

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ Н.И. ВАВИЛОВА»**



**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ЭНЕРГЕТИКИ АПК  
Материалы VI международной  
научно-практической  
конференции**

**Саратов 2015 г**

УДК 338.436.33:620.9

ББК 31:65.32

А42

**А42** Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VI международной научно-практической конференции/Под общ. ред. Трушкина В.А. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2015. – 327 с.

ISBN 978-5-906689-16-0

УДК 338.436.33:620.9

ББК 31:65.32

Редакционная коллегия:

*Ерошенко Г.П.*, д.т.н., профессор СГАУ;  
*Стрельников В.А.*, д.т.н., профессор СГАУ;  
*Глухарев В.А.*, д.т.н., профессор СГАУ;  
*Усанов К.М.*, д.т.н., профессор СГАУ;  
*Каргин В.А.*, к.т.н., доцент СГАУ;  
*Угаров Г.Г.*, д.т.н., профессор СГТУ;  
*Артюхов И.И.*, д.т.н., профессор СГТУ  
*Муравьева М.В.*, к.э.н., доцент СГАУ

ISBN 978-5-906689-16-0

© ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2015

*М.М. Балакин, М.В.Яшин, С.Ф.Степанов*

*Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., г. Саратов*

## РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ВЕТРОЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ОТ УРАГАННОГО ВЕТРА

**Аннотация:** В статье рассмотрен инновационный вариант исполнения автоматизированной системы защиты ветроэлектроустановок (ВЭУ) от ураганного ветра. Защита от ураганного ветра осуществляется путем ориентации ветроколеса вдоль ветрового потока. Предложена функциональная схема, описан принцип работы системы при нормальных и ураганных скоростях ветрового потока, приведены эскизы установки и размещения необходимого оборудования.

**Ключевые слова:** приемник направления ветрового потока (винзора); электропривод; мультимодульная ветроэлектроустановка.

Для большинства сельскохозяйственных предприятий характерно наличие строений: сторожевых, складских, жилых, расположенных на значительном расстоянии друг от друга и центральной усадьбы. Электроснабжение этих потребителей вызывает определенные сложности. Однако данная проблема успешно может быть решена путем установки ВЭУ или солнечных электропанелей.

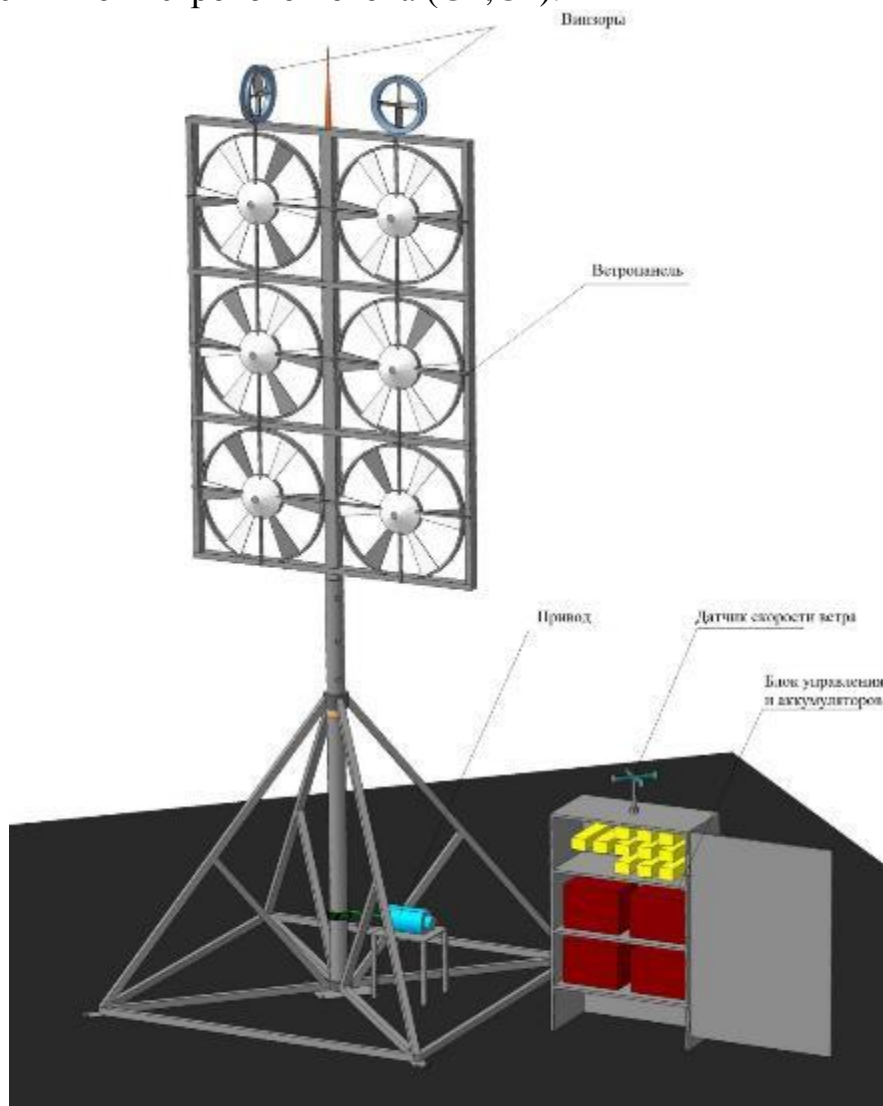
При использовании ВЭУ всегда особое внимание должно уделяться вопросу защиты ВЭУ от ураганного ветра.

Компании производители ВЭУ используют различные подходы для защиты ВЭУ от ураганного ветра: остановка работы ВЭУ путем механического торможения ветроколеса; иногда используют динамическое или электромагнитное торможение ротора ветротурбины, что исключает чрезмерную скорость вращения, влекущую разрушение конструкции и перегруз генераторов; также применяется метод складывающихся лопастей или опрокидывание всей консоли ветротурбины, из-за чего момент воздействия ветрового потока на лопасти приближается к нулю.

В СГТУ имени Гагарина Ю. А. ведутся работы по разработке мультимодульных ветроэлектроустановок (МВЭУ), которые могут устанавливаться как на крышах домов, так и на возвышенности местности, они имеют малый уровень шума и вибраций, травмобезопасны для птиц. Благодаря особой конструкции модулей с кольцеобразным концевым обтекателем обеспечивается не только необходимая жесткость конструкции, но и появляется возможность полностью исключить воздействие ветрового потока на лопасти при установке ветроколеса вдоль потока. Это позволяет реализовать инновационную систему защиты от ураганного ветра.

Система содержит два приемника направления ветрового потока ( $G_1, G_2$ ), расположенных на раме ветропанели перпендикулярно друг другу. Один из приемников ( $G_1$ ) работает при нормальных скоростях ветрового потока ( $v_{\text{ветра}} \leq 20$

м/с), другой (G2) при ураганно скорости ветра ( $v_{\text{ветра}} \geq 20$  м/с). Недалеко от ветропанели установлен измеритель скорости ветра (3), подающий сигнал на переключение приемников ветрового потока (G1,G2).



**Рисунок 1. Эскиз размещения основного оборудования МВЭУ.**

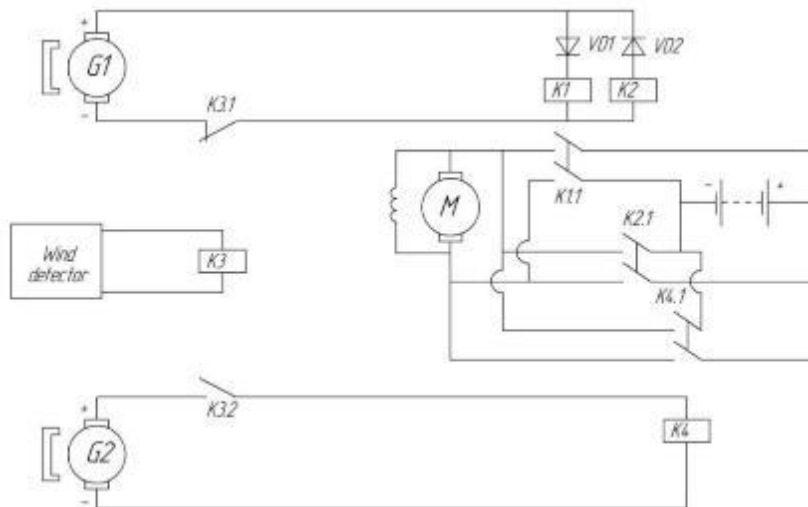
В нормальном режиме работы, когда скорость ветра менее 20 м/с, реле К3 своим нормально замкнутым контактом К3.1 обеспечивает подключение выхода измерителя ветрового потока G1 к обмоткам реле К1, К2.

Приемник ветрового потока G1 закреплен так, что плоскость его входного отверстия находится в положении, перпендикулярном плоскости рамы МВЭУ. При этом нормальный ветровой поток не попадает на лопадки G1 и сигнал на его выходе равен нулю, реле К1 и К2 оказываются отключены, контакты К1.1 и К2.1 разомкнуты.

Как только ветер меняет направление, генератор G1 начинает вырабатывать напряжение определенной полярности, которая зависит от нового установившегося направления ветра. В зависимости от полярности, срабатывает одно из реле К1 или К2. Замыкая контакты К1.1 или К2.1, соответственно. Диоды VD1, VD2 блокируют подачу питания на оба реле, исключая их совместное включение. Та-



ким образом, подается питание определенной полярности на привод постоянного тока М, определяя направление его вращения и поворота МВЭУ в сторону установившегося направления ветра.



**Рисунок 2. Принципиальная схема антиураганной системы.**

Поворот МВЭУ происходит до тех пор, пока G1 снова не установится перпендикулярно ветру и сигнал на его выходе станет равным нулю. При этом реле K1 и K2 будут обесточены и цепи питания привода разомкнутся. Поворот прекратится.

Как только датчик скорости ветра зафиксирует значение более 20 м/с, реле K3 разомкнет контакт K3.1 и замкнет K3.2, активировав схему генератора G2. Реле K4 замыкает контакт K4.1, включая питание привода, начинается поворот МВЭУ от ветра, причем направление поворота уже не важно, до тех пор, пока ветропанель не встанет перпендикулярно ветру. При этом сигнал с G2 станет равен нулю, поворот прекратится.

Приемники направления ветрового потока G1, G2 (винзоры) имеют особую конструкцию бокового кожуха. Он выполнен в виде конусов, с углами закрытия 10 градусов. Это, и точная настройка срабатывания реле, обеспечит зону нечувствительности системы к незначительным изменениям направления ветра и боковым порывам, во избежание постоянной работы привода. Кроме этого конусообразный кожух G2 обеспечит не полный отворот панели от ветра (около 80 градусов), т.е. даже при ураганном ветре МВЭУ сможет продолжать выработку электроэнергии.

Реле K3 имеет задержку по времени 5 секунд, реле K1, K2 и K4 – 3 секунды, что исключает постоянное переключение режимов при кратковременных порывах ветра.

Данная система не имеет аналогов, значительно проще и экономичнее приведенных выше существующих решений, существует возможность установки на любые ВЭУ.

#### **Список литературы:**

1. Ветроэлектрические станции: учеб. Пособие / В. Н. Адрианов [и др.]. – М.: ГЭИ, 1960, – 324с.
2. ГОСТ Р 51990-2002 Нетрадиционная энергетика. Ветроэнергетика. Установки ветроэнергетические. Классификация. Введ. 01.07.2003. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 12 с.

*А.Я. Бигун, Е.А. Кузнецов, Е.С. Сеница, А.А. Лукачева, Е.Ю. Артамонова, Р.А. Эм*  
*Омский государственный технический университет, г. Омск*

## ВЫБОР УСТРОЙСТВ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ С УЧЕТОМ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ ЭЛЕМЕНТОВ СЕТИ

Одними из наиболее важных направлений работ в электроэнергетической отрасли является уменьшение потерь энергии, увеличение пропускной способности линий электропередач и улучшение качества электрической энергии в энергосистеме страны [1-4]. Целью данной работы является анализ экономической эффективности применения мероприятий по снижению потерь энергии.

Для уменьшения потерь электрической энергии и увеличения пропускной способности линий электроэнергетических системы имеется множество как классических методов (увеличение сечения, строительство новых линий, повышение номинального напряжения) так и современных (увеличение нагрузки линий с учетом метеоусловия, замена традиционных марок проводов на провода с улучшенными характеристиками), но наиболее распространенным методом является компенсация реактивной мощности. Именно компенсация рассматривается в ряде работ в качестве экспертного мероприятия при обосновании эффективности повышения точности расчета потерь путем учета температурной зависимости сопротивлений сети [5]. Выбор оптимальных параметров компенсирующих устройств проводится на примере неразветвленной сети с устройством компенсации реактивной мощности (УКРМ) на номинальное напряжение 10,5 кВ [5]. Условия проведения исследований представлены в табл.1 [6-8].

**Таблица 1. - Условия проведения исследований**

Наименование и обозначение параметров	Численные значения (допущения)
Погонное активное сопротивление провода АСПТ АТ1/20АS 50/8 при 20 °С, Ом/км	0,5723
Радиус жилы провода АСПТ АТ1/20АS 50/8, мм	4,8
Температурный коэффициент сопротивления $\alpha$	0,00403 °С-1
Степень черноты поверхности провода $\varepsilon$	0,6
Температура воздуха $t_v$	1,7 °С
Скорость ветра $V$	1 м/с
Средняя дневная сумма солнечной радиации, кВт·ч/м <sup>2</sup> ·день $E$	5,5 кВт·ч/м <sup>2</sup>
Стоимость электроэнергии $C_3$	2,098 руб/(кВт·ч)

На первом этапе решается задача оптимального выбора УКРМ в узле 10 кВ исходя из минимума приведенных затрат. Вычисление температуры производилось на основе математической модели теплового режима неизолированного провода, разработанной в Омском государственном техническом университете [9].

Результаты исследований представлены в табл.2. Нахождение степени увеличения оптимальной мощности с учетом нагрева  $Q_{ky,onn,t}$  по отношению к оптимальной мощности без учета нагрева  $Q_{ky,onn}$  выполняется по формуле:

$$\varepsilon_1 = ((Q_{ky,onn,t} - Q_{ky,onn}) / Q_{ky,onn,t}) 100\% \quad (1)$$

**Таблица 2. -Оптимальные мощности УКРМ для провода АСПТ АТ1/20АС 50/8 при мощностях нагрузки P=5000 кВт, Q=3600 квар**

Длина линии, км	Q <sub>ку</sub> , квар	Стоимость УКРМ, тыс. руб	З, тыс. руб		Q <sub>ку,опт</sub> , квар		ε <sub>1</sub> , %	tgφ	t <sub>np</sub> °С
			без учета t <sub>np</sub>	с учетом t <sub>np</sub>	без учета t <sub>np</sub>	с учетом t <sub>np</sub>			
0,3	2250	488,8	627,556	789,182	2250	2700	17	0,3	103
	2700	585,9	638,085	784,99				0,18	98,4
0,4	2250	488,8	788,583	1004,084	2250	2700	17	0,27	103
	2700	585,9	793,033	988,907				0,18	98,4
0,6	2700	585,9	1102,93	1396,741	2700	3150	14	0,18	98,4
	3150	673,1	1107,842	1385,954				0,09	96
0,8	2700	585,9	1412,827	1804,575	3150	3150	0	0,18	96
	3150	673,1	1410,444	1781,261				0,09	96
	3600	746,8	1424,826	1788,791				0	95,2
1	2700	585,9	1412,827	1804,575	3150	3150	0	0,18	98,5
	3150	673,1	1410,444	1781,261				0,09	96
	3600	746,8	1424,826	1788,791				0	95,2

По результатам исследования можно сделать следующие выводы:

- Оптимальная мощность с учетом нагрева либо равна оптимальной мощности УКРМ без учета нагрева, либо превышает её. Среднее значение превышения ε<sub>1</sub> найденные по формуле (1) по данным табл.2 составляет 10%;
- Благодаря тому, что целевая функция в области оптимальных значений имеет пологий характер, увеличение оптимальных мощностей не приводит к аналогичному значительному экономическому эффекту.

Представленные выше значения экономической эффективности обусловлены только учетом нагрева. В целом экономический эффект от внедрения рассмотренного мероприятия может быть значительно больше за счет анализа всей сети (значения в таблице относятся к отдельным линиям) и улучшения температурного режима сети из-за уменьшения нагрузки.

### 1. Список литературы

1. Математическая модель расчета потерь мощности в изолированных проводах с учетом температуры / С. С. Гиршин [и др.] // Омский научный вестник. – 2009. – № 3. – С. 176–179.
2. Оценка дополнительных потерь мощности от снижения качества электрической энергии в элементах систем электроснабжения / С.Ю. Долингер [и др.] // Омский научный вестник. – 2013. – № 2. – С. 178–183.
3. Схематические решения активной фильтрации кривой тока в четырехпроводной трехфазной сети для обеспечения качества электрической энергии / В. Н. Горюнов [и др.] // Омский научный вестник. – 2011. – № 3. – С. 214–217.
4. Уточнение метода расчета температуры провода при постоянной нагрузке с учетом климатических факторов / С. С. Гиршин [и др.]; Омский гос. техн. ун-т. – Омск, 2010. – 23 с. – Деп. в ВИНИТИ 08.04.2010, N198-B2010.
5. Учет температурной зависимости сопротивления неизолированного провода при выборе мероприятий по снижению потерь энергии на примере компенсации реактивной мощности / Е.В. Петрова [и др.] // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2013. – № 1. – С. 284–291.
6. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д.Л. Файбисовича. – М.: ЭНАС, 2009. – 392 с.
7. Справочник по электрическим сетям 0,4-35 кВ и 110-1150 кВ. В 5 т. Т. 2 / Е.Ф. Макаров. – М.: Папирус Про, 2003. – 640 с.
8. Электротехнический справочник: В 4 т. Т. 1 / под общ.ред. профессоров МЭИ В. Г. Герасимова и др. – М.: Изд-во МЭИ, 1995. – 440 с.
9. Исследование достоверности расчетов температуры проводников воздушных линий электропередачи комплексом программ Ом1 / Е.В. Петрова [и др.] // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2013. – № 1. – С. 291–296.

**О.Г. Брюнина**

*Саратовский государственный аграрный университет имени Н.Ю. Вавилова, г. Саратов*

## **ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОТЛОВ ПЕЛЛЕТНОГО ТИПА**

Одной из основных тенденций отечественного рынка котлостроения является реконструкция котлов для работы на твердых видах топлива: угле, торфе, биотопливе, что вызвано формированием на внутреннем рынке «дефицита» топливных ресурсов экспортного потенциала – природного газа.

Одним из видов такого топлива являются пеллеты. Их применение признано и поддерживается на государственном и межгосударственном уровнях (Киотский протокол), а также международными экологическими фондами (NEFCO, SIDA и другими) и общественными организациями.

Пеллеты это измельченная, высушенная древесина, спрессованная без добавок в цилиндрические гранулы диаметром 4-10 мм и длиной до 50 мм. Это экологически чистое топливо, в пеллетах отсутствуют сера и фосфор, мало золы. Потеря тепловой энергии с уходящими газами является основной потерей в котлоагрегате. Величина этой потери зависит от температуры уходящих газов. При сжигании топлив, содержащих серу, во избежание сернокислотной коррозии хвостовых поверхностей нагрева эта температура поддерживается не ниже 200...250 °С. При сжигании же древесных отходов, не содержащих серу, эта температура может быть снижена до 100...120 °С, что позволит существенно повысить КПД котлоагрегатов.

При сжигании 1 тонны топливных гранул выделяется такое же количество энергии, как при полном сгорании 1,6 тонн дерева, 480 м<sup>3</sup> газа или 500л. дизтоплива.

Теплота сгорания пеллет до 19 МДж/кг. Их расход в 2 раза меньше чем сухих дров и сравним с углем среднего качества. Насыпная плотность пеллет 650 кг/м<sup>3</sup>, что позволяет компактно их складировать. Стоимость отопления пеллетами в 2 раза выше стоимости отопления привозным газом и незначительно дороже отопления качественным углем, безусловно, дешевле отопления электричеством или жидким топливом.

Однако при учете стоимости подключения к газу и распределении этой суммы на десять лет работы отопления, стоимость сравнима со стоимостью газа. Применение пеллет вместо газа, там, где он уже есть невыгодно, но в местах где газ недоступен или его подключение стоит дорого – пеллеты реальная альтернатива, позволяющая построить автоматизированную систему отопления, требующую минимального обслуживания, чистую как экологически, так и непосредственно, абсолютно взрывобезопасную.

Существуют два основных типа пеллетных котлов: котлы, использующие в качестве топлива исключительно пеллеты или автоматические пеллетные котлы;

и комбинированные твердотопливные котлы, которые дорабатываются с целью установки в них пеллетной горелки, чтобы использовать и пеллеты и другие виды твердого топлива.

В пеллетных котлах применяют горелки двух типов: ретортного (объемного) типа и факельного. У каждой есть свои плюсы и минусы.

У ретортной горелки чуть больше КПД, но надежность работы меньше. Ретортные пеллетные горелки обычно устанавливаются в автоматические пеллетные котлы. Из-за этого эти котлы зачастую требовательны к диаметру пеллет, к пыльности и зольности. Факельные горелки более всеядны и чаще используются в комбинированных пеллетных котлах. Основное их преимущество - компактные размеры. К недостаткам можно отнести меньшую, по сравнению с горелками объемного горения, мощность, а также направленность пламени, в них происходит нагрев локальной области котла.

Какие же особенности котлов, работающих на пеллетах? При сжигании пеллет выход летучих газов достигает 85%. Поэтому до 70 % тепла от газов воспринимается в конвективной части, которая должна иметь большую поверхность, для того, чтобы охладить газы до 100-160<sup>0</sup>С. Чем ниже температура уходящих газов, тем больше КПД котла, но и больше его металлоемкость и стоимость. Интенсивность теплообмена в конвективной части зависит от скорости и температуры газов. Поэтому диаметр газоходов делают таким, чтобы скорость дымовых газов была 5-10 м/с.

Современные котлы выполняются трехходовыми по дымовому газу (по тяге) и имеют интегрированные турбуляторы в пучке дымогарных труб для удаления летучей золы и улучшения теплопередачи. Пучки труб для удобства очистки целесообразнее устанавливать вертикально. Для очистки турбуляторов в трубном пучке устанавливаются редукторные электрические приводы. С целью создания разрежения в топке и создания тяги в дымовой трубе на выходе из котла после последнего хода дымовых газов устанавливается дымосос, который компенсирует потери тяги встречных потоков.

При низкой температуре уходящих газов дымовую трубу такого котла надо утеплять для предотвращения выпадения в ней конденсата.

Топка пеллетного котла намного меньше топки твердотопливного, но она должна иметь объем, достаточный для полного сгорания топлива и быть хорошо теплоизолирована, так как при сжигании влажного топлива снижается температура горения. Маленький объем топки и низкий коэффициент избытка воздуха в ней приводят к отложению сажи на поверхностях нагрева. При недостаточном ее объеме факел выйдет за размеры топки и охладится, что приведет к неполному сгоранию топлива и загрязнению поверхностей нагрева.

Пеллетные котлы в отличие от твердотопливных не нуждаются в сложном обслуживании. Обычно раз в месяц производится выгрузка золы из котла.

Пеллетные котлы имеют высокий уровень пожаро- и взрывобезопасности.

Срок службы пеллетных котлов более 20 лет.

В России первые пеллетные котельные появились после 2005 г. на базе котлов импортного производства. Самой распространенной маркой, продающейся у

нас, является, безусловно, итальянская компания ФАЧИ (FACI). На втором месте пеллетный котел БИОМАСТЕР (BIOMASTER) — изготавливается на том же заводе, что и FACI. Третью позицию занимает латвийский ГРАНДЕГ (GRANDEG). Есть еще и BENEKOV (Чехия), KOSTRZEWA (Польша), ОРОР (производитель неизвестен) и прочие другие, но их количество отстает от количества проданных пеллетных котлов из первых трех пунктов.

В России тоже производятся пеллетные котлы. Это котлы «Валдай» и «Пересвет», производимые в г. Пересвет Московской области, Rotex – на Челябинском заводе металлоконструкций, «Апельсин» - в «НКЦ Бийскэнергопроект», «Слон» - в г. Киров, «КВД» - компания «Экодрев» в г. Тверь, «Старт» - в Челябинске и т.д.

В настоящее время прослеживается тенденция быстрого роста цен на газ, электроэнергию, дизельное топливо, дороговизна и сложность подключения к магистральному газопроводу, в то время, как цена на пеллеты растет намного медленнее, а согласование на установку такого котла не требуется. Внедрение пеллетных котлов позволит также улучшить экологическое состояние окружающей среды.

Поэтому спрос на отопление пеллетами будет расти и необходимо заниматься развитием этого вида котлостроения в России, совершенствовать надежность конструкций производимых котлов и заниматься их рекламой.

Необходимо создание отечественных ГОСТов и технических регламентов на пеллеты, так как от качества пеллет зависит срок службы котла, а также эффективность его работы.

## **2. Список литературы**

1. **Брюнина О.Г.** Основные тенденции котлостроения в России./ Брюнина О.Г.// Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы IV Международной научно-практической конференции./Под ред. А.В. Павлова. – Саратов, 2013.-378 с.

2. **Акулов Ф.Г.** Повышение эффективности сушки пиломатериалов в лесосушильных камерах с водяным теплоснабжением: диссертация к.т.н.: 05.21.05/ Ф.Г.Акулов - Санкт Петербург, 2004. -196 с.

**А.С. Брятов, А.В. Танаев**

*Самарский государственный технический университет, г. Самара*

### **МАЛОГАБАРИТНЫЙ ОЗОНАТОР “ОЗОН-1”**

Применение озона (трехатомного кислорода) в лечебных целях началось более 70 лет назад. Большой окислительный потенциал озона, его антибактериальные свойства, антивирусное воздействие, а также способность озона активизировать и нормализовать ряд биохимических процессов [1] с успехом используются в медицине при лечении заболеваний различной этимологии [2,3].

Использование озона в медицине возрастает с каждым годом, как за рубежом, так и в нашей стране. Однако в России на сегодняшний день не существует экономически приемлемых и сертифицированных приборов для озонирования, сопоставимых по эффективности с УФ – излучателями [1].

Самарским государственным техническим университетом был разработан и изготовлен электронный озонатор “ОЗОН-1” (см. рис. 1, рис. 2). Принцип действия прибора основан на использовании высокого напряжения повышенной частоты для создания электрических разрядов между двумя электродами, разделенными диэлектриком из кварцевой пластины, с последующим выделением озона.



**Рисунок 1. “Озон–1”. Общий вид**

Промышленный выпуск озонатора рекомендован комиссией по аппаратам и приборам, применяемым в физиотерапии, Комитета по новой медицинской технике Минздрава РФ. Положительные отзывы и рекомендации по эксплуатации озонатора получены от НИИ Клинической и экспериментальной хирургии, Минздрава РФ, Самарской областной клинической больницы им. Середавина г.Самары.

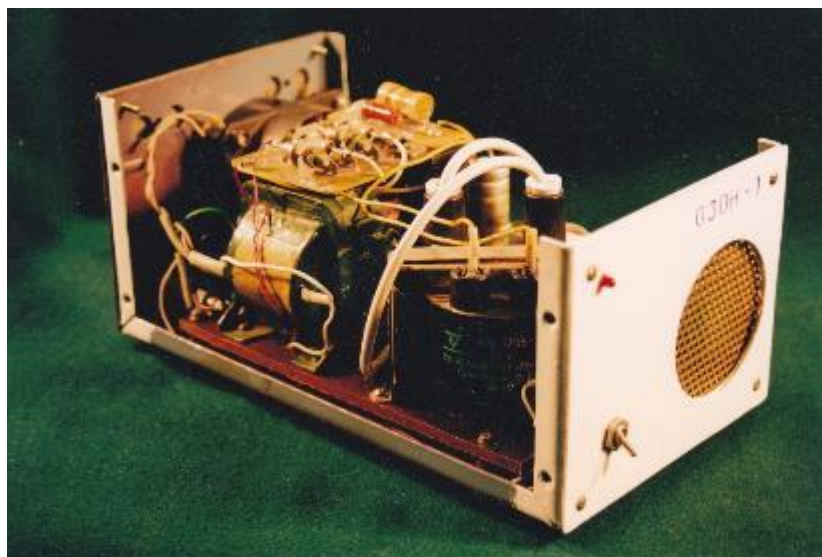


Рисунок 2. “Озон-1”. Вид со снятым корпусом

Прибор имеет усиленную изоляцию и отвечает требованиям II класса защиты по ГОСТ 140.87 – 80.

Аппарат портативен, лёгок, безопасен благодаря чему может успешно применяться в любых помещениях в т.ч. в палатах, бытовках; в полевых условиях, на транспорте и др. для ликвидации или недопущения очагов особо опасных инфекций.

Прибор имеет потенциал использования в различных областях сельского хозяйства для снижения заболеваемости домашних животных, а также для обработки продуктов питания озоном для повышения их сохранности.

Высокая окислительная способность озона применяется как для дезинфекции и обеззараживания воды, так и для удаления органических и неорганических загрязнителей. Реализованная в генераторе технология получения озона из атмосферного воздуха обладает высокой производительностью, благодаря чему при применении катализаторов может использоваться в системах водоподготовки [4]. Высокие окислительные свойства озона могут быть использованы и в машиностроении для снижения объема потребляемого топлива и уменьшения количества вредных выбросов.

### 3. Список литературы:

1. Гигиеническая оценка деозонирования воздуха / Дмитриев М.Т. [и др.] // Гигиена и санитария. – 1985. – №2. – С. 1.
2. Техника озонотерапии / Перетягин С.П. [и др.]: Методические рекомендации. – Нижний Новгород, 1991. – 15 с.
3. Синегуб Г.А. Озон в медицине [Текст] / Г.А. Синегуб, В.Я. Зайцев // Физическая медицина. – 1991. – т.1. – С. 48-49.
4. Мокроусов Г.М. Исследование механизма каталитического озонирования воды в присутствии высокопористой ячеистой меди // Перспективы развития фундаментальных наук: в сб. тр. VII МК ст. и мол. уч. – Томск, 2010.



*А.А. Бубенчиков, Е.Ю. Артамонова, Р.А. Дайчман, Л.А. Файфер, Ф.В. Катеров, Т.В. Бубенчикова, К.С. Шульга, Ю.О. Астапова*

*Омский государственный технический университет, г.Омск*

## **ВЫБОР ТИПА ВЕТРОКОЛЕС И ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРА ДЛЯ ВЕТРО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК МАЛОЙ МОЩНОСТИ**

Вопросы энергоэффективности и энергобезопасности становятся всё более актуальными в связи с прогнозируемым кризисом истощения природных ресурсов. Всё больше внимания уделяется возобновляемым источникам энергии. Первое место по запасу возобновляемых энергетических ресурсов занимает кинетическая энергия воздушных масс.

Мировая ветроэнергетика развивается быстрыми темпами. Сегодня лидирующие позиции по доли производства электроэнергии с использованием энергии ветра в Европе принадлежат: Германии (30,4 %), Испании (17,9 %), Великобритании (9,7 %) [1]. Россия имеет более чем скромные показатели роста доли ветроэнергетики. По данным EWEA, суммарная вырабатываемая мощность ветряной энергии в России за 2014 год составила всего лишь 15,4 МВт [1].

Потенциал ветроэнергетики распределен по территории России неравномерно. Согласно Атласу ветров России, существует множество районов, где среднегодовая скорость ветра превышает 6,0 м/с, в основном это побережья Баренцева, Карского, Берингова и Охотского морей. Значительные ресурсы находятся также в районах Среднего и Нижнего Поволжья, на Урале, в степных районах Западной Сибири, на Байкале. Самые низкие значения средней скорости ветра наблюдаются над Восточной Сибирью в районе Ленско-Колымского ядра Азиатского антициклона [2].

Согласно Атласу ветров России [3] Омская область входит в перечень регионов со значительными ветроэнергетическими ресурсами.

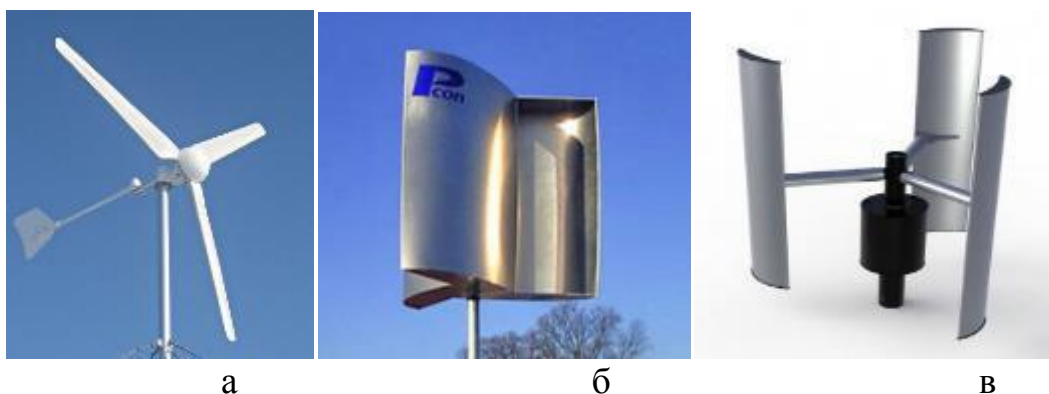
Преобразование кинетической энергии ветра в электрическую осуществляется с помощью ветроэнергетических установок (ВЭУ). ВЭУ могут использоваться для различных целей, начиная от заряда аккумуляторных батарей, отопления объектов с помощью тэнов и энергосбережения различных объектов до подачи электроэнергии в сети централизованного электроснабжения.

Основными компонентами ВЭУ являются ветроколесо, принимающее на себя ветровой поток и генератор, дополнительными, но не менее важными, являются блок управления, мачта, система ориентации на ветер, система защиты от сильных ветров и т.д.

ВЭУ классифицируются по трем основным признакам – геометрии ветроколеса, его положению относительно направления ветра и по способу взаимодействия с ветром. В настоящее время известно много различных типов ВЭУ. Основное распространение получили крыльчатые установки с горизонтальной

осью вращения (рис. 1а). Скорость вращения этого ветродвигателя обратно пропорциональна количеству лопастей, поэтому широкое распространение получили агрегаты, имеющие две, либо три лопасти. Чем больше мощность, тем больше размер лопастей. Для эффективной работы этой ВЭУ необходимо поднять ее на высоту не меньше 10 метров, поставить устройство для поворота ротора вдоль линии силы ветра, что повышает стоимость и сложность эксплуатации. Также недостатком являются вибрационные нагрузки ротора из-за переменной скорости по высоте ротора. Научными исследованиями установлено, что они являются источником инфразвука  $<20$  Гц [4].

Среди установок с вертикальной осью вращения можно выделить установки с ротором Дарье [5] и ротором Савониуса [6] (рис. 1б). Вращающий момент возникает при обтекании ротора Савониуса потоком воздуха за счет разного сопротивления выпуклой и вогнутой частей ротора. Данное ветроколесо отличается простотой, но имеет очень низкий коэффициент использования энергии ветра - всего 0,1-0,15 [7].



**Рисунок 1. Классификация ветроустановок по расположению ротора:**

- а) горизонтальная ось вращения; б) вертикальная ось вращения;**
- в) ортогональный ветродвигатель.**

Ветродвигатель с ротором Дарье - этот ротор имеет вертикальную ось вращения и состоит из двух - четырех изогнутых лопастей. В роторе Дарье коэффициент использования энергии ветра достигает значений 0,30-0,35 [7].



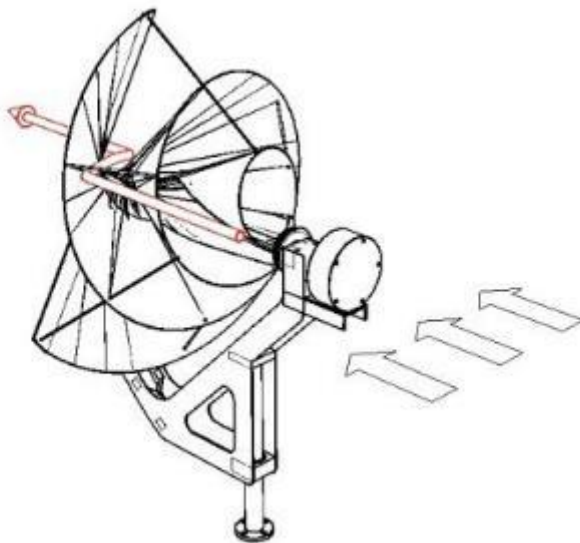
**Рисунок 2. Ротор Дарье**

Ортогональные ВЭУ [8] (рис. 1в) перспективны для большой энергетики. Сегодня перед использованием ортогональных конструкций стоят определенные трудности. Среди них - проблема запуска. В ортогональных установках используется тот же профиль крыла, что и в дозвуковом самолете [9]. Крыло самолета, само по себе неподвижное, создает подъемную силу благодаря поступательному движению самолета, которое сообщает ему силовая установка. Так же обстоит дело и в случае с ортогональной установкой. Сначала она находится в режиме двигателя, к ней нужно подвести энергию - раскрутить и довести до определенных аэродинамических параметров, тогда она перейдет в режим генератора.

Вертикальные конструкции хороши тем, что не нуждаются в системах ориентации по ветру. Они способны взаимодействовать с ветром любого направления.

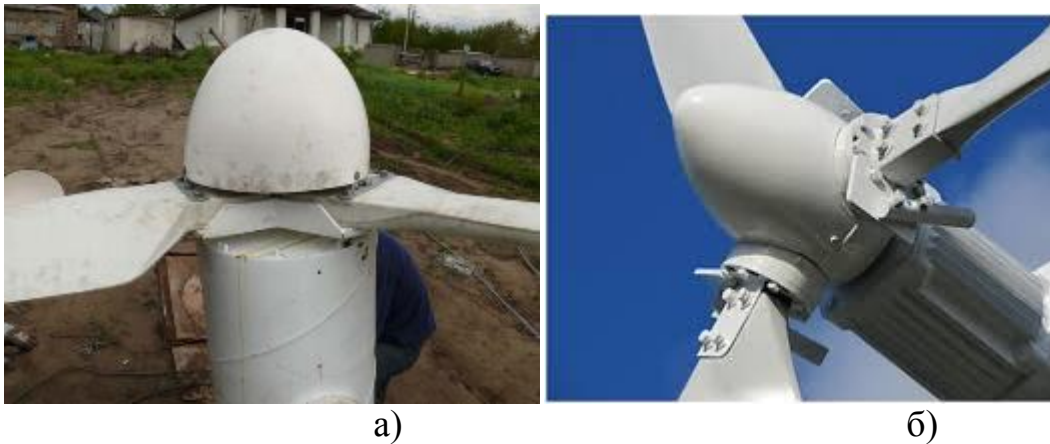
Ротор Оникко - это модель ветряного ротора, разработанная учеными Украинской академии наук, способная работать в широком диапазоне скоростей ветра и с высоким коэффициентом преобразования энергии ветра. В отличие от обычных ветровых турбин, которые используют эффект подъемной силы крыла, дополнительно используется энергия давления ветра.

Турбина может изготавливаться из металла, армированного стекловолокна (композит) или пластмассы. Ротор избавлен от характерных инфра-низких шумов, создаваемых ветряками, и считающихся разрушительными для близко расположенных строений и вредными для живых организмов [10]/



**Рисунок 3. Ротор Оникко**

По способу взаимодействия с ветром ВЭУ делятся на установки с жестко закрепленными лопастями без регулирования (рис.4а) и на агрегаты, с изменяющимся углом лопастей (рис.4б). Установки с изменяющимся углом лопастей вырабатывают больше электроэнергии и имеют более высокую эффективность использования ветра. ВЭУ с жестко закрепленными лопастями более просты в обслуживании, но их эффективность использования ветрового потока ниже[11].



**Рисунок 4. Виды крепления лопастей ВЭУ к валу: а) жестко закрепленные лопасти; б) лопасти с изменяющимся углом атаки ветра**

Наиболее подходящим ротором для районов с малой скоростью ветра является ротор Онипко, так как он способен запускаться при минимальной движении воздушного потока. Однако исследования проведенные авторами показали, что при работе под нагрузкой воздушные частицы «забиваются» в пазы ротора и образуют своеобразный кокон что приводит к постепенной остановке ротора в постоянном по скорости воздушном потоке.

Выгодность ветроэнергетической установки, значение КПД зависят не только от конструкции лопастей и другого оборудования, но от правильности выбора электрогенератора.

Определением типов генераторов для ВЭУ посвящено много работ [12-18]. Генератор является важнейшим элементом электрооборудования автономной энергоустановки. Кроме основного назначения генератор должен выполнять определенные функции по стабилизации и регулированию параметров, характеризующих качество вырабатываемой электроэнергии.

На ВЭУ возможно применение следующих типов генераторов: асинхронные генераторы (с к.з. ротором и с фазным ротором), синхронные генераторы (с электромагнитным возбуждением, с магнитоэлектрическим возбуждением, индукторные, с когтеобразным ротором и т.д), а также асинхронизированные синхронные генераторы [19].

Классические по конструкции синхронные генераторы (СГ) с электромагнитным возбуждением устанавливаются на установках либо малой, либо очень большой мощности. Мощные безредукторные установки (мощностью до 2 МВт) обладают хорошими массогабаритными показателями, высоким КПД и возможностью регулировать напряжение в широких пределах за счет изменения тока возбуждения. Однако если ветер нестабилен, то в генераторе появляются высокие значения переменных составляющих в режимных параметрах и ухудшается работа таких генераторов параллельно с сетью. Это ограничивает, а в регионах с резкими порывами ветра делает невозможным, использование СГ для прямого включения в сеть. При такой работе между генератором и сетью устанавливают полупроводниковый преобразователь частоты.

Асинхронизированные синхронные генераторы (АСГ) находятся скорее в стадии разработки, чем в стадии промышленного применения. У АСГ к симметричному в магнитном отношении ротору, через три кольца, к трехфазной (иногда, двухфазной) обмотке возбуждения подводят напряжение, величина и фаза

которого изменяется пропорционально скольжению. Регулирование напряжения возбуждения осуществляется за счет преобразователя частоты [19].

Асинхронные генераторы (АГ) не нашли большого применения в ветроэнергетике. АГ встречаются в относительно маломощных источниках тока автономных энергоустановок.

В большинстве современных конструкций ВЭС небольшой мощности используются СГ с магнитоэлектрическим возбуждением, которые отличаются высоким значением КПД. Синхронные генераторы с возбуждением от постоянных магнитов (СГПМ) применяются в основном в автономных установках электропитания, в авиационных и автомобильных установках и тахогенераторах (рисунок 5) [20-23].



Рисунок 5. Пример ротора и статора СГПМ

Принцип работы СГПМ похож на принцип работы СГ, кроме преимущества генератора на постоянных магнитах, который может работать асинхронно. К другим преимуществам СГПМ относятся высокая надежность, простота конструкции и обслуживания, автономность и меньший нагрев. Наиболее существенными недостатками СГПМ являются сложность регулирования и стабилизации напряжения, ограниченная предельная мощность из-за сравнительно небольшой удельной энергии постоянных магнитов, повышенная масса у генераторов средней мощности. Вместе с тем современные технологии производства высококоэрцитивных магнитов позволяют создать бесконтактные генераторы с повышенным КПД для надежной работы в тяжелых условиях эксплуатации ВЭУ.

Синхронный генератор на постоянных магнитах и считаются лучшим выбором для малых ветрогенераторов и используются во многих отечественных и зарубежных ветроустановках [24-28].

#### 4. Список литературы:

1. Wind in power. 2014 European statistics [Электронный ресурс]. — Режим доступа. URL: [http://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/statistics/EWEA\\_Annual\\_Statistics\\_2014.pdf](http://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/statistics/EWEA_Annual_Statistics_2014.pdf) (Дата обращения: 03.03.2015).
2. Аналитический обзор Российско-Европейского Технологического Центра. [Электронный ресурс]. — Режим доступа. URL: [http://esco-ecosys.narod.ru/2007\\_4/art103.pdf](http://esco-ecosys.narod.ru/2007_4/art103.pdf) (Дата обращения: 24.02.2015).
3. Старков А.Н., Ландберг Л., Безруких П.П., Борисенко М.М. Атлас ветров России = Russian Wind Atlas // М-во топлива и энергетики России, Нац. лаб. Рисо (Дания), Рос.-Дат. ин-т энергоэффективности. - М.: Можайск-Терра, 2000. - 551 с.
4. Сокол Г.И. Инфразвук – экологически вредный фактор в ветроэнергетике // Тр. Междунар. Акуст. симп. “Консонанс - 2005”: Киев, 27-29 сентября 2005: Сб. науч. Тр. – К., 2005. - С. 283 - 290.



5. Горелов Д.Н. Энергетические характеристики ротора Дарье// Теплофизика и аэромеханика. 2010. Т. 17, № 3. С. 325–333.
6. Горелов Д.Н. Аэродинамика ветроколес с вертикальной осью вращения / Омский филиал института математики им. С.Л. Соболева СО РАН - Омск: Полиграфический центр КАН, 2012. - 68 с.
7. Минин В.А., Дмитриев Г.С. Перспективы освоения нетрадиционных и возобновляемых источников энергии на кольском полуострове// ЭПЦ Беллона-Мурманск - 2007. 93 с.
8. Горелов, Д.Н. Перспективы развития ветроэнергетических установок с ортогональным ротором/ Д.Н. Горелов, В.П. Кривоспицкий // Теплофизика и аэромеханика. 2008. Т. 15, № 1. С. 163–167.
9. Солоницын А. Второе пришествие ветроэнергетики / Наука и Жизнь.-2004. № 3. С.6-13
10. Onipko Rotor [Электронный ресурс]. — Режим доступа. URL: <http://onipko.com/harakteristiki/> (Дата обращения: 12.03.2015).
11. Мартыненко Г.Ю., Соляникова Ю.В. Анализ состояния развития ветроэнергетических установок и вопросы динамики и прочности, связанные с ними // Сборник научных трудов "Вестник НТУ "ХПИ". - 2009. №42
12. Балагуров В. А., Галтаев Ф. Ф., Ларионов А. Н. Электрические машины с постоянными магнитами. М.—Л., изд. «Энергия», 1964.
13. Сидельников Б.В., Кобяков И.К. Способы снижения перенапряжений на обмотках возбуждения в нестационарных режимах асинхронизированных генераторов // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. №4-с.158-166.- 2013
14. Балагуров В.А., Галтаев Ф.Ф., Гордон А.В., Ларионов А.Н. Проектирование электрических аппаратов авиационного электрооборудования, (уч. пособие для вузов), М., Оборонгиз, 1962.
15. Вольдек А.И. Электрические машины. Учебник для студентов высш. техн. учебн. заведений. — 2-е изд., перераб., — Л.: Энергия, 1974
16. Данилевич Я.Б., Чубраева Л.И. Новые конструкции генераторов и проблемы их создания / Санкт-Петербург : Наука, 1993.— 223 С.
17. Глебов И. А., Данилевич Я. Б. Научные основы проектирования турбогенераторов / Ленинград : Наука, Ленингр. отд-ние, 1986.— 183 С.
18. Завалишин Д.А. Ионные и электромашинно-ионные преобразователи частоты для регулирования асинхронных двигателей, в сборнике: Труды совещания по автоматизированному электроприводу переменного тока, М., 1958.
19. Шевченко В.В., Кулиш Я.Р. Анализ возможности использования разных типов генераторов для ветроэнергетических установок с учетом диапазона мощности // Вестник НТУ "ХПИ". - 2013. №65. С.107-117.
20. Олейников А.М., Канов Л.Н., Матвеев Ю.В., Зарицкая Е.И. Математическая модель автономной безредукторной ветроэлектрической установки на генераторе с постоянными магнитами// Электротехника и электроэнергетика.– 2010.– №2. – С.62 – 67.
21. Rizk, J., M.H. Nagrial. "Permanent magnet generators for wind turbines" International Journal of Renewable Energy Engineering, 2000. Vol 2, No. 1, pp 153-158.
22. Tze-Fun Chan, Loi Lei Lai. A novel wind energy system// IEEE Conference: Power & Energy Society General Meeting, 2009.
23. Ferreira A. P., Costa A. F. Direct Driven Axial Flux Permanent Magnet Generator for Small-Scale Wind Power Applications// International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ'11) Las Palmas de Gran Canaria (Spain), 13th to 15th April, 2010
24. Ветроэнергетические установки SWG. [Электронный ресурс]. — Режим доступа. URL: <http://www.solarhome.ru/wind/swdg.htm>
25. Ветрогенератор Exmork [Электронный ресурс]. — Режим доступа. URL: <http://inventory.ru/product/vetrogenerator-exmork-15-kvt-24-volta/>
26. Ветроэнергетическая установка арктического исполнения. [Электронный ресурс]. — Режим доступа. URL: <http://energystock.ru/vetroelektrostantsii/arkticheskogo-ispolneniya>
27. Alizé Wind Turbine. [Электронный ресурс]. — Режим доступа. URL: <http://www.fortiswindenergy.com/products/wind-turbines/alize/>
28. Ветрогенератор AEROMAG Stealth-Acoustic™ [Электронный ресурс]. — Режим доступа. URL: [http://www.powerenergo.ru/more\\_info/veter/aeromac.html](http://www.powerenergo.ru/more_info/veter/aeromac.html)

*А.А. Бубенчиков, Е.Ю. Артамонова, Р.А. Дайчман, Л.А. Файфер, Ф.В. Катеров, Т.В. Бубенчикова, К.С. Шульга, Ю.О. Астапова*  
*Омский государственный технический университет, г.Омск*

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОНЦЕТРАТОРОВ ВЕТРОВОЙ ЭНЕРГИИ В РЕГИОНАХ С МАЛОЙ СРЕДНЕГОДОВОЙ СКОРСОСТЬЮ ВЕТРА**

Во многих странах мира ветровая энергетика получила столь широкое развитие что позволяет ей конкурировать с основными видами энергии. Особенно широко это проявляется в странах Европы, а так же в странах Юго-Восточной Азии в частности в Китае [1]. В частности, в Дании и Испании энергия полученная с помощью возобновляемых источников существенно больше той энергии которой получена традиционным путем.

Ветровая энергетика является наиболее привлекательным способом решения энергетических проблем развивающихся стран, в частности таких как неустойчивые цены на энергоносители, загрязнение окружающей среды. Более того ветровые ресурсы присутствуют практически во всех странах мира, является бесплатными и легко доступными что позволяют в кратчайшие сроки нарастить энергетический потенциал страны.

Среди проблем государственного значения, решаемых с помощью внедрения возобновляемых источников энергии можно выделить такие как: повышение энергетической безопасности страны, независимость от изменения цен на энергоресурсы, обеспечение энергоснабжения в автономных зонах электроснабжения, уменьшение себестоимости вырабатываемой электроэнергии, развитие высоких технологий, улучшение экологической обстановки в стране.

В последнее время в России развитию данной отрасли уделяется все больше внимания, чему свидетельствуют ряд законодательных актов, в которых развитие ветроэнергетики в России выделяется как приоритетное [2-8]. По данным атласа ветров России наиболее благоприятными районами, с точки зрения развития этой отрасли, со среднегодовой скоростью больше 6 м/с являются побережья морей Омская, Новосибирская области, Алтайский, Красноярский край и ряд других областей [9-11].

К причинам препятствующим широкому использованию ветроэнергетических установок можно отнести низкую удельную плотность воздушного потока и зависимость от природных условий (ветровые затишья).

Одним из путей решения данных проблем является разработка ВЭУ с концентраторов ветровой энергии. Концентраторы потока представляют собой конфузорные или диффузорные устройства, устанавливаемые в непосредственной близости от рабочего колеса энергоустановки.

Все ныне существующие концентраторы ветровой энергии основаны на следующих принципах [12]. Эффект Вентури заключается в падении давления, когда поток газа протекает через суженную часть трубы. В соответствии с законом Бернулли, уравнение (1), сумма статического и кинетического давления или потенциальной и кинетической энергий в идеальном несжимаемом газе будет постоянной:

$$p + \frac{1}{2}\rho V^2 = const \quad (1)$$

где,  $p$ -давление;  $\rho$ -плотность;  $V$ - скорость.

Падение давления в сужении описывается уравнениями (2) и (3):

$$p_1 + \frac{1}{2}\rho V_1^2 = p_2 + \frac{1}{2}\rho V_2^2 = const \quad (2)$$

$$\Delta p = p_1 - p_2 = \frac{1}{2}\rho V_1^2 - \frac{1}{2}\rho V_2^2 = \frac{1}{2}\rho(V_1^2 - V_2^2) \quad (3)$$

Закон Бернулли позволяет объяснить эффект Вентури: в узкой части трубы скорость течения газа выше, а давление меньше, чем на участке трубы большего диаметра, в результате чего наблюдается разница давлений. [12]

В результате повышается скорость потока в зоне ветроколеса, что обеспечивает также увеличение мощности всей ветроустановки, а соответственно и выработки электроэнергии.

Таким образом, перспективным направлением проектирования ветроустановок является применение концентраторов ветровой энергии в особенности для регионов с малыми скоростями ветрового потока.

Среди существующих ветроприемных устройств, описанных в [12, 13], можно выделить:

Ветроэнергетическая установка с концентратором энергии (рис. 1.)



а)



б)

**Рисунок 1. Ветроэнергетическая установка с концентратором энергии.**

а) – структурная схема установки, б)– пример установки [14]

Недостатком таких устройств является то, что при недостаточном угле захвата ветрового потока возникает его отрыв и часть воздушного потока обтекает конус по его внешней поверхности. При увеличении угла захвата ветрового потока возрастает осевое усилие на башню, что вызывает усложнение конструкции.

Ветроэнергетическая установка с дефлекторным устройством (рис. 2.)



а)



б)

**Рисунок 2. Ветроэнергетическая установка с дефлекторным устройством**

а)– структурная схема установки, б)– пример установки [15]

Недостатком этого устройства является то, что для крупных ветросиловых установок раструб получается громоздким, металлоёмким, что усложняет обслуживание конструкции, а так же приводит к удорожанию ветроустановки.



Солнечно-ветровая установка (рис. 3.)



а)



б)

**Рисунок 3. Солнечно-ветровая установка**

а)– структурная схема установки, б)– пример установки Leviathan Energy [16]

Недостаток такой установки состоит в том, что она нуждается в постоянном подводе гелиотепла, имеет большие размеры и непригодна для регионов с малым световым днем.

Ветроэнергетическая установка с вихревым устройством (рис. 4.)

В этой установке поток воздуха совершает несколько поворотов, что повышает сопротивление и приводит к дополнительной потере энергии потока.

Ветроэнергетическая установка с турбиной Вентури (рис. 5.)



**Рисунок 4. Ветроэнергетическая установка с вихревым устройством**



**Рисунок 5. Ветроэнергетическая установка с турбиной Вентури**

Данная ветроэнергетическая установка имеет сложную конструкцию и низкий КПД.

В мире существует огромное количество установок с концентраторами ветровой энергии, отличающихся габаритами, конструкцией и технологическим исполнением, но все они являются вариацией или комбинацией рассмотренных типов.

Как выявил проведенный анализ существующие ветроустановки-концентраторы имеют ряд следующих недостатков:

Для увеличения мощности установок необходимо увеличивать их габариты, что приводит к удлинению лопастей из дорогостоящего материала

Сложность конструкции, металлоёмкость и громоздкость

При работе ветроколес большого размера возникают ультразвуковые колебания опасные для человека

Потери энергии связанные с применением мультипликаторов, для повышения числа оборотов генератора

Некоторые установки нуждаются в устройствах управления, ориентации на ветер

Сложности при установке и эксплуатации, обусловленные большим количеством вращающихся частей

Низкая эффективность при низких скоростях ветра

Некоторые виды ветроэнергетических установок нуждаются в постоянном подводе гелио тепла, что затрудняет их эксплуатацию в регионах с малым световым днем

Зарубежными учеными очень активно ведется процесс изучения концентраторов ветровой энергии [17-19]. Особенное внимание в работах уделяется углу захвата ветрового потока диффузора [20-22], а так же экономической эффективности от внедрения возобновляемых источников энергии и сравнение их с традиционными источниками [23,24].

По нашему мнению перспективным является развитие конструкций ветроэнергетических установок, путём упрощения конструкции при одновременном повышении энергетических характеристик. Для этого нужны разработки новых систем, спроектированных с ветроприемниками возможно меньшей массы, которые используют для приведения их в действие не силу сопротивления, а подъемную силу [25]. Такие установки будут иметь большую быстроходность и большее значение коэффициента использования энергии ветра.

#### **Список литературы**

1. Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации Дирекция по экономике отраслей ТЭК Развитие технологий ветроэнергетики в мире Информационная справка октябрь 2013 [Электронный ресурс]. URL: <http://ac.gov.ru/about/> (дата обращения: 05.03.2015).

2. Указ Президента РФ от 04.06.2008 № 889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики»

3. Постановление Правительства Российской Федерации от 17.10.2009 № 823 «О схемах и программах перспективного развития электроэнергетики». [в ред. постановления Правительства РФ от 12.08.2013 № 691]

4. Постановление Правительства Российской Федерации от 03.06.2008 № 426 «О квалификации генерирующего объекта, функционирующего на основе использования возобновляемых источников энергии». [в ред. Постановления Правительства РФ от 05.02.2010 № 58]

5. Постановление Правительства Российской Федерации от 28.05.2013 № 449 «О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности».

6. Распоряжение Правительства РФ от 08.01.2009 № 1-р «Об основных направлениях государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 года» [в ред. Постановления Правительства РФ от 28.05.2013]

7. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 04.10.2012 № 1839-р «Об утверждении комплекса мер стимулирования производства электрической энергии на основе использования ВИЭ.»

8. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28.05.2013 № 861-р «Об утверждении изменений, которые вносятся в Основные направления государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 года»

9. ALTENERGETICS.RU Альтернативная энергетика, энергосбережение, экология. Запасы энергии ветра и возможности ее использования. Ветровой кадастр России [Электронный ресурс]. URL: <http://altenergetics.ru/windenergy/430-zapasy-energii-vetra-i-vozmozhnosti-ee-ispolzovaniya-vetrovoj-kadast-rossii>. (дата обращения: 19.12.2014).
10. Старков А.Н. Атлас ветров России / Л.Ландберг, П.П.Безруких, М.М.Борисенко // Российско-датский институт энергоэффективности, – М.: 2000.
11. РАВИ. Сборник информации для членов РАВИ. Карты ветровых ресурсов России с комментариями.docx [Электронный ресурс]. URL: <http://rawi.ru/ru/main.php> (дата обращения: 19.12.2014).
12. Ragheb, M. Wind energy converters concepts. – 2010
13. Морозов Д.А. функционально-структурная модель ветроэнергетических установок / Д. А. Морозов; А. Э. Пушкарев // Вестник ИжГТУ №1 2008
14. Fujin (Fujin) Corporation [Электронный ресурс]. URL: <http://www.fu-jin.co.jp/product.htm> (дата обращения: 05.03.2015).
15. SheerWind claims its INVELOX wind turbine produces 600% more power [Электронный ресурс]. URL: <http://phys.org/news/2013-05-sheerwind-invelox-turbine-power.html> (дата обращения: 05.03.2015).
16. Wind Energizer: 150% Power Boost by Simple Wind Turbine. [Электронный ресурс]. URL: <https://energyconsulting.wordpress.com/category/tecnologia/page/4/> (дата обращения: 05.03.2015).
17. U. Dakeev, H. Quamrul, T. Hussain, J Tristan Pung. Analysis of wind power generation with application of Wind tunnel attachment, 121st ASEE Annual Conference and Exposition Indianapolis, IN June 15-18, 2014
18. T.Y. Chen , Y.T. Liao, C.C. Cheng. Development of small wind turbines for moving vehicles: Effects of flanged diffusers on rotor performance, Experimental Thermal and Fluid Science 42, 136–142, 2012
19. A. Amer, A. Hamza, H. Ali, Y. ElMahgary, S.Ookawara, M. Bady Wind Energy Potential for Small-Scale Wind Concentrator Turbines, Journal of Power and Energy Engineering 12, 2013;
20. P. Khunthongjan, A Janyalertadun, A study of diffuser angle effect on ducted water current turbine performance using CFD, Songklanakar J. Sci. Technol.34 (1), 61-67, Jan. - Feb. 2012
21. R. Chaker1, M. Kardous, F. Aloui1 and S. Ben Nasrallah, Relationship between open angle and aerodynamic performances of a DAWT, The Fourth International Renewable Energy Congress December 20-22, 2012 – Sousse, Tunisia
22. B. Kosasih, A. Tondelli, Experimental study of shrouded micro-wind turbine, Evolving Energy-IEF International Energy Congress (IEF-IEC2012) Procedia Engineering 49, 92 – 98, 2012
23. Сысоева М. С. Методика оценки экономической эффективности инновационно-инвестиционных проектов в области внедрения альтернативных источников энергии/ М. С. Сысоева, М. А. Пахомов // Социально-экономические явления и процессы № 9 (031), 2011
24. Зинатуллин А.В. Развитие ветроэнергетики с экономической точки зрения / А.В. Зинатуллин, Е.Ю. Чибисова // V Всероссийская научно-практическая конференция "Стратегия устойчивого развития регионов России"
25. Современные строй материалы сборник научно технических статей. Вихревая ветроэнергетика [Электронный ресурс]. URL: [http://www.sovstroyamat.ru/2001\\_11\\_14.php](http://www.sovstroyamat.ru/2001_11_14.php) (дата обращения: 05.03.2015).

**А.В. Волгин, А.А. Леонтьев, А.П. Моисеев.**

*Саратовский государственный аграрный университет имени Н.Ю. Вавилова, г. Саратов*

## **СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЛИНЕЙНЫМИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ**

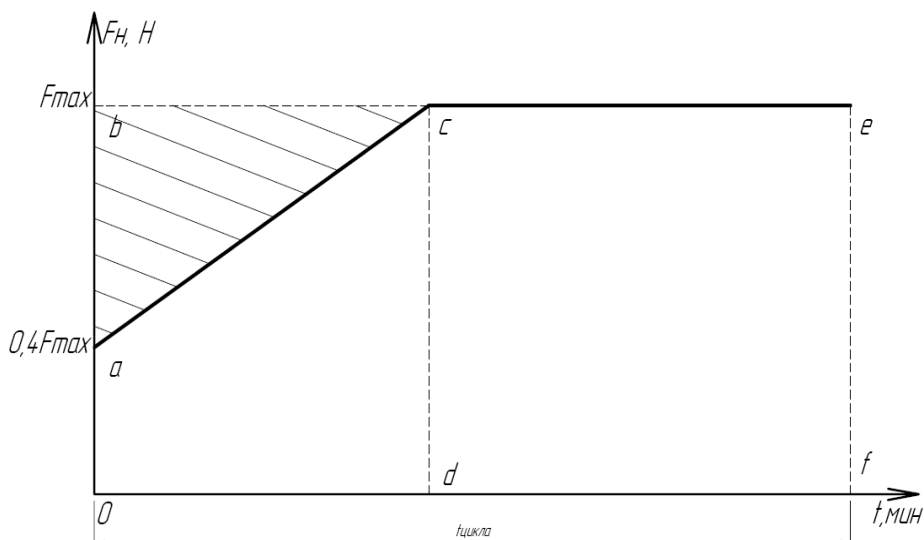
*В данной статье представлена нагрузочная диаграмма кормораздаточного транспортера, позволяющая оценить потребность электромагнитной силы тяги двигателя в зависимости от времени кормораздачи с применением контроллеров.*

*Ключевые слова: система управления, электромагнитный двигатель, транспортер, контроллер.*

Обеспечивая дискретное пошаговое перемещение тросов или штанг любой необходимой длины по линейной траектории импульсные линейные электромагнитные двигатели (ЛЭМД) со сквозным осевым каналом и интегрированным зажимным механизмом [1,2], могут применяться в приводе транспортёров кормораздатчиков [2] взамен электродвигателей (ЭД) вращательного действия. При этом в отличие от традиционных ЭД необходимые для нормальной работы ЛЭМД питающие импульсы напряжения и тока не могут быть получены при непосредственном подключении его обмотки к сети переменного тока и формируются специальным устройством питания и управления (УПУ). Поскольку основным критерием при выборе двигателя является его нагрузочная способность и переменность нагрузки в рабочем процессе, а предлагаемые системы управления ЛЭМД [3,4] приводятся с учетом работы на постоянной нагрузке, приводящие к излишним затратам энергии на «холостом ходе», то возникает необходимость разработки для привода кормораздаточного транспортера систему управления с учетом переменной нагрузки. Также при разработке системы управления электроприводами кормораздаточных транспортеров с ЛЭМД необходимо учитывать предъявляемые требования:

- обеспечение управления электроприводами во всех возможных режимах работы;
- дистанционное управление;
- обеспечение возможности подключения к ПК или контроллеру для формирования команд управления;
- простота конструкции и высокая надежность;
- модульный принцип построения отдельных блоков;
- дешевизна, компактность и долговечность.

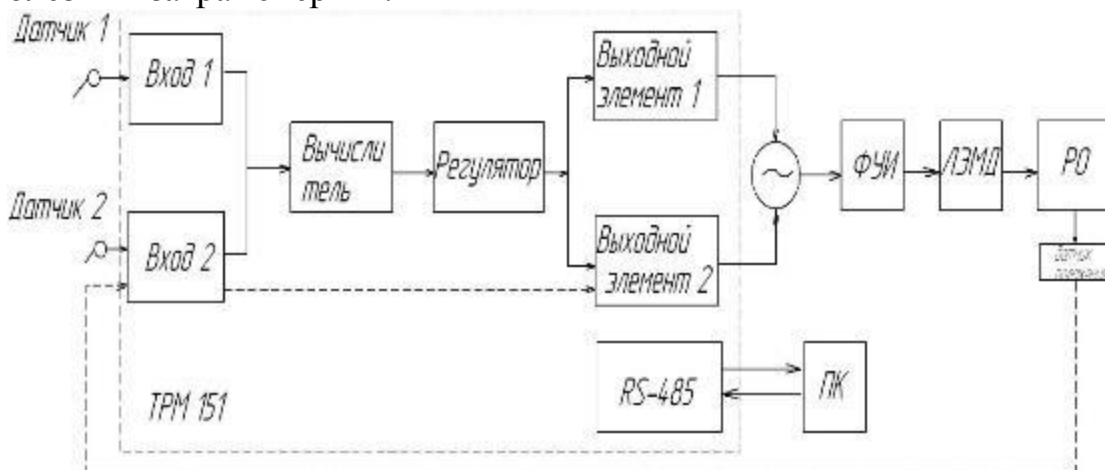
Представленная нагрузочная диаграмма (рис. 1) кормораздаточного транспортера, позволяет оценить потребность электромагнитной силы тяги двигателя в зависимости от времени кормораздачи.



**Рисунок 1. Нагрузочная диаграмма кормораздатчика**

На диаграмме точка а. показывает начальную нагрузку, которая составляет около  $0,4 F_{\max}$ , далее пропорциональное увеличение графика достигает точки с. (т.е.  $F_{\max}$ ) за  $0,5 t_{\text{цикл}}$ , переходя в неизменную до конца  $t_{\text{цикл}}$  (точка е.).

Итак, приведенная диаграмма показывает, что энергия, без учета влияния переменности нагрузки заключена площадью  $S_{obef}$ , полезная же энергия будет представлена площадью  $S_{oacef}$ , а часть диаграммы  $S_{abc}$  - это существенная доля бесполезных затрат энергии.



**Рисунок 2. Структурная схема системы управления кормораздаточным транспортером с линейным электромагнитным двигателем (ФУИ – формирователь управляющих импульсов, ЛЭМД – линейный электромагнитный двигатель, РО – рабочий орган).**

С учетом выше рассмотренного, предлагается использовать контроллер ОВЕН ТРМ 151, в схеме системы управления кормораздаточным транспортером, приведенного на структурной схеме (рис. 2).

### Список литературы:

1. Моисеев А.П. Применение линейных электромагнитных приводов в шайбовых кормораздаточных транспортерах: автореф. дисс. ... канд. техн. наук / Моисеев А.П. – Саратов, ФГБОУ ВПО СГАУ им. Вавилова Н.И., 2011. – 26 с.
2. Усанов К.М., Моисеев А.П. Электромагнитные машины с осевым каналом в процессах и технологиях АПК [Текст]/ Ж. «Механизация и электрификация сельского хозяйства», №5, 2008. – С. 31–33.
3. Ряшенцев Н.П., Угаров Г.Г., Львицын А.В. Электромагнитные прессы. [Текст]/ - Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1989. - 216 с.
4. Усанов К.М., Моисеев А.П. Принципы построения устройств питания и управления линейными электромагнитными двигателями стационарных кормораздатчиков [Текст]/ Вавиловские чтения-2008: Материалы Межд. науч.-практ. конф., 3ч. – Саратов: ИЦ «Наука»; 2008. – С.339–340

**С.В. Волобуев***Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград*

## ВЛИЯНИЕ ПРЕВЫШЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ИЗОЛЯЦИИ СТАТОРНОЙ ОБМОТКИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ НА ПОВЫШЕННЫЙ РАСХОД ЕЕ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕСУРСА

Расход технического ресурса изоляции связан с совокупностью различных факторов, действующих на нее при работе двигателя. Исследования, проведенные рядом ученых, позволили установить, что основным фактором, приводящим к ускоренному расходу ресурса изоляции, является ее температура, а именно превышение температуры над предельно допустимым значением. В следствие, чего было сформулировано правило "восьми градусов", которое отражает следующую закономерность: при превышении температуры изоляции на каждые восемь градусов ее ресурс сокращается в два раза. Аналитически это описывается следующим выражением [1,2]:

$$T = T_0 \cdot e^{-0,0866\vartheta}, \quad (1)$$

где  $T_0$  - срок службы изоляции при температуре  $0^\circ\text{C}$  ;

$\vartheta$  - температура изоляции,  $^\circ\text{C}$  .

Оно справедливо только для изоляции класса А, для изоляций классов В и Н, сокращение ресурса в два раза соответствует превышениям температур  $10^\circ\text{C}$  и  $12^\circ\text{C}$  . Выражение (1) является эмпирическим, что не позволяет получать достаточно точных результатов. Поэтому при оценке ресурса изоляции в настоящее время используются более точные выражения основанные на законах кинетики химических реакций [2, 3]:

$$T = T_0 \cdot e^{B \left( \frac{1}{\theta + \theta_{\text{окр.}} + 273} - \frac{1}{\theta_n + \theta_{\text{окр.}} + 273} \right)}, \quad (2)$$

где  $\theta_n$  - предельно допустимая температура нагрева изоляции,  $^\circ\text{C}$  ;

$\theta$  - текущее значение температуры перегрева обмотки,  $^\circ\text{C}$  ;

$\theta_{\text{окр.}}$  - температура окружающей среды,  $^\circ\text{C}$

$B$  - постоянный коэффициент, К.

Представим текущее значение температуры перегрева обмотки статора  $\theta$ , при конкретном симметричном токе перегрузки  $I^*$ , в виде суммы предельно допустимой температуры нагрева изоляции  $\theta_n$  и превышения над ней  $\theta_n$  [4]:

$$\theta = \theta_n + \theta_n \quad (3)$$

но  $\theta = \theta_n \cdot I_*^2$  (4)

Тогда  $\theta_n + \theta_n = \theta_n \cdot I_*^2$  (5)

Откуда  $\theta_n = \theta_n \cdot (I_*^2 - 1)$  (6)

В процессе эксплуатации двигателей независимой переменной является  $I^*$ , а  $\theta_n$  - его функцией.

Т.е. 
$$I_* = \sqrt{1 + \frac{\theta_n}{\theta_n}} \quad (7)$$

Как упоминалось ранее, при температуре окружающей среды  $40^\circ\text{C}$  срок службы изоляции класса нагревостойкости В при  $\theta_n = 10^\circ\text{C}$  и класса Н при  $\theta_n = 12^\circ\text{C}$  сокращается в два раза. Такому уменьшению срока службы соответствуют следующие значения  $I^*$ :

для изоляции класса нагревостойкости В ( $\theta_n = 90^\circ\text{C}$ )

$$I_* = \sqrt{1 + \frac{10}{90}} \approx 1,054$$

для класса Н ( $\theta_n = 135^\circ\text{C}$ )

$$I_* = \sqrt{1 + \frac{12}{135}} \approx 1,043$$

Полученные результаты показывают, что при значительно меньших, но длительных симметричных перегрузках по току в пределах 5% срок службы изоляции уже сокращается в два раза. Следовательно, с точки зрения рационального расходования технического ресурса изоляции желательнее иметь везде, где это можно, устройства защиты с током срабатывания  $I_c^* = 1,05$ .

Для ТР принято, что при 20% перегрузке по току оно должно сработать за время не превышающее 20 мин [5]. Для этой кратности тока температура перегрева по (6) для изоляции класса В  $\theta_n \approx 40^\circ\text{C}$ , для класса Н  $\theta_n \approx 60^\circ\text{C}$ , что значительно превосходит  $10^\circ\text{C}$  и  $12^\circ\text{C}$ . Ниже приведен расчет расхода ресурса изоляции класса В при кратностях тока  $I^* = 1,0; 1,05; 1,1 \dots 1,4$ .

Превышение температуры обмотки над предельно допустимой температурой перегрева для класса изоляции В при  $I^* = 1,2$ :

$$\theta_n = 90 \cdot (1,2^2 - 1) = 39,6^\circ\text{C}$$

При достижении этой температуры перегрева с учетом стандартного значения температуры окружающей среды  $40^\circ\text{C}$  ресурс изоляции составит:

$$T = 40000 \cdot e^{12000 \cdot \left( \frac{1}{90+40+39,6+273} - \frac{1}{90+40+273} \right)} = 2786,3 \text{ час}$$

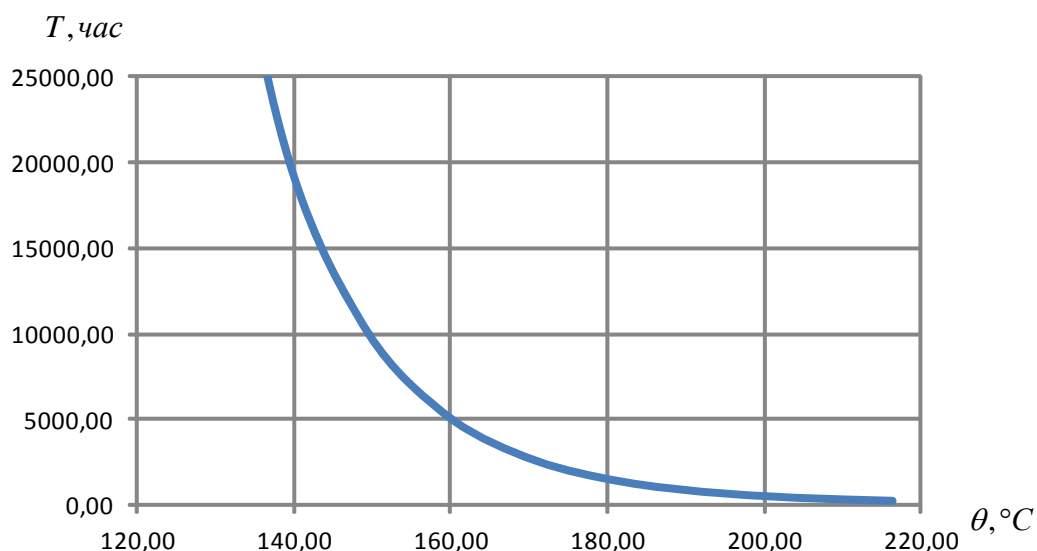
Результаты расчета для остальных значений кратностей тока перегрузки приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Ресурс изоляции обмотки двигателя при различных значения ее температуры

$I^*$	1	1,05	1,1	1,15	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4
$\theta_n, ^\circ\text{C}$	0	9,2	18,9	29	39	50	62	74	86
T, час	40000	20543	10537	5410	2786	1441	750	393	208

Зависимость ресурса изоляции класса В статорной обмотки двигателя от ее температуры показана на рисунке 1.





**Рисунок 1 - График функции  $T = f(\theta)$  для изоляции класса В**

Как видно из рисунка 1, график функции  $T = f(\theta)$  имеет падающий характер, при чем на интервале температур от предельно допустимого значения для класса В  $130^\circ\text{C}$  и до  $160^\circ\text{C}$  ресурс изоляции сокращается с расчетного значения 40000 час до 5000 час, т.е. в 8 раз, что соответствует росту температуры всего в 1,23 раза.

Полученные результаты показывают, что расход ресурса изоляции значительно зависит от ее температуры, при чем, уменьшение ресурса изоляции в два раза соответствует 5% росту тока перегрузки при его длительном протекании.

#### **Список литературы**

- 1.Ермолин, Н.П. Надежность электрических машин [Текст]/ Н.П. Ермолин, И.П. Жерихин. - Л.:Энергия, 1976. - 135 с.
- 2.Овчаров, В.В. Эксплуатационные режимы работы и непрерывная диагностика электрических машин в сельскохозяйственном производстве [Текст]/ В.В. Овчаров. - Киев: Изд-во УСХА. 1990.- 168 с.
- 3.Ерошенко, Г.П. Эксплуатация энергооборудования сельскохозяйственных предприятий [Текст]: Учебник для вузов по специальности 31.14.00 и 10.16.00 "Электрификация и автоматизация сельского хозяйства"/ Г.П. Ерошенко, Ю.А. Медведько, М.А. Таранов. - Ростов-на-Дону: ООО "Терра"; НПК "Гефест". - 2001. - 592 с.
- 4.Волобуев, С.В. Защита асинхронных электродвигателей от ненормальных режимов работы [Текст]/ С.В. Волобуев, И.Я. Сомов // Техника в сельском хозяйстве - 2012. - №2. - с. 20-21.
- 5.Контакты, пускатели и тепловые реле. [Текст] Технический справочник (ТС-37). – М.: Информэлектро, 2002. - 212 с.

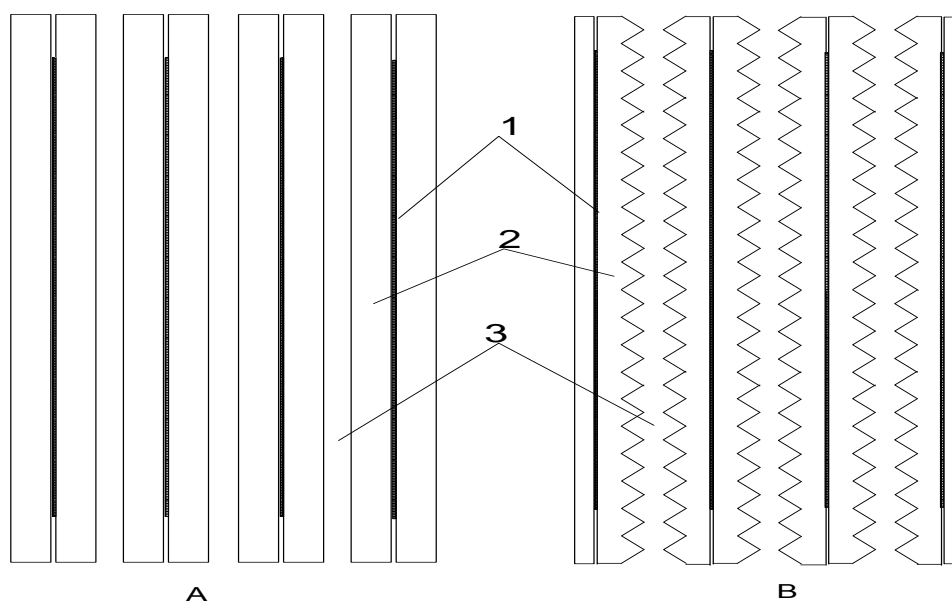
*А.П. Волошин, А.С. Лытнев*

*Кубанский государственный аграрный университет г. Краснодар*

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ КОНСТРУКЦИИ РАЗРЯДНОГО УСТРОЙСТВА ПЛАСТИНЧАТОГО ТИПА**

Улучшение технических характеристик озонаторов пластинчатого типа, в том числе повышение производительности и стабильности работы нам представляется целесообразным производить путем совершенствования конструкции разрядного устройства. Повышение стабильности и равномерности зажигания разряда представляется целесообразным осуществить путем изменения формы диэлектрических барьеров и концентрации разряда на определенных участках. Для подтверждения теоретических исследований, произведено экспериментальное определение влияния угла профиля диэлектрических пластин на характер ВАХ и производительность электроозонатора [1].

Вольтамперные характеристики определялись для разрядных устройств пластинчатого типа (рисунок 1), которые при прочих равных конструктивных параметрах отличались углом профиля диэлектрических пластин [2, 3].



1 – электрод; 2 – диэлектрический барьер; 3 – разрядный промежуток.

**Рисунок 1 – Исследуемые конструкции разрядных устройств: А – прототип с диэлектрическими барьерами из стекла 4 мм; В – разрядное устройство с диэлектрическими барьерами угловой конструкции из стекла 4 мм.**

Для наиболее объективного сравнения конструкций разрядных устройств применена лабораторная схема питания (см. рисунок 2). Напряжение питания подается на лабораторный автотрансформатор, с него напряжение подается на повышающий трансформатор ТГ 1020. Таким образом, исследуемые разрядные устройства получают плавно изменяющееся напряжение питания в диапазоне от

0 до 12,5 кВ. Измерения проводились при использовании аналогово-цифрового преобразователя с ПЭВМ и дублировались аналоговыми приборами.

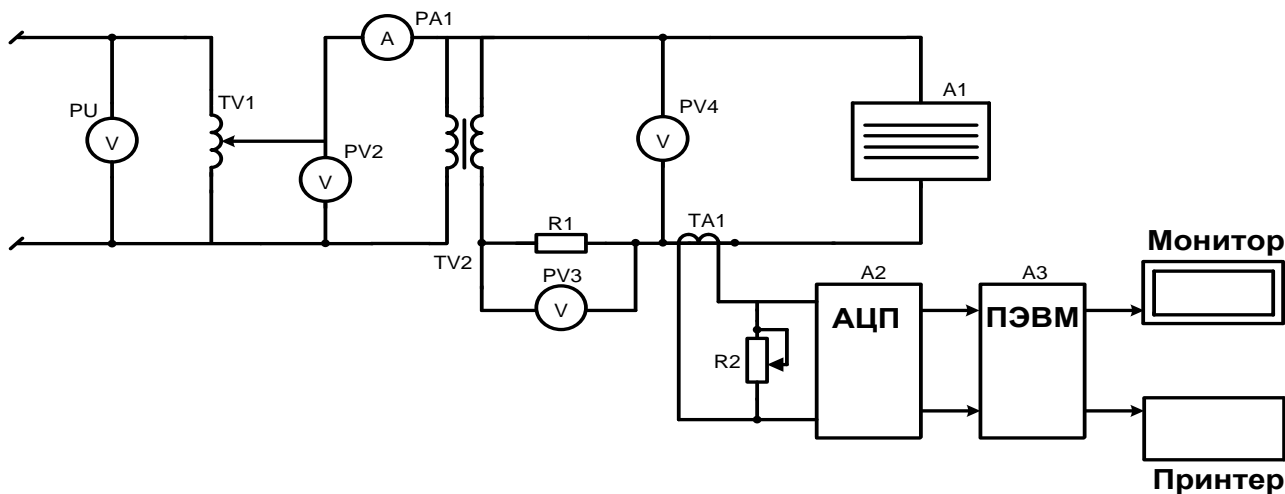


Рисунок 2 – схема лабораторной установки для определения ВАХ

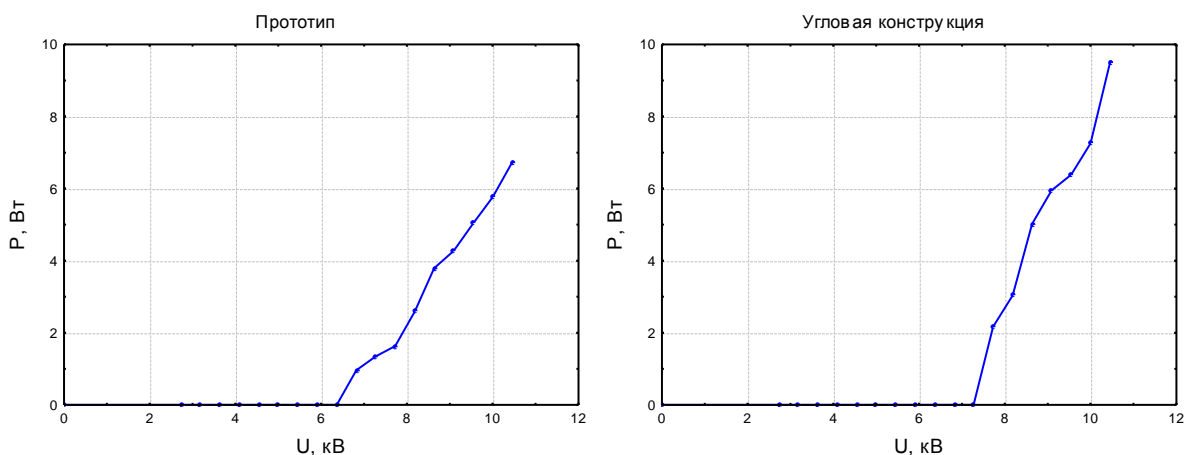


Рисунок 3 – Зависимости активной мощности разрядных устройств от напряжения, приложенного к электродам

Изображение лабораторной установки представлена на рисунке 3. Погрешность измерений не превышала 3%. Основные результаты экспериментов по исследованию ВАХ представлены в таблице 1.

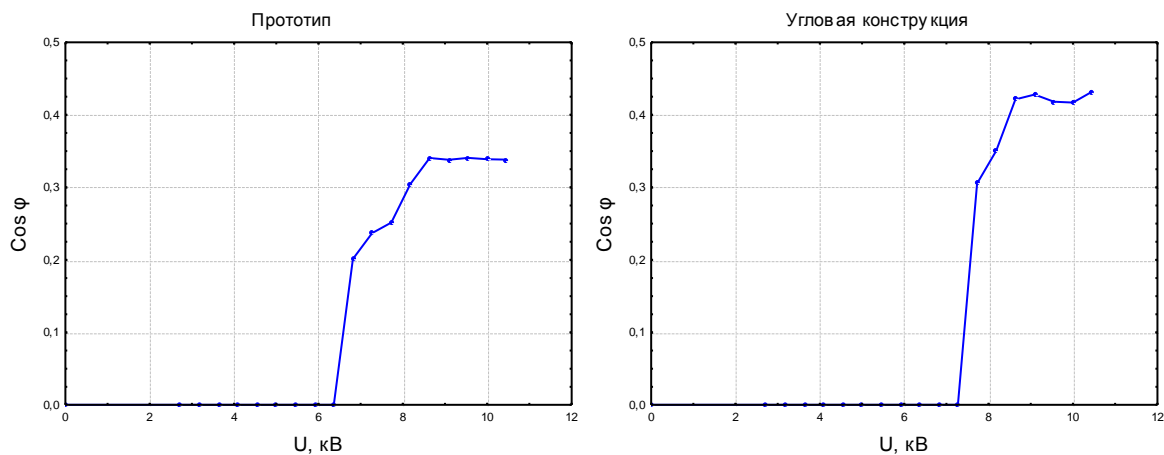


Рисунок 4 – Зависимости коэффициента мощности разрядных устройств от напряжения, приложенного к электродам

**Таблица 1 – Основные электрические параметры разрядных устройств, полученные в результате анализа вольтамперных характеристик**

Параметр	Прототип	Угловая конструкция
Напряжение зажигания разряда – $U_з$ , кВ	6,4	7,3
Напряжение горения разряда – $U_г$ , кВ	4,8	6,2
Фактическое напряжение питания – $U'$ , кВ	10,45	10,45
Напряженность электрического поля между диэлектрическими барьерами – $E_г$ , кВ/см	16	20,7
Ток зажигания – $I_{cp}^к$ , мА	0,50	0,57
Полный ток – $I'_{cp}$ , мА (при $U'$ )	1,9	2,1
Активный ток разряда – $I_{cp}^а$ , мА (при $U'$ )	1,4	1,53
Активная мощность РУ – Р, Вт (при $U'$ )	6,7	9,5
Полная мощность РУ – S, ВА (при $U'$ )	19,9	22
Коэффициент мощности – $Cos\varphi$ , у.е. (при $U'$ )	0,33	0,43

В результате экспериментального исследования определено что угловая конструкция имеет более высокий коэффициент мощности ( $Cos\varphi=0,43$  в сравнении с  $Cos\varphi=0,33$ ) следовательно, более высокую производительность. В результате экспериментального исследования влияния угла между диэлектрическими барьерами на электрические параметры электроозонатора установлено увеличение напряженности электрического поля в разрядном промежутке на 29%, с 16 до 20,7 кВ/см. Разработанная конструкция разрядного устройства имеет более высокую стабильность работы вследствие принудительной локализации разрядов на поверхности диэлектрических барьеров.

#### Список литературы

1. Овсянников Д.А. Параметры электроозонатора для стабилизации концентрации озона в улье при лечении болезней пчел. / Овсянников Д.А., Зубович С.С., Волошин А.П. // Труды международной научно-технической конференции «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве». – Москва, 2008. Т. 3. С. 374-380.
2. Патент РФ № 2417159, МПК С2 С01В13/11 (2006.01) Электроозонатор/Д.А. Овсянников, С.А. Николаенко, С.С. Зубович, А.П. Волошин, Д.С. Цокур; заявитель и патентообладатель КГАУ. - № 2009126863 заявл. 13.07.2009; опубл. 27.04.2011. Бюл. № 2. -5 с.
3. Овсянников Д.А., Николаенко С.А., Волошин А.П., Зубович С.С., Цокур Д.С. Электроозонатор // Патент России № 2429192. 2011. Бюл. № 26.

*А.А. Глинская*

*Самарский государственный архитектурно-строительный университет, г. Самара*

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

**Введение.** С постоянно растущим уровнем жизни в России и внедрением новых технологий большую популярность набирает использование системы отопления «теплый пол». По источнику теплоты обогреваемые полы можно разделить на две группы водяные и электрические.

**Возможности теплого пола.** Систему «теплый пол» можно использовать помещения любого назначения, таких как, квартиры, дачи, офисы и т.д. [1,2]. Все системы теплого пола, независимо от его разновидности выполняются из современных материалов, обеспечивающих высокий срок службы системы. Кроме того, применение теплого пола позволяет экономить площадь помещения [3]. Так как, в наше время полным ходом идет добыча углеродного сырья в районах Севера теплые полы в конструкциях мобильных жилищ являются неотъемлемой частью при их проектировании. Для этого была разработана такая система [4]. Для анализа эффективности предлагаемых решений используется численное моделирование.

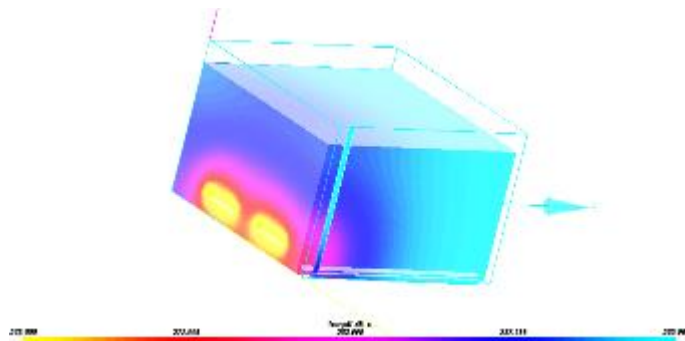
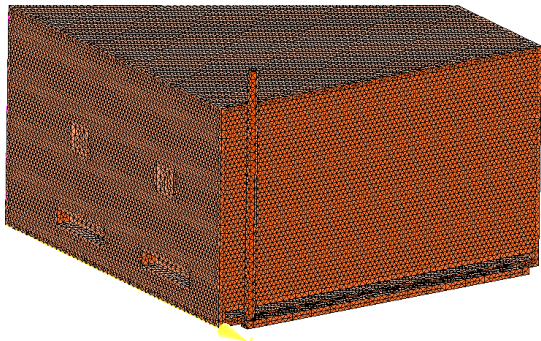
**Описание геометрии и сетки исследуемой области.** С помощью программ математического моделирования Salome [5] была построена модель помещения с конструкцией теплого пола. Геометрия исследуемой области, взятая за моделирование это объем воздуха в помещении (рис.1, а). Расчетная область разбивается на множество объемных элементов, составленных из треугольников призм.

**Описание условий моделирования.** С помощью программы математического моделирования Code-Saturne [6,7] было проведено исследование распределение температур в объеме рассматриваемого помещения при различных параметрах отопительных приборов. Рассматриваем три расчета моделирование. Первый расчет влияние ускорение свободного падения, остальные три это влияние различных отопительных приборов на температуру помещения. Начальную температуру стенок задаем 273 градуса Кельвина. Свойства воздуха; плотность  $1,2039 \text{ кг/м}^3$ ; вязкость  $1.83 \times 10^{-5} \text{ Па} \cdot \text{с}$ ; удельная теплоемкость  $1004,84 \text{ Дж/кгК}$ ; теплопроводность  $0,0259 \text{ (Вт/мК)}$

Первый заключается в том, что все поверхности адиабатные, кроме теплого пола. В данном расчете мы приняли 303 градусов Кельвина. Ускорение свободного падения задаем в соответствии с геометрией, т.е. по оси Z ( $g_z = -9.81$ ).

Второй заключается в том, что задается температура только у отопительных приборов. В данном расчете мы приняли температуру 360 градусов Кельвина для отопительных приборов. Ускорение свободного падения задаем в соответствии с геометрией, т.е. по оси Y ( $g_y = -9.81$ ).

Третий расчет рассматривает распределение температуры в помещении при включенных отопительных приборов и работающей системе теплый пол. Температура отопительных приборов 360 градусов Кельвина, а температура системы теплый пол 303 градуса Кельвина. Ускорение свободного падения задаем в соответствии с геометрией, т.е. по оси Y ( $g_y = -9.81$ ).



**Результаты исследования. Вывод:** На основании анализа результатов численного исследования видно, что наименьшие перепады температур характерны для второго численного метода моделирования.

#### Список литературы

1. Исследование эффективности автоматизированной системы управления отоплением высшего учебного заведения. Ковальногов Н.Н., Ртищева А.С., Сечкин О.В., Мердеев И.М., Абрамов В.М., Ковальногова Ю.Н., Цынаева Е.А. Вестник Ульяновского государственного технического университета. 2005. № 4 (32). С. 45-48.
2. Автоматизированная система управления теплоснабжением общежитий УЛГТУ Ковальногов Н.Н., Цынаева Е.А. Вестник Ульяновского государственного технического университета. 2006. № 1 (33). С. 56-59.
3. Теплый пол – теплый дом. <http://elibrary.ru/item.asp?id=20557319>
4. Теплый пол инвентарного здания (Патент SU 1644575). <http://www.findpatent.ru/patent/164/1644575.html>
5. Salome. <http://www.findpatent.ru/patent/164/1644575.html>
6. Code Saturne. <http://code-saturne.org/cms/>
7. Моделирование задач теплообмена и гидрогазодинамики с помощью свободного программного обеспечения. Цынаева Е.А., Цынаева А.А. Вестник Ульяновского государственного технического университета. 2014. № 4 (68). С. 42-45.

**Глубокий Ю.Н***Саратовский государственный аграрный университет им Н.И. Вавилова, г. Саратов*

## УПРАВЛЕНИЕ ТРЕХФАЗНЫМИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ В ОДНОФАЗНОМ РЕЖИМЕ

*Ключевые слова: трехфазный электродвигатель, однофазный режим, регулирующая емкость, тиристорный коммутатор, трехфазная обмотка.*

*Аннотация: В статье приводится описание устройства управления трехфазными электродвигателями, работающими в однофазном режиме. Устройство позволяет снизить несимметрию токов по фазам и на 70-80% сохранить мощность трехфазного электродвигателя.*

В связи с ростом числа индивидуальных хозяйств, возрастает спрос на электродвигатели малой мощности для приводов средств малой механизации. Использование для этих целей трехфазных электродвигателей нецелесообразно из-за сложностей оформления и высокой стоимости трехфазного электроснабжения. При потребной мощности рабочей машины до 2-х кВт хорошо зарекомендовали себя трехфазные асинхронные электродвигатели, включаемые в однофазном режиме.

Однако мощность трехфазного электродвигателя, в однофазном режиме уменьшается на 40-50%. Это объясняется двумя причинами:

- уменьшением суммарной намагничивающей силы обмоток;
- большой несимметрией токов по фазам

Уменьшение суммарной намагничивающей силы обмоток обусловлено тем, что вместо симметричной трехфазной системы напряжений и токов используется искаженная, «искусственная двухфазная» система [1].

Так мгновенная намагничивающая сила основной гармоники  $F_{3t}$  при симметричной трехфазной системе определяется по формуле:

$$F_{3t} = F_1 \left\{ \sin \left( \omega t - \frac{x}{\tau} \pi \right) + \sin \left[ \omega \left( t - \frac{1}{3} T \right) - \frac{x - 2/3}{\tau} \pi \right] + \sin \left[ \omega \left( t - \frac{2}{3} T \right) - \frac{x - 4/3}{\tau} \pi \right] \right\}$$

При этом амплитуда трехфазной намагничивающей силы  $F_{m3} = 1,5F_{m1}$ , где -  $F_{m1}$  - амплитуда намагничивающей силы одной фазы

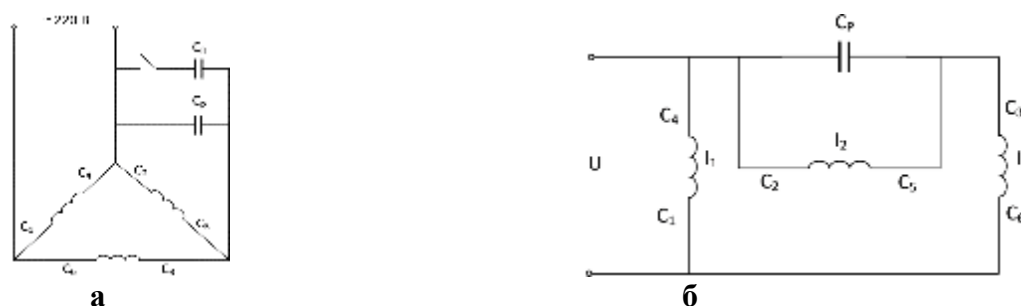
Намагничивающая сила трехфазной системы обмоток со сдвигом в пространстве на 120 электрических градусов и фазной зоной 60 эл.градусов при переключении по схеме «двухфазной обмотки» с фазной зоной 90 эл.градусов может быть описана уравнением:

$$F_t = F_1 \left\{ \sin \left( \omega t - \frac{x}{\tau} \pi \right) + \sin \left[ \omega \left( t - \frac{1}{4} T \right) - \frac{x - 2/3}{\tau} \pi \right] + \sin \left[ \omega \left( t - \frac{1}{4} T \right) + \frac{x - 4/3}{\tau} \pi \right] \right\}$$

При этом амплитуда намагничивающей силы составляет  $F_m \leq 1,5 F_{m1}$

Второй проблемой является большая несимметрия токов по фазам, при которой одна фаза чаще всего перегружается, а загрузка других фаз находится в пределах 30-50%. Следует учитывать, что переключение трехфазной обмотки возможно только при последовательном соединении разных фаз. Параллельное соединение трехфазных обмоток в однофазной схеме невозможно, так как возникают большие уравнивающие токи, обусловленные пространственным сдвигом различных фаз обмотки. При последовательном соединении уравнивающих токов удастся избежать, но при этом уменьшаются токи в фазах, и как следствие ухудшаются пусковые, механические и рабочие характеристики двигателя.

Наиболее удачная схема включения трехфазного электродвигателя, в однофазном режиме представляет собой соединение обмоток в «треугольник» с рабочей и пусковой ёмкостями (рис.1.).



**Рисунок 1. Схема включения трехфазного электродвигателя, в однофазном режиме (а), расчетная схема (б)**

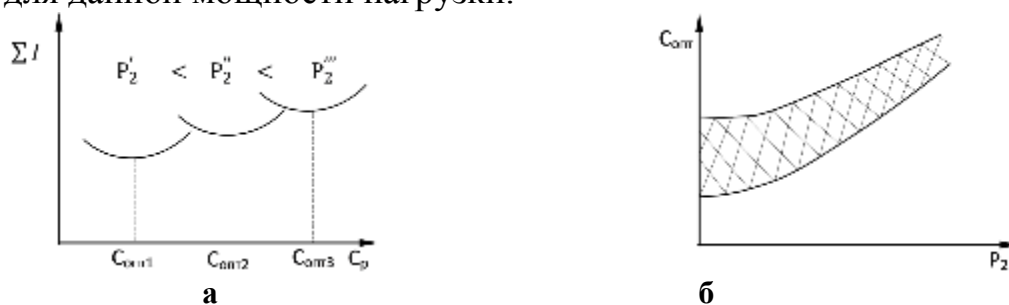
Электродвигатели, собранные по этой схеме отличаются хорошими пусковыми и удовлетворительными рабочими характеристиками. Одним из недостатков этой схемы отмечается сложность подбора ёмкости рабочего конденсатора. Рекомендуемые в [2] формулы являются приблизительными и не обеспечивают эффективной работы.

Расчетная схема, представленная на рис.1б, показывает, что наиболее загруженной является фаза  $C_1-C_4$ . Загрузка фазы  $C_3-C_6$  регулируется величиной рабочей емкости. Чем больше будет величина ёмкости, тем больше будет ток фазы и наоборот. Фаза  $C_2-C_5$  шунтируется ёмкостью  $C_p$  и поэтому ток в ней составляет всего 30 % от тока фазы  $C_1-C_4$ . Основную роль фаза  $C_2-C_5$  играет в момент пуска электродвигателя, в рабочем режиме её роль минимальна.

Параметры всех фаз имеют нелинейный характер и поэтому не поддаются точному аналитическому расчету. Проведенные нами испытания показали сложную зависимость суммарного тока всех фаз от величины рабочей ёмкости  $C_p$ .



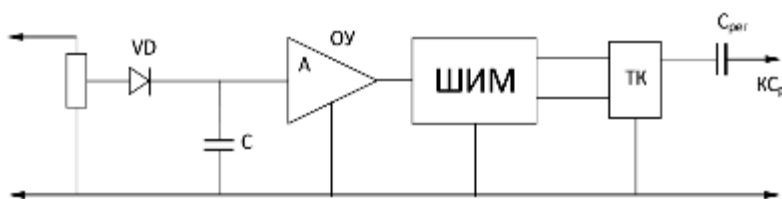
(Рис.2.) Для каждого значения нагрузки двигателя существует оптимальная величина рабочей ёмкости, при которой сумма токов фаз имеет наименьшее значение для данной мощности нагрузки.



**Рисунок 2.** Зависимость суммарного тока фаз от величины рабочей ёмкости  $C_p$  (а), характер изменения  $C_{опт}$  обеспечивающей минимальную токовую нагрузку электродвигателя (б)

Так как величина нагрузки  $P_2$  при работе машины непрерывно изменяется, то для того чтобы обеспечивать минимальную токовую нагрузку двигателя необходимо непрерывно корректировать величину рабочей ёмкости. На практике такая задача требует сложной системы автоматического управления и вряд ли будет экономически целесообразной.

Более простым представляется вариант стабилизации тока фазы  $C_3$ - $C_6$  на уровне номинального путем изменения величины регулирующей емкости  $C_{рег}$ , которая подключается параллельно  $C_p$ .



**Рис. 3.** Структурная схема устройства стабилизации тока фазы  $C_3$ - $C_6$

Для решения данной задачи нами разработано устройство стабилизации тока одной из фазы  $C_3$ - $C_6$ . Устройство содержит датчик тока с интегрирующим конденсатором  $C$ , операционный усилитель (ОУ), широтно-импульсный модулятор (ШИМ), тиристорный коммутатор (ТК) и регулируемую ёмкость  $C_{рег}$ . [3.4] При уменьшении или увеличении тока  $I_3$ , сигнал с датчика тока усиливается ОУ и передается на ШИМ, который формирует управляющий сигнал для ТК, регулирующего величину  $C_{рег}$ . В результате ток  $I_3$  поддерживается постоянным. Испытания показали, что устройство поддерживает максимально равномерную загрузку 2-х фаз, и с учетом загрузки третьей фазы электродвигатель в однофазном режиме сохраняет 70-80% мощности трехфазного электродвигателя.

#### Список литературы:

1. Вольдек А.И. Электрические машины. М., «Энергия», 2006. 810 с. с ил.
2. Андрианов В.Н. Электрические машины и аппараты. М., «Колос», 1971. 447 с. с ил.
3. Миловзоров О.В. Электроника: Уч. пособие для вузов / Миловзоров О.В., Панков И.Г. М.: Высшая школа, 2006. - 288с.; - ISBN 5-06-004428-9
4. Бородин И.Ф. Основы электроники: Уч. пособие для вузов / Бородин И.Ф., Шогенов А.Х., Судник Ю.Ф. М.: КолосС, 2009. – 207с.; - ISBN 978-5-9532-0712-6

*Б.И.Горбунов, И.В.Филимонов, Е.В.Михалёв, В.Б.Горбунов, А.В.Тюльнев*  
*Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, г. Н. Новгород*

## **БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ВЕКТОР ПЕРСПЕКТИВНОГО РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

Поиск альтернативных вариантов развития сельскохозяйственных производств в условиях международных санкций связан с пересмотром традиционных подходов к их организации и разработкой альтернативной концепции хозяйствования на принципах биологизации и энерго-ресурсосбережения. При этом в условиях нарастающего дефицита ресурсов для эффективного ведения производства необходима принципиально новая технологическая «идеология». Учитывая, что состояние экономики не позволяет рассчитывать на полную государственную поддержку производства при освоении новых энерго-ресурсосберегающих технологий, одним из эффективных вариантов модернизации существующих производств является внедрение адаптивной интенсификации технологических процессов, базирующейся на дифференциальном и комплексном использовании природных и техногенных ресурсов [1, 2].

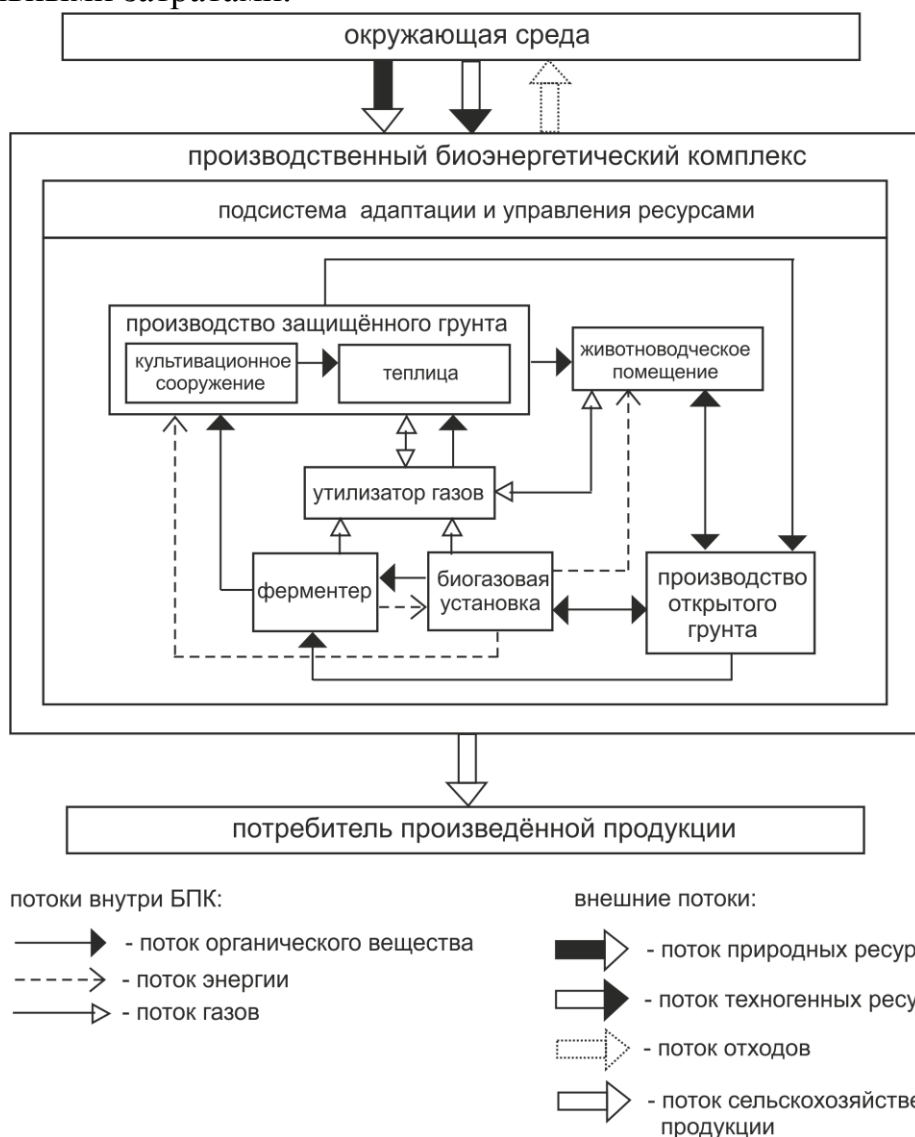
При этом наиболее заманчиво создание на основе биологизации, так называемых замкнутых систем производства, в которых процессы интенсификации не нарушали бы естественного равновесия в агроэкосистемах, а органически были бы вписаны в круговорот вещества, энергии и информации. При таком подходе к организации производства при минимальных затратах техногенной энергии происходит оптимальное использование природных ресурсов, максимальное использование отходов производства (регенерация отходов и превращение их в исходное сырье для следующих ступеней производства). При этом во всех случаях формирования производственных систем в основе должны лежать природно-информационные связи, заложенные самой природой.

При этом необходимо учитывать, что техногенная трансформация природных экосистем не должна нарушать сложившиеся природные потоки вещества и энергии сверх экологически допустимого предела и потенциальную способность агроэкосистем к саморегуляции [2].

В основе энергоресурсосберегающих технологий производства должен лежать принцип оптимального использования природной энергии за счет локального дозированного применения техногенной энергии. При этом выбор конкретной стратегии реализации технологии связан с многовариантностью природно-производственных условий, многофакторностью и интенсивностью их проявления.

Одним из возможных направлений реализации требований адаптивной интенсификации является создание производственных биоэнергетических комплексов (ПБК) [3], представляющих собой сложную производственную систему,

объединяющую структурно-технологические объекты сельскохозяйственного назначения на биоэнергетической основе. В таких комплексах обеспечивается расширение функциональных возможностей каждого из этих объектов и появляется возможность получения экологически чистой продукции с минимальными удельными затратами.



**Рисунок 1. Схема функционирования производственного биоэнергетического комплекса (ПБК)**

На основании анализа результатов производственных исследований и проведенного имитационного моделирования технологических процессов в ПБК (рис. 1), включающего в себя молочно-товарную ферму, биоэнергетическую установку (БЭУ), блок кормопроизводства открытого грунта, сооружения защищённого грунта, установлены перспективы и закономерности дальнейшего развития сельскохозяйственной биоэнергетики в Нижегородском регионе (табл. 1, рис. 2). В качестве входных параметров использовались данные норм технологического проектирования и производственной деятельности сельскохозяйственных предприятий Нижегородской области. Разработана методика определения рационального уровня производственной мощности сельскохозяйственного

предприятия, обеспечивающего экономическую эффективность применения БЭУ.

Так, в условиях Нижегородской области производство биогаза может быть рентабельным на средних и крупных животноводческих комплексах с поголовьем скота более 600 у.г. (табл. 1). При этом, учитывая площади теплиц, снабжаемые энергией от сжигания биогаза, можно получить за годовой период их использования более 35 тонн растительной биомассы, которую могут составлять как товарные овощи, так и зелёные корма для животных.

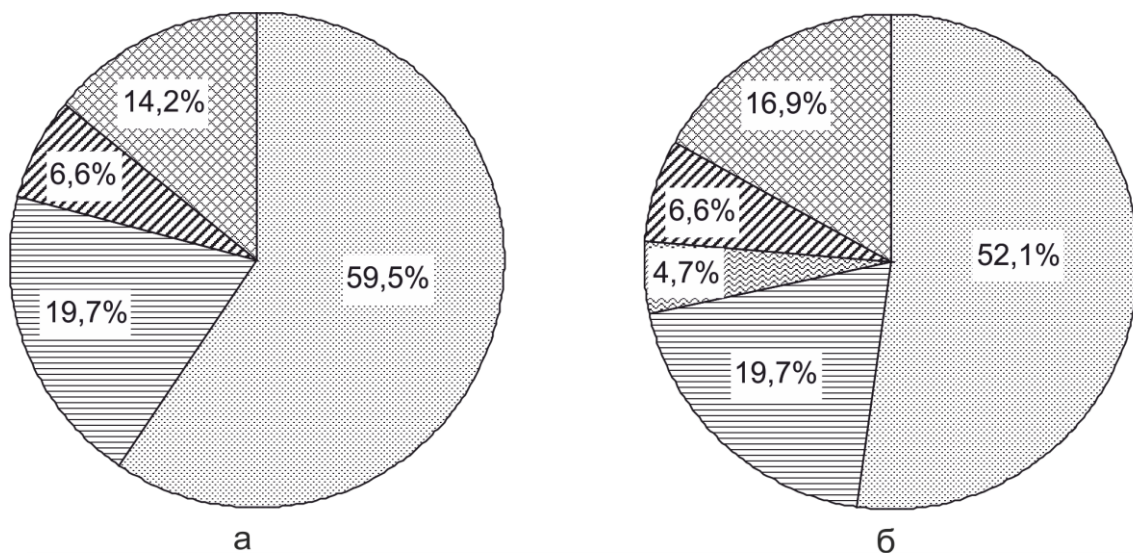
**Таблица 1. Эффективность получения и использования биогаза**

Количество условных голов скота (у.г.)	Себестоимость биогаза, руб./м <sup>3</sup>	Цена на природный газ*, руб./м <sup>3</sup>	Отапливаемая площадь для разных вариантов теплиц	
			Площадь зимней теплицы, м <sup>2</sup>	Площадь весенней теплицы, м <sup>2</sup>
10	11,993	3,753	12	35
20	7,548	3,753	25	72
50	4,938	3,753	63	183
100	4,063	3,753	127	369
200	4,028	3,753	256	745
400	3,795	3,753	516	1500
600	3,718	3,753	777	2258

Примечания: \*оптовая цена на газ ОАО «Газпром межрегионгаз Нижний Новгород» на 01.01.2014;

Использование БЭУ обеспечивает перспективы расширения потенциальных возможностей биоконверсии отходов сельскохозяйственных производств. Как показывают исследования (рис. 2), увеличение эффективности сельскохозяйственного производства достигается при системной трансформации БЭУ в ПБК. Снижается на 7,4% количество энергии биомассы, не задействованной в производстве полезной продукции («не эффективной» энергии), а при переработке отходов безвозвратно теряемой в окружающую среду и на обеспечение условий процессов биоконверсии. За счёт этого увеличивается выход полезной продукции и растёт количество более качественной энергии возвращаемой в открытый грунт.

На диаграммах рисунка 2 за основу (за 100%) принята накопленная в кормах энергия, поступающая из открытого грунта. Таким образом, разработка ключевых этапов создания ПБК обозначила вектор перспективного развития сельскохозяйственных производств, способных обеспечить следующие основные параметры: максимальное использование энергетического потенциала биомассы; экологически обоснованная биоконверсия отходов; повышение энергоэффективности природных и техногенных процессов.



Условные обозначения:

- - «не эффективная» энергия;                      ▨ - продукция животноводства;
- ▩ - продукция защищённого грунта;              ▧ - биогаз
- ▤ - рециркуляция через открытый грунт;

Рисунок 2. Диаграммы распределения энергетических потоков биомассы в различных производственных системах: а – животноводческий комплекс с переработкой отходов в биоэнергетической установке; б – базовый производственный биоэнергетический комплекс.

При этом дальнейшие исследования, направленные на повышение эффективности процессов, в первую очередь связаны с разработкой принципов и методов ресурсосбережения, открывающих новые возможности рационального использования ресурсов производства, значительно снижая техногенную нагрузку на окружающую среду.

#### Список литературы:

1. Жученко А.А. Стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйства.- Пушкино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1994. -128 с.
2. Горбунов Б.И., Филимонов И.В. Совершенствование методов адаптации техногенных процессов к складывающимся природно-производственным условиям агроэкосистем // Приоритетные направления научно-технического обеспечения АПК Северо-Востока: Материалы междунар. науч.-практич. конф. – Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2005 г. - С. 175-184.
3. Патент РФ на изобретение № 2136147. Производственный биоэнергетический комплекс. / Горбунов Б.И., Михалёв Е.В., Краснов А.А., Филимонов И.В. // Бюл. - № 25. - 1999. – 3с.: ил.

*А.А. Давыдов, С.И. Уразов.*

*Челябинская государственная агроинженерная академия. г. Челябинск.*

## **ПОВЫШЕНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ПУТЁМ ОБРАБОТКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПОЛЕМ**

Решающее значение для подъёма всех отраслей сельского хозяйства, роста благосостояния народа имеет прежде всего производство зерна. Для достижения этой цели необходимо максимально использовать все резервы. Главный путь увеличения валовых сборов – повышение урожайности зерновых культур.

Важное значение в комплексе мероприятий, направленных на повышение урожая, имеет подготовка семян к посеву. В связи с этим большой интерес представляет изучение методов предпосевной обработки семян, за счёт которых можно получить дополнительную прибавку урожая.

Предпосевная обработка семян ведет к усилению действия ферментов, к активизации химических реакций клетки, к интенсивному обмену веществ в прорастающем семени, что в дальнейшем приводит к ускорению роста и развития растений и, в конечном итоге, к повышению урожайности сельскохозяйственных культур[1].

Исследования последних лет, проведенные на кафедре применения электрической энергии в сельскохозяйственном производстве ФГБОУ ВПО ЧГАА и в проблемной лаборатории ЭИТ [2], в других вузах и научно-исследовательских организациях, показали, что процессы послеуборочной и предпосевной обработки семян могут с успехом осуществляться методами электронно-ионной технологии, применение которых даёт следующие преимущества перед традиционными методами:

1. Электрическое поле осуществляет разделение семян не по одному свойству, а по совокупности механических и электрических свойств, что приводит к значительному расширению возможностей сепарации.

2. Разделение семян в электрическом поле коронного разряда позволяет осуществить сортирование семян с учётом их посевных и урожайных качеств.

3. Установлено, что даже кратковременное пребывание семян в электрическом поле вызывает активизацию их жизнедеятельности и, в конечном итоге, ведёт к повышению урожайности и белковости семян урожая.

4. Обработка семян в электрическом поле позволяет улучшить и технологические качества зерна: удельную растяжимость клейковины, её водопоглотительную способность, упругость и объёмный выход хлеба.

5. Обработка в электрическом поле позволяет решить некоторые специфические технологические задачи, неосуществимые в случае применения традиционных методов обработки зерна. Оказалось возможным не только очистить семена пшеницы от мешочков твёрдой головни но и снизить их заспоренность. Принципиально доказана возможность разделения семян по влажности[2].

Для различных методов предпосевной обработки семян существует широкий спектр машин, различных по конструкции и принципу действия. Основное отличие метода обработки семян в электрическом поле состоит в том, что одни и те же машины могут быть использованы для предпосевной обработки, очистки и сортировки зерна. Электрозерноочистительные машины отличаются простой конструкции.

В случае действия на частицы двух или нескольких разнородных по характеру сил, направленных так, что их результирующая вызывает движение, частицы с разными свойствами совершают разные траектории и попадают в разные точки пространства, характеризующиеся определёнными координатами. Их поведение в этом случае определяется характером и направлением действующих сил. Только анализ этих сил и делает возможным выявление дееспособности того или иного способа разделения, той или иной конструкции.

Для сепарации материалов можно использовать следующие силы:

- 1.) Силу тяжести  $P$ ;
- 2.) Силу инерции  $N$ ;
- 3.) Силу трения  $F_{тр}$ ;
- 4.) Силу сопротивления среды  $R$ ;
- 5.) Силу магнитного поля  $F_T$ ;
- 6.) Силу электрического поля  $F_3$ .

Мы находимся в поле силы тяжести, а потому комбинации сил, в которых отсутствует сила  $P$ , неосуществимы. Невозможно разделение и под действием одной силы тяжести (и даже двух сил  $P$  и  $N$ ). При этом ограничении число комбинаций из  $n$  сил, т.е. число возможных схем разделения равно [ССЫЛКА]:

$$C = 2^{n-1} - 2 \quad (1)$$

Первые четыре силы в различных комбинациях дают различные варианты механических сепараторов. Комбинация только первых трех сил – класс фрикционных сепараторов, первых двух и силы сопротивления – класс аэродинамических сепараторов, а всех четырех сил – класс пневмофрикционных сепараторов. Добавляя к каждой комбинации механических сил силу электрическую, мы получим схемы электрозерноочистительных машин. С участием механических и электрических сил возможны следующие схемы разделения:

1. Схема  $P - F_3$  – камерные сепараторы;
2. Схема  $P - F_3 - N$  – барабанные сепараторы;
3. Схема  $P - F_{тр} - N$  – электрокоронная горка;
4. Схема  $P - N - F_{тр} - F_3$  – цилиндрическая горка с наложением электрического поля (3-я и 4-я схемы образуют класс электрофрикционных машин.);
5. Схема  $P - R - F_3$  – камерный сепаратор с вертикальным встречным воздушным потоком;
6. Схема  $P - N - R - F_3$  – барабанный сепаратор с воздушным потоком (5-я и 6-я схемы могут быть объединены в класс электроаэродинамических сепараторов) [2].

Технологические процессы всегда сопровождаются большим количеством входных параметров, характеризующих их работу. За счёт изменения этих параметров можно регулировать данную систему. Но зачастую из-за изменения одной величины меняется вся системы в целом, и предсказать её поведение в этом случае порой становится весьма сложно.

В настоящее время развитие компьютерных технологий делает возможным построение моделей различных машин и технологических процессов с заданными свойствами. Следовательно, можно создать математическую модель системы и изменяя параметры следить за её поведением. В этом случае расчёт значительно упрощается, сокращается его время, а также есть возможность визуализации процесса.

Программа Simulink является очень удобным средством для решения подобных задач. Simulink – интерактивная графическая программа, которая позволяет моделировать динамические системы на уровне структурных и функциональных схем. Работая с данной программой можно создавать модели линейных и нелинейных, аналоговых, дискретных и смешанных (аналогово-дискретных) цепей и систем, изменять параметры блоков непосредственно во время процесса моделирования и сразу же наблюдать реакцию моделируемой системы. [4]

Одним из возможных применений программы Simulink для совершенствования процесса зерноочистки является более грамотный и комплексный подход к технологии как очистки, так и обработки семян. Следует отметить, что за последние года электрообработка семян зерновых культур практически не рассматривается, поскольку данная технология является «капризной» и очень требовательной к квалификации персонала. Колебания параметров зерна и воздуха при прочих равных могут приводить к совершенно разным результатам, что недопустимо в производстве.

Перспективным на наш взгляд подходом является изучение процессов, происходящих при электрообработке семян, что в условиях современных технологий моделирования позволит давать более точные результаты расчетных параметров и автоматизировать процесс таким образом, чтобы добиться минимума ручной работы при настройке машины для сепарации и электрообработки зерна.

#### **Список литературы:**

1. Блонская А.П. Влияние предпосевной обработки семян в электростатическом поле коронного разряда на урожайность яровой пшеницы: автореферат дис. канд. тех. наук. 1970. 23 с.
2. Изаков Ф.Я. Теория и вопросы оптимизации процессов обработки семян в электрическом поле коронного разряда: автореферат дис. канд. тех. наук. Москва, 1971. 53 с.
3. Каменир Э.А. Комплексное применение электрических полей в системах подготовки семян: автореферат дис. канд. тех. наук. Челябинск, 1989. 37 с.
4. Шульгин В.И. Основы работы с Simulink MatLab: лабораторный практикум [Электронный ресурс]: Харьков, 2010. 1 дискета.



*О.А. Евсеева, З.Р. Харчев, А.И. Щелоков*

*Самарский государственный технический университет, г. Самара*

## **ПРИМЕНЕНИЕ ГАЗОВЫХ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРОВ ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ И ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ СООРУЖЕНИЙ АПК**

В современных условиях проблема энергетической эффективности и энергосбережения представляется актуальной и носит общенациональный характер. Энергосберегающий путь развития страны требует выдвижения на первый план проблемы выбора наиболее эффективных технологий. Одной из них является применение теплогенераторов на газовом топливе в системах отопления и теплоснабжения зданий и сооружений. Для России проблема теплоснабжения и отопления всегда являлась актуальной. Независимость от котельных и тепловых сетей, экономия топлива, возможность быстрого ввода в работу, незамерзаемость систем с применением газовых теплогенераторов делают их наиболее целесообразными.

Существует два основных типа теплогенераторов газовых: прямого нагрева (или смесительного типа) и косвенного нагрева. Газовые теплогенераторы обладают высоким КПД, особенно смесительного типа (КПД порядка 99,5 %).

В конструкции агрегата смесительного типа отсутствует теплообменник, что повышает его эффективность, поскольку исключаются промежуточные процессы теплообмена. В отличие от агрегатов косвенного нагрева также не требуется устройство дымохода и системы утилизации и нейтрализации конденсата.

В целом, наибольший эффект от применения теплогенераторов газовых смесительных достигается в лучистом и газоздушном отоплении, а также в гибридных системах.

Был разработан ряд схем лучистого газоздушного отопления для применения в помещениях складов, амбаров, стоянок и других, подобных им. В большинстве своем схемы представляют гибридные варианты, совмещающие в себе лучистое и воздушное отопление, одна из них представлена в авторском свидетельстве [2]. В данной схеме часть газоздушной смеси поступает от теплогенератора по системе воздухопроводов, проложенных вдоль стен, в помещение, а часть подается в подпольные каналы и нагревает внутреннюю поверхность пола. Из подпольных каналов остывшая газоздушная смесь поступает на рециркуляцию к теплогенератору.

В картофеле- и овощехранилищах, где особенно важно создание микроклимата, позволяющего дольше сохранять овощи свежими эффективно совмещение системы отопления с «активной» вентиляцией, которая предназначена для просушки и интенсификации заживления повреждений овощей, а также регулирования тепло-влажностного режима. Схема системы представлена в [5, с. 340, 347-348]. В качестве теплогенератора в данной схеме возможно применение газового

воздухонагревателя смесительного типа. Магистральный канал-воздуховод прокладывают под рабочим проходом в полу. От магистрали к местам складирования отходят ответвления с регулирующими клапанами. Газовоздушная смесь поступает в массив овощей либо через напольный воздухораспределитель, либо через решетчатый пол. Часть отработанной смеси возвращается по рециркуляционному воздуховоду, расположенному в верхней части хранилища к теплогенератору.

Недостатком упомянутых выше схем, ограничивающим область их применения, является то, что при проектировании необходимо делать поверочный расчет концентрации вредных веществ в помещениях здания, обслуживаемых системой такого типа, при наличии рабочих мест. Тем не менее, данная схема экономически выгодна, поскольку совмещает в себе отопление и вентиляцию.

В статье [3] рассмотрена схема системы лучистого воздушного отопления, исключаящая контакт внутреннего воздуха помещений с нагретой газовоздушной смесью. Ее принцип действия состоит в том, что высокотемпературные продукты сгорания циркулируют по теплоизлучающим трубам, размещенным в верхней зоне помещения. Трубы передают 60-65% теплоты излучением в рабочую зону помещения, обогревая людей, нагревая пол и оборудование, остальные 35-40% теплоты компенсируют теплопотери кровли и верхнего пояса стен. Остывшие продукты сгорания отводятся в атмосферу и на их место непрерывно в систему поступают газ и воздух, необходимые для его сжигания. Доля отводимого в атмосферу с продуктами сгорания теплоты составляет 5-7% общего количества теплоты, полученной при сжигании газа.

За счет исключения прямого контакта и смешения нагретой газовоздушной смеси с внутренним воздухом становится возможным использование схем воздушно-лучистого отопления с теплогенераторами газовыми смесительного типа в гражданском строительстве, например, для обогрева общественных, административных зданий. Такая схема применима и к животноводческим сооружениям.

Как говорилось ранее, микроклимат является важным аспектом, который необходимо учитывать при проектировании помещений овощехранилищ, сооружений для обработки сельскохозяйственной продукции и т.д., так и для сооружений животноводческой отрасли. Одними из главных проблем животноводства, которые не теряют актуальности, являются: повышение продуктивности и снижение себестоимости продукции, а одним из важнейших факторов, влияющих на продуктивность, выступает именно микроклимат.

Уровень влияния микроклимата оценивается: для крупного рогатого скота в 15-30%, свиней – до 50 %, [4]. Одним из немаловажных факторов, определяющих микроклимат, является система отопления. Оптимальная температура внутреннего воздуха в помещениях содержания составляет: для молочных коров 6-20 °С, для свиней 12-16 °С, для птиц 14-18 °С, для овец 8-15 °С. Поддержание таких оптимальных условий в холодный период года приводит к большим энергозатратам.

В животноводческих помещениях огромную роль в создании микроклимата в холодный период года играет пол, поскольку свиньи в течение суток лежат 70-90 % времени, коровы – до 50 %. Наибольший эффект от обогреваемого пола может быть получен при выращивании поросят и цыплят. Поскольку, при применении технологии теплого пола падеж поросят уменьшается на 20 %, а их среднесуточный привес увеличивается на 17,8 %. В связи с этим, для помещений содержания поголовья подойдет схема, представленная в [1]. Данный вариант системы имеет ряд преимуществ. При такой схеме не занемается полезная площадь помещения и обеспечивается экономия тепловой энергии до 10 %, капитальных затрат на 15 % и 10 кратное уменьшение металлоемкости. Нагрев внутреннего воздуха здания происходит за счет теплоотдачи обращенных в помещение поверхностей (потолка и пола) многопустотных плит перекрытия, через пустоты которых пропускается горячий воздух температурой порядка 40-45 °С. Системы воздушно-лучистого отопления такого типа, кроме прочего, дадут более равномерное распределение температур в отапливаемом объеме. Ограничивает область применения таких систем необходимость наличия в конструкции перекрытия многопустотных плит. К сожалению, для данной схемы также характерны повышенные требования к прочности железобетонных конструкций.

Несмотря на недостатки данной схемы, она позволяет более рационально, по сравнению с традиционными, выстраивать архитектуру административных зданий, которые являются неотъемлемой частью производства, что является большим преимуществом. Воздушно-лучистое отопление, в частности с применением пустотных железобетонных плит, отличается большой мобильностью, позволяющей адаптировать систему в соответствии с конфигурацией и компоновкой помещений здания, что в настоящее время очень важно, в связи с тенденцией строительства офисов со свободной планировкой рабочего пространства.

Теплогенераторы газовые смесительные являются экономичным решением для систем отопления и вентиляции зданий и сооружений агропромышленного комплекса, включая производственные здания, хранилища, а также здания административного назначения.

#### **Список литературы:**

1. А.с. 1449777, F 24 D 5/04. Система лучистого отопления здания / Л.П. Ананикян, С.М. Шилкопер, И.Ф. Гимель (СССР). - №4248808/29-06; заявлено 22.05.87; опубл. 07.01.89, Бюл. № 1;
2. А.с. 1467328, МКИ4 F 24 D 5/02. Устройство для воздушного отопления и вентиляции помещения / З.П. Цаер, Л.В. Иванихина, А.Л. Наумов, Ю.Ф. Кольчугин, А.Б. Беляев, В.И. Андрущенко (СССР). - № 4237542/29-06; заявлено 04.05.87; опубл. 23.03.89, Бюл. № 11;
3. Касумов А. Х. Лучистое отопление автономными газовыми теплогенераторами/ О.П. Булычева, А.Х. Касумов, А.Л. Наумов// Водоснабжение и санитарная техника. - 1989.- №10. – С.12-14.
4. Плященко С.И., Хохлова И.И. Микроклимат и продуктивность животных. – Л.: Колос, 1976
5. Сельскохозяйственные здания и сооружения : учебник для вузов / Д.Н. Топчий [и др.] –4-е изд., перераб. и доп.–М.: Агропромиздат, 1985. – 480 с.

**А.С. Егуазарян**

Самарский государственный технический университет, г. Самара

## СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

В настоящее время изменились приоритетные направления развития общества и, следовательно, энергетики, что создало ряд проблем, связанных с несоответствием прежнего экономического механизма новым целям. Прежде всего.

энергосбережение обеспечивает самые благоприятные условия для развития инициативы как сверху, так и снизу. Имеет место уникальный для России случай, когда совпадают интересы отдельных граждан и государства. Таким образом, реализация программы энергосбережения может стать переломным моментом в остановке процесса спада производства и способствовать стабилизации и постепенному выводу экономики России из кризисного состояния. Глобальное значение программы развития энергетики для жизнедеятельности государства подчёркивает высказывание весьма объективного и компетентного специалиста в этой области – бывшего заместителя директора NASA Р. Сименса-мл.: **« В сравнении с усилиями, необходимыми для планирования, финансирования и управления распределения энергии, усилия, предпринятые в рамках проекта Apollo, просто ничтожны - они меньше на несколько порядков».**

Все страны с возродившейся после второй мировой войны экономикой прошли через политику энергосбережения, перестроили экономику на рельсы энергосбережения, достигли высокой технологической эффективности благодаря энергосбережению.

Энергосбережение – первый этап структурной перестройки экономики. Его основной тезис: «энергосбережение – это образ жизни». В настоящее время для нашей страны без всякого преувеличения энергосбережение является самым дешёвым источником энергии. Выбраться из экономического кризиса России поможет не погоня за дотациями, налоговыми льготами, инвестициями, а черновая комплексная систематическая работа по внедрению энергетического менеджмента, который заключается в мобилизации всех имеющихся ресурсов на улучшение использования энергии. Здесь сразу надо отметить, что хотя понятие «энергосбережение» является общепринятым, более технически чётким является понятие «энергоэффективность», которое характеризуется энергетической интенсивностью (I), равной

$$I = E/Y, \quad (1)$$

где: E – энергопотребление; Y – общая сумма товаров и услуг.

В этом случае нам не грозит абсурд в погоне за энергосбережением, как, например, вырубка виноградников при борьбе за трезвость.

В настоящее время разработано достаточно много различных энергосберегающих программ и мероприятий, которые условно могут быть разбиты на кратко-, средне- и долгосрочные. Из числа не требующих крупных капитальных

вложений краткосрочных мероприятий наиболее эффективными, особенно в расчёте на долгую перспективу, являются образование и подготовка кадров, а также информационное обеспечение и пропаганда энергосбережения.

Информационно-пропагандистские мероприятия должны не только убеждать потребителей энергетических ресурсов в полезности энергосберегающих программ для государства и общества, но и в конкретной выгоде того или иного мероприятия лично для каждого из них. В своё время такие информационные программы позволяли США экономить электроэнергию на 200 миллионов долларов в год. Соответственно меньше платили за энергию и потребители.

Здравый смысл подсказывает, что любая модернизация должна начинаться с наведения чистоты и порядка во всех сферах нашей деятельности и быта. Это и является первым шагом для перехода России в ряд цивилизованных стран с экологически щадящей экономикой. Это не требует иностранных инвестиций, инноваций и новейших технологий, достаточно просто подключения здравого смысла. Ведь уже установлено, что только решение вопросов чистоты и порядка на предприятии даёт гарантированный 30% уровень экономии энергоресурсов (за счёт снижения затрат на освещение, снижения пароводяных потерь, уменьшения брака).

**Г.П. Ерошенко, С.М. Бакиров, Ш.З. Зиниев,**

*Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, г. Саратов*

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ПОЛЯРНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ В СХЕМАХ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ**

*Аннотация: В данной статье подтверждается теоретическое положение, а именно, обоснование и проверка компенсации реактивной мощности полярными электролитическими конденсаторами, подключенными с полупроводниковыми диодами, в цепи переменного тока..*

*Ключевые слова: экономия, электроэнергия, асинхронный двигатель, реактивная мощность, конденсатор.*

Развитие электрической техники привело к созданию новых полярных конденсаторов типа В43858 . Они имеют хорошие энергетические и технико-экономические показатели. Например, по сравнению с бумажными конденсаторами, их габариты в 10 – 100 раз меньше. Однако они предназначены для работы в цепях постоянного или однополярного пульсирующего тока. В последнее время появились схемы работы полярных конденсаторов в цепях переменного тока, что открывает возможность их применения для компенсации реактивной энергии, но практические результаты такого применения отсутствуют.

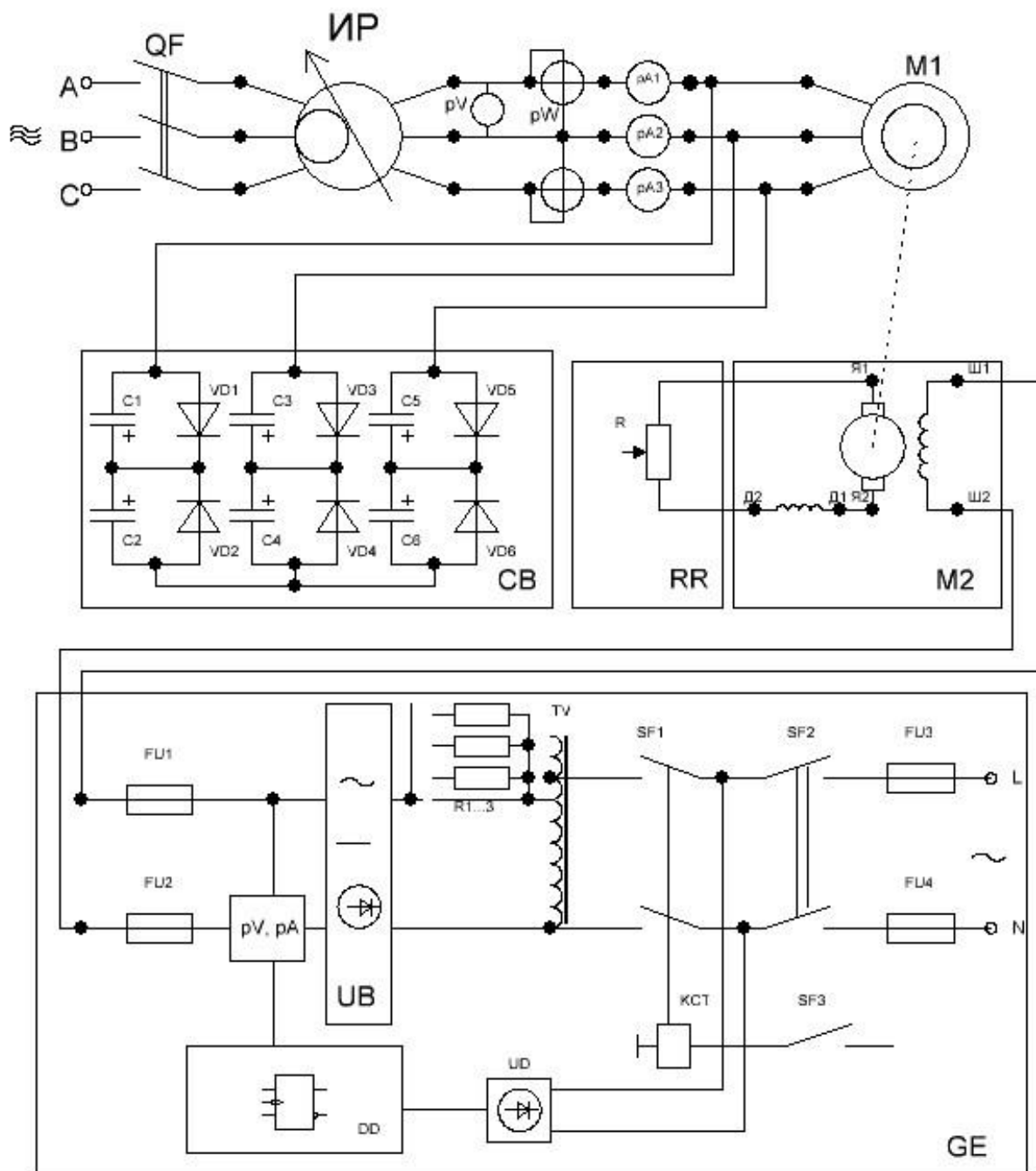
Экспериментальная установка предназначена для проверки функционирования полярных конденсаторов в целях повышения  $\cos\varphi$ . Она позволяет проверить возможность функционирования в этих целях и оценить количественные показатели реального повышения  $\cos\varphi$ .

Установка позволяет во-первых проверить работоспособность и основные параметры компенсации реактивной мощности в однофазной сети , а во-вторых, оценить работу совместно с трехфазным асинхронным двигателем.

Электрическая схема установки показана на рис.1

В таблице 1.приведены параметры используемого оборудования

Установка позволяет, как отмечалось, решить ряд общих, а также большое число конкретных задач. Возможность плавного регулирования входного напряжения в широком диапазоне позволяет оценить чувствительность конденсаторов при разных уровнях напряжения и результаты повышения  $\cos\varphi$ . Использование в стенде осциллографа позволяет определить сдвиг фаз напряжения и ток, а также изучить их форму кривой.



**Рисунок 1. Электрическая схема экспериментальной установки.**

Плавное и широкое изменение нагрузки электродвигателя при разных напряжениях открывает возможность изучить поведение полярных конденсаторов в большом диапазоне эксплуатационных факторов и сделать заключение об их работоспособности и эффективности.

**Таблица 1.-Оборудование экспериментальной установки**

Обозн. На сх.	Наименование оборудования	Маркировка	Примечание
1	2	3	4
A, B, C	Трёхфазная переменная сеть	-	-
QF	Автоматический выключатель	АП50-3P-25	-

Обозн. На сх.	Наименование оборудования	Маркировка	Примечание
1	2	3	4
IP	Индукционный регулятор	MT-11-6 380/220 7,2/12,4	
1	2	3	4
pA	Амперметр	Э377 0...2А, кл. 1,5	
pV	Вольтметр	Э377 0...500 В, кл. 1,5	
1	2	3	4
pW	Ваттметр	Ц42303 380 В, 5А	
M1	Асинхронный электродвигатель	АО2-32-6, 220/380 В, 9,3/5,4 А, 2,2 кВт, 950 об./мин., 50 Гц, КПД 81%, cos φ 0,77; S1	
CB	Батарея конденсаторов – устройство компенсации РМ	6 шт. В43858	
RR	Водяной нагрузочный реостат	ВР 900х700х300	Раствор воды с солью
M2	Двигатель постоянного тока, включенный в режиме генератора	П-22, 220 В, 5,9 А, 1,0 кВт, 1500 об./мин., S1, КПД 76%, смеш.возб.	Я1, Я2, Д1, Д2, Ш1, Ш2 – выводы якорной, дополнительной и шунтовой обмоток
GE	Возбудитель генератора	Нептун-2	-
FU1, FU2, FU3, FU4	Плавкий предохранитель	ПН-10	Нептун-2
pV, pA	Блок контролируемых параметров напряжения и тока	-	Нептун-2
UB	Переключатель режима работы канала напряжения	-	Нептун-2
R1...3	Магазин сопротивлений	-	Нептун-2
TV	Латр	-	Нептун-2
SF1, SF2, SF3	Выключатель автоматический вторичных цепей	-	Нептун-2
KCT	Реле отключения питания	-	Нептун-2
DD	Микропроцессорный контроллер	-	Нептун-2
UD	Блок питания	-	Нептун-2

#### Список литературы:

1. Кобозев В.А. Энергосбережение в силовом электрооборудовании сельскохозяйственного производства. – Ставрополь – «АГРУС» - 2004 – С. 245-248.
2. Юндин М.А., Нехаев С.В. Особенности протекания небалансированных токов в сети напряжением 0,38 кВ // Техника в сельском хозяйстве. 2008. № 5. С. 17-19.
3. Ратутько С.А. Труды международной научно-технической конференции «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве». Т.1. С. 64-70. 2012



**А.Д.Епифанов**

*Иркутский государственный аграрный университет имени А.А.Ежевского*

## **ПРОИЗВОДСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ ИЗ ОТХОДОВ КЕДРОВЫХ ШИШЕК**

Анализируются вопросы переработки отходов кедровых шишек с применением электроинфракрасного облучения в кормовую добавку для сельскохозяйственных животных и пушных зверей. Приводятся результаты анализов на содержание микроэлементов и питательных веществ и рекомендации по терморadiационным характеристикам сырья и инфракрасных облучателей. Рассматриваются вопросы получения и применения фитонцидов, получаемых в процессе сушки отходов кедровых шишек.

*Ключевые слова:* отходы кедровых шишек, кедровая мука, хвойная мука, электро-инфракрасный нагрев, микроэлементы, питательные вещества.

Отечественный и зарубежный опыт свидетельствует о том, что наряду с традиционными кормовыми и витаминными добавками в рационе кормления сельскохозяйственных животных широко применяются кормовые добавки, производимые из различных продуктов растительного происхождения, содержащие различные микроэлементы и питательные вещества. К такой кормовой и витаминной добавке можно отнести «муку кедровую», получаемую из отходов кедровых шишек.

В Иркутской области кедровые леса занимают более 50% от всей площади лесов. После добычи кедровых шишек и извлечения из них орешек остаются десятки тысяч тонн отходов от этих шишек (чешуйки и стержни кедровых шишек – на одну тонну добытых орешек остаётся две тонны отходов). Эти отходы остаются перегнивать в тайге или на перерабатывающих пунктах коопзверопромхозов. Кедровые орешки благодаря, наличию в них большого количества питательных веществ и витаминов прочно вошли в рацион населения и используются в пищевой промышленности. Отходы кедровых шишек в начале прошлого века использовались в качестве дубильных и красящих веществ, но с развитием химической промышленности их перестали использовать.

Проведённые анализы (таблица 1) показали, что этих отходах, как и в кедровых орешках, находится много микроэлементов, полезных для животных. Результаты анализов определения питательности кедровой муки показали, что в кедровой муке, полученной из отходов кедровых шишек, отсутствуют нитраты и находятся питательные вещества, имеющие кормовую ценность: протеин, клетчатка, сахар, каротин, кальций.

Экспериментальные исследования по применению кедровой муки в рационе кормления сельскохозяйственных животных, кур-несушек и пушных зверей (норок) показали высокую эффективность. У молодняка к.р.с. контрольной

группы отмечены хорошая поедаемость корма и отсутствие диареи. У кур-несушек в результате добавки кедровой муки в корм отмечено укрепление скорлупы яиц, у норок – улучшение качества меха и более интенсивный рост зверька (увеличение размеров шкуры).

В рационе кормления сельскохозяйственных животных прочное место занимает кормовая добавка, производимая из веток деревьев хвойных пород – хвойная мука. Сравнение хвойной и кедровой муки (таблица 2) по содержанию микроэлементов и питательных веществ показало ряд достоинств муки, получаемой из отходов кедровых шишек.

При сушке отходов кедровых шишек для их переработке в муку применялась установка с инфракрасными излучателями, работающими в энергосберегающем режиме сушки применительно для данного сырья. При выборе режима сушки, предпочтение отдано частотно-прерывному режиму (таблица 3). Данный режим работы ИК-облучателей так же позволяет максимально сохранить питательные вещества.

**Таблица 1- Результаты полуколичественного атомно-эмиссионного определения микроэлементов кедровой муки.**

Элемент	Содержание, мг/г	Элемент	Содержание, мг/г
Si	21	Li	0.003
Al	4.1	Ni	0.015 0.0006 0.004
Mg Ca	7	Co	0.008 0.0007 0.0003
Fe Na	5.8	V	0.00025 0.00045 0.001
K	4.2	Cr Mo Sn	0.00012 0.0005 0.025
P	1.6	Be Sc	0.02
B	104	Ga	0.0025
Mn Ti	8	Ag Cd As	
Zn	0.12 0.35	Zr	
Pb	0.4	Y	
Cu	0.37 0.035 0.05 0.05		
Ba	0.02		
Sr			

Не обнаружены следующие элементы (мг/г): Sb<0.003; Bi<0.0002; Ge<0.0002; La<0.002; Nb<0.001; Yb<0.0025.

Нестабильность урожаев, технические проблемы с организацией быстрого вывоза отходов кедровых шишек из тайги поставили задачу исследования терморadiационных характеристик отходов кедровых шишек урожаев предыдущих лет, остающихся в тайге. Известно, что многие дикорастущие растения повышают свою биологическую ценность, оставаясь не переработанными в природных условиях год и более.

**Таблица 2 - Результаты сравнительного анализа микро и макро элементов хвойной и кедровой муки**

Микро и макро элементы	Допустимые уровни, мг/г	Хвойная мука, мг/г	Кедровая мука, мг/г
Нитраты NO <sub>3</sub> (мг/кг)	1000	150	0,0
Нитриты NO <sub>2</sub> (мг/кг)	10	2	0,0
Тяжёлые соли:			
- Меди -----	100	7,9	0,5
- Ртуты -----	0,1	нет данных	0,0
- Цинка -----	1,2	0,262	0,37
- Свинца -----	10	1,25	0,035
- Кадмия -----	1,0	нет данных	0,0005
- Мышьяка -----	1,0	0,03	0,0
Афлатоксин -----	0,005	нет данных	не обнаружен
2,4Д -----	не допуск.	нет данных	не обнаружен
Селен -----	До 0,5	0,2	не обнаружен
Стронций -----	До 0,1	нет данных	0,02
Фтор -----	0,02	нет данных	не обнаружен
Молибден -----	0,01	0,009	0,0007
Влажность -----	не более 8,0		
Температура сушки С <sup>0</sup>		80-90	60-90
Кальций -----	Не ограничено	4,6	6,0
Фосфор -----		1,4	8,0
Магний -----		1,0	7,0
Калий -----		3,3	104
Натрий -----		0,2	1,6
Сера -----		0,8	не обнаружена
Железо -----		12,6	4,2
Йод -----		0,11	0,025
Сахар (г/кг) -----		16	32
Сырая клетчатка –(г/кг)		70,6	30
Каротин ----- (г/кг)		50	22

Исследования показали, что применение инфракрасных нагревателей при сушке отходов кедровых шишек позволяет максимально сохранять в переработанном сырье питательные вещества и микроэлементы. Результаты анализов кедровой муки, полученной из отходов кедровых шишек в 2002 году и проверенной в 2013 году, показали хорошую сохранность питательных веществ и микроэлементов. Это позволяет сделать вывод, что в результате обработки сырья ИК-облучением, полученный продукт хорошо сохраняется в течение длительного хранения. В отношении хвойной муки таких данных нет.

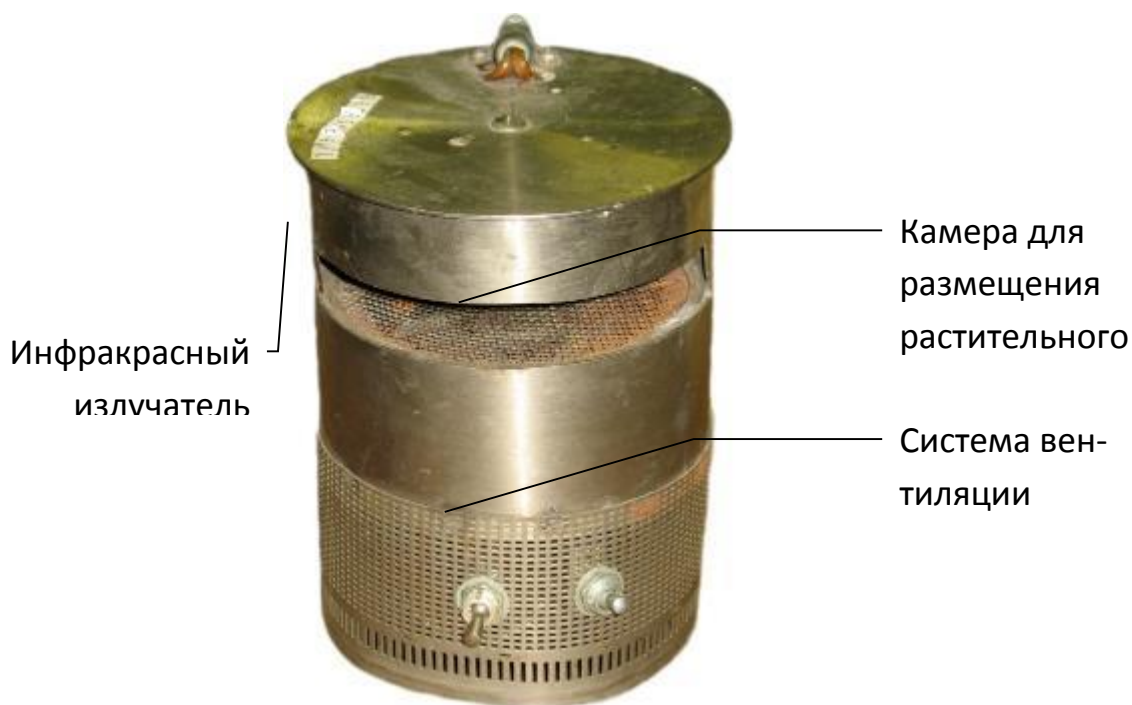
Следовательно, можно сделать вывод, что при сушке отходов кедровых шишек урожаяев разных лет при переработке их в кедровую муку, энергосберегающий режим сушки будет получен при использовании длинно-волновых инфракрасных излучателей, причём спектр излучения смещается в сторону увеличения длины волны.

**Таблица 3 - Удельный расход электрической энергии на 1 кг. испаренной влаги при сушке отходов кедровых шишек различными методами управления ИК облучателями**

Метод ИК обучения	W до сушки, %	W после сушки, %	Удельный расход эл.энергии, кВт*час/кг	Содержание каротина мг/г
1. Прерывное ИК облучение с постоянным уровнем энергии (прерывное облучение). Время цикла =const	26	5,3	1,2	16
2. Прерывное ИК облучение с убывающим уровнем энергии (широотно-прерывное облучение). Время цикла =const	26	5,0	1,1	16
3. Прерывное ИК облучение с возраст-тающим уровнем энергии (широотно-прерывное облучение). Время цикла =const	26	4,8	1,4	14
4. Прерывное ИК облучение с постоянным уровнем энергии (частотно-прерывное облучение). Время цикла # const	26	5,0	0,85	21
5. Исходное сырьё	26	-	-	22

В процессе сушки отходов кедровых шишек было выявлено: по своей структуре отходы кедровых шишек относятся к коллоидно-пористым веществам. Кроме свободной и связанной влаги в этих отходах, как и в самих кедровых орешках, содержатся различные смолы и эфирные вещества. Давно известно и доказано с медицинской точки зрения благотворное воздействие на организм человека фитонцидов лесов хвойных пород. В естественных условиях лиственные и особенно хвойные деревья выделяют фитонциды. Один гектар соснового бора выделяет в атмосферу около 5 кг. летучих фитонцидов, снижая количество микрофлоры в воздухе. Поэтому в хвойных лесах (особенно в кедровниках) независимо от географической широты и близости населённых пунктов воздух практически стерилен (содержит всего около 100-300 бактериальных клеток на 1м<sup>3</sup> воздуха), что представляет интерес для гигиенистов, курортологов, специалистов по охране здоровья. Учёные Института леса и древесины Сибирского отделения АН СССР изучали фитонцидные свойства различных типов лесов сибирской тайги. В годовом ходе максимум суммарного и прямого солнечного излучения в большей части Иркутской области колеблется в летний период от 0,5 до 0,8 кВт/м<sup>2</sup>. При этом наиболее высокие показатели по интенсивности излучения наблюдаются в высокогорных районах Восточного Саяна и на побережье озера Байкал. Именно в этих зонах воздух обладает наиболее целебными качествами. В настоящее время проводятся исследования по созданию технологии и техники заготовки фитонцидов, полученных в естественных условиях. Работы эти находятся в начальной стадии.

Освоение искусственных технологий получения фитонцидов из отходов переработки древесины и кедрового промысла при помощи управляемого электромагнитного излучения инфракрасного диапазона были начаты в 60-е годы прошлого века. С экологических позиций надо было изыскать такие принципы, методы и средства для выбора сырья растительного происхождения, выделения из него фитонцидов, которые могли бы имитировать процесс выделения фитонцидов в естественных условиях. А как известно, в естественной солнечной радиации 90 % занимает электромагнитное излучение инфракрасного диапазона. Этим и был в основном обусловлен выбор искусственного источника электромагнитного излучения. При сушке отходов кедровых шишек и орешек с применением искусственной конвекции выделяется и выбрасывается вместе с воздухом большое количество фитонцидов аналогичных естественному запаху кедровой тайги. Проведённые исследования на энергетическом факультете по отбору фитонцидов из отводимого из сушильной камеры воздуха при сушке кедровых отходов дают возможность для применения этих фитонцидов. На рисунке 1 приведён прибор



**Рисунок 1. Прибор ИК-АЭРОФИТ**

ИК-АЭРОФИТ, изготовленный нами в лабораторных условиях. Прибор состоит из трёх основных узлов. Инфракрасного (ИК) излучателя, камеры для размещения растительного материала и системы вентиляции. Этот прибор позволяет имитировать природный фитоорганический фон леса. В зависимости от исходного растительного материала, помещённого в камеру ИК-АЭРОФИТа можно имитировать природный фитоорганический фон кедрового бора (используя отходы кедрового промысла), соснового бора, пихтового бора, елового бора, смешанного леса и другой природный фон.

Обобщая выше сказанное можно сделать следующие выводы:

1. Переработка *отходов* кедровых шишек в кедровую муку позволит получить дешёвую кормовую и витаминную добавку;

2. Анализ методов нагрева применительно к обработке дикорастущего и культивируемого сырья показал преимущества ИК- нагрева;

3. При сушке отходов кедровых шишек целесообразно применять энергоэкономичный частотно-прерывный способ управления ИК облучением с использованием средне и длинноволновых излучателей.

4. В процессе сушки отходов кедровых шишек можно получать целебные фитонциды.

5. Наличие в кедровой муке микроэлементов, полезных для растений, позволяет применять её в качестве минерального удобрения в овощеводстве защищённого грунта.

#### Список литературы:

1. Карпов В.Н., Худоногов А.М. Электротехнология дикорастущих./Пути повышения эффективности использования электрической энергии в сельскохозяйственном производстве Восточной Сибири/ В.Н.Карпов, А.М.Худоногов.- Иркутск, 1992г.

2. Ретях С.М., Лезин Э.Д. Кормовые добавки из древесной зелени / С.М.Ретях, Э.Д.Лезин// Лесная промышленность.-1988.-96с.

3. Сергеев М.П. Производство витаминной муки / М.П.Сергеев// Лесная промышленность.-1983.-40с.

*А.А.Жусупова, А.И.Кирюшатов*

*Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И.Вавилова, г. Саратов*

## **ИНТЕНСИВНОСТЬ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ, В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФОРМЫ И СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТИ**

Статья посвящается рассмотрению явлений теплопередачи через плоскую однослойную и цилиндрическую однослойную стенку.

Процесс передачи теплоты от горячего теплоносителя к холодному через стенку, которая их разделяет, называется теплопередачей. Основу рабочих процессов теплообменных аппаратов составляет явление теплопередачи. Тепловой поток передается в теплотехнике через разные виды стенок и именно от формы стенки, которые разделяют теплоносители, зависят расчетные уравнения.

Теплоносители не должны смешиваться, и именно стенка должна быть абсолютно герметичной, потому что у теплоносителей может быть разное давление.

При этом процесс теплопередачи делится на три элементарных процесса. Сначала тепловой поток от горячего теплоносителя за счет теплоотдачи приходит и усваивается той твердой теплообменной поверхностью, которую он омывает, затем этот тепловой поток проходит сквозь стенку от ее границы, омываемой горячим потоком, к границе, омываемой холодным теплоносителем. И если первый процесс — теплоотдача — зависит от формы поверхности, от условий омывания её теплоносителем, от теплофизических свойств теплоносителя, то второй элементарный процесс – теплопроводность - зависит только от теплопроводности материала стенки и от толщины этой стенки. Ну, и, конечно, оба процесса зависят от разности температур. Но в первом случае — это разность температур между жидкостью и стенкой, а во втором — разность между температурами поверхностей стенки. А когда тепловой поток прошёл сквозь стенку и пришел к поверхности, омываемой холодным теплоносителем, опять начинается процесс теплоотдачи — теплового взаимодействия твердой стенки и теплоносителя. Но здесь, в отличие от первого процесса, тепловой поток идет не от жидкости к стенке, а от стенки к жидкости.

Общий тепловой поток при теплопередаче можно рассчитать как

$$Q = KF(t_{ж1} - t_{ж2}), \quad (1)$$

где  $K$  — коэффициент теплопередачи, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$F$  — площадь теплообменной поверхности, м<sup>2</sup>;

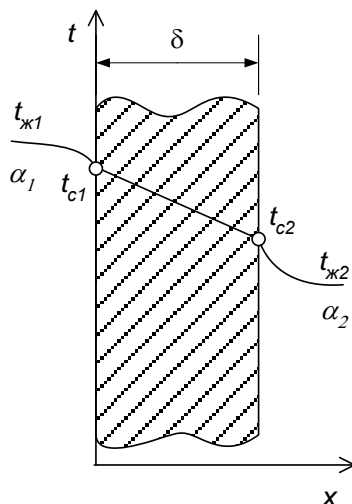
$t_{ж1}, t_{ж2}$  — средние температуры теплоносителей, °С.

Формула для определения коэффициента теплопередачи через плоскую однослойную стенку:

$$K = 1 / (1/a_1 + \delta/\lambda + 1/a_2), \quad (2)$$

где  $\delta$ ст – толщина стенки, м;  $\lambda$ ст – коэффициент теплопроводности материала стенки, Вт/(м·К);  $a_1$  и  $a_2$  - коэффициенты теплоотдачи, соответственно, от

горячего теплоносителя к разделяющей стенке и от стенки к холодному теплоносителю, Вт/(м<sup>2</sup>·К);



**Рисунок 1 Теплопередача через однородную плоскую стенку.**

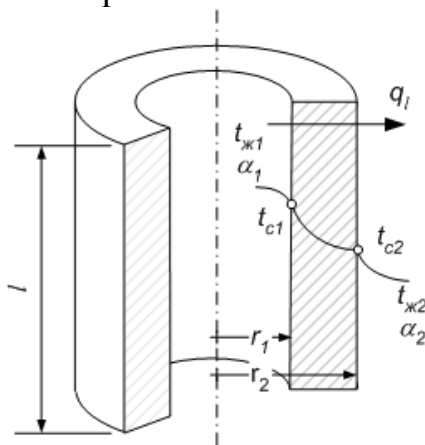
Величина  $K$  называется коэффициентом теплопередачи, который выражает количество теплоты, проходящее через единицу поверхности стенки в единицу времени при разности температур между горячей холодной и горячей жидкостью, равной 1К (размерность Вт/(м<sup>2</sup>·К)).

Формула для определения коэффициента теплопередачи через цилиндрическую однослойную стенку:

$$K_{ц} = 1 / (1/\alpha_1 d_1 + 1/2\lambda \ln d_2/d_1 + 1/\alpha_2 d_2), \quad (3)$$

где:  $1/(\alpha_1 d_1)$ ,  $1/(\alpha_2 d_2)$  – термические сопротивления теплоотдачи поверхностей стенки;

$1/(2 \lambda \ln(d_2/d_1))$  - термическое сопротивление стенки.



**Рисунок 2. Теплопередача через однородную цилиндрическую стенку.**

При теплопередаче через цилиндрическую стенку также следует, что перепады температур на участках теплообмена прямо пропорциональны линейным термическим сопротивлениям этих участков.

Таким образом, можно сделать вывод, что даже для однослойной плоской стенки величина коэффициента теплопередачи является очень сложной функцией, для расчета которой необходимо знать теплопроводность стенки и ее толщину, также еще необходимым является расчет теплоотдачи с обеих сторон.



### Список литературы:

1. Бакластов, А.М. Промышленные тепломассообменные процессы и установки. /А.М.Бакластов, В.А.Горбенко, О.Л.Данилов и др.-М: энергоатомиздат. 1986.-328с.
  2. Кирюшатов, А.И. Теплообменное оборудование, часть 1.Теплообмен /А.И.Кирюшатов, Н.Н.Морозова. – Саратов: ФГОУ ВПО Саратовский ГАУ, 2005.-144с.
  3. Калмаков А.А., Кувшинов Ю.Я., Романова С.С., Щелкунов С.А. Автоматика и автоматизация систем теплогазоснабжения и вентиляции. –М.:Стройиздат, 1986. – 479с.
  4. Крутов В.И. Основы научных исследований: Учеб. для техн. вузов (текст) / Крутов В.И., Грушко И.М., Попов В.В. и др. – М.: Высшая школа, 1989
- Чистяков В.С. Краткий справочник по теплотехническим измерениям: справочник (текст) / Чистяков В.С. – МУДК 621.313.3

**А.А.Жусупова, А.И.Кирюшатов**

*Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И.Вавилова, г. Саратов*

## **ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ В ЗЕРНИСТОМ СЛОЕ**

Целью статьи является выявление различных свойств зернистого слоя в технологических процессах.

Теплопроводность в зернистом слое с движущейся газовой жидкой фазой. Для значительной части технологических процессов в стационарном зернистом слое, протекающих с движением через этот слой газа или жидкости, характерно непостоянство температур в объеме слоя, как в пространстве, так и во времени.

Поток, проходящий через слой, охлаждается или нагревается через стенки аппарата, при этом в объеме слоя может идти выделение либо поглощение теплоты - стационарные во времени при проведении реакций, в которых зернистый слой имеет функции катализатора или инертной насадки.

В значительной части технологических процессов поток газа или жидкости, проходящий через зернистый слой, охлаждается или нагревается через стенки аппарата: адсорбция, десорбция, сушка и др.

Стационарный слой катализатора или сорбента, кусковой или зернистой насадки, засыпанный в промышленный аппарат, представляет собой систему с весьма сложными и многообразными геометрическими характеристиками. Полное их описание предполагает: задание формы элементов и их общего числа  $N$  в единице объёма; линейных размеров  $d_1, d_2, \dots, d_N$  всех зерен и их взаимного расположения. Последнее определяет размер и характер просветов между зернами, извилистость и взаимосвязь поровых каналов, по которым движется протекающая через аппарат жидкость или газ. Для несферических частиц существенна и их конкретная ориентация относительно потока.

Столь детальное описание структуры зернистого слоя чрезмерно сложно и в нём нет необходимости. В большинстве практически важных случаев число элементов – зерён слоя в рассматриваемом аппарате весьма велико, и вероятность их укладки в какой – либо определенной координации относительно направления потока при беспорядочной загрузке в аппарат ничтожно мала. Целесообразно поэтому рассматривать зернистый слой как в среднем однородную изотропную среду и вводить некоторые усредненные обобщенные характеристики.

Основными принятыми в технике и технологии обобщенными характеристиками является порозность и удельная поверхность зернистого слоя.

В технологических процессах производства строительных материалов достаточно часто встречается движение потоков через слой зернистых или кусковых материалов. Практически ни один аэродинамический расчет в технологии керамики или вяжущих веществ не может быть проведен без знания законов движения жидкости через зернистые слои.

Зернистый слой может состоять из частиц одного размера или из частиц разного размера (т.е. может быть монодисперсным или полидисперсным).

Режим движения потока через такие слои зависит от многих факторов. На распределение скоростей по сечению слоя прежде всего влияют физические свойства потока и структура зернистого слоя.

Зернистый слой характеризуется:

- порозностью слоя  $\varepsilon$ ;
- удельной поверхностью  $s$ ;
- эквивалентным диаметром каналов  $d_3$  и их извилистостью;
- скоростью витания частиц.

Для зернистого слоя под порозностью  $\varepsilon$  понимается доля не занятого зернистыми элементами объема слоя:

$$\varepsilon = \frac{V - V_s}{V}$$

$V$  – общий объем слоя;

$V_0$  – объем, занимаемый частицами слоя;

Повышенная порозность у стенок аппаратов облегчает проскок газа в пристенном слое .

Потери давления при движении жидкости через зернистый слой:

$$\Delta P = \lambda \cdot \frac{h \cdot s}{4 \cdot \varepsilon^2} \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2}$$

Опытным путем установлено, что для всех режимов течения применимо обобщенное уравнение для расчета коэффициента сопротивления:

$$\lambda = \frac{133}{Re} + 2.34$$

$\rho_j$ - плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup> ;

$w$ - фиктивная скорость.

Таким образом следует, что зернистый слой участвующий в технологических процессах, является их неотъемлемой частью. Выявлено, что зернистый слой имеет функции катализатора или инертной насадки.

Конечно, в статье учтены не все возможные свойства зернистого слоя, но достаточно четко и понятно выложена основная суть.

#### Список литературы:

1. Лункин В.Н. Исследование теплопроводности зернистого слоя огнеупора продуваемого продуктами сгорания: Межвуз. научн. сб. Исследования в области энерготехнологического использования топлива / В.Н.Лункин, В.П.Удалов. – Саратов.: СПИ, 1978г. С 36-44
2. Аэров М.Э Аппараты со стационарным зернистым слоем: Гидравлические и тепловые основы работы: учеб.пособие (текст)/ Аэров М.э., Тодес О.М., Наринский Д.А. – Л.: Химия, 1979г. – 176стр.
3. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. – М.: Энергоиздат, 1981. -417с.
4. Драганов Б.Х., Кузнецов А.В., Рудобашта С.П. теплотехника и применение теплоты в сельском хозяйстве М.: Агропромиздат, 1990.
5. Промышленные теплообменные процессы П81 и установки: Учебник для вузов/ А.М.Бакластов, В.А.Горбенко, О.Л.Данилов и др.; Под ред. А.М.Бакластова. – М.: Энергоатомиздат, 1986.- 328 с.: ил.

### **Ш.З. Зиниев**

*Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, г. Саратов*

## **ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

*Аннотация: В данной статье приведен обзор технических решений по повышению коэффициента мощности асинхронных двигателей для снижения потерь электроэнергии в электропроводах сельскохозяйственной отрасли.*

*Ключевые слова: экономия, электроэнергия, асинхронный двигатель, реактивная мощность.*

С момента разработки первого асинхронного двигателя (АД) был обнаружен его главный недостаток - низкий коэффициент мощности,  $\cos\varphi$ , снижающий энергоэффективность машины. Уже в первые годы XX века появились технические решения по повышению  $\cos\varphi$  АД.

Изучение и анализ электротехнической литературы позволяет выделить наиболее интересные и эффективные технические решения по повышению  $\cos\varphi$  АД.

Асинхронно-синхронные двигатели. В 1918-1920 гг появилась идея применения АД в качестве синхронного с питанием обмотки ротора постоянным током от возбуждителя (машина постоянного тока). Это, так называемый в настоящее время - синхронный асинхронный двигатель.

С развитием силовой электроники в 1960-1970 гг возбуждатель АД был заменен на тиристорное выпрямительное устройство (ТВУ). Оно подключалось либо через согласующий трансформатор, либо непосредственно к той же электрической сети, что и АД. На рисунке 1.1 представлена схема синхронизации асинхронного двигателя от сети переменного тока. Управляемый выпрямитель необходим для регулирования тока в обмотках ротора при изменении нагрузки на валу двигателя. Существенно большей эффективностью обладает схема синхронизации АД при последовательном возбуждении роторной обмотки, рис. 1.2.

Синхронизированный асинхронный двигатель имеет статорную обмотку, выпрямительное устройство, роторную обмотку, контакты коммутационного аппарата К1 - К3 и тиристор VS. Пуск двигателя осуществляется при замкнутых контактах К1-К3 коммутационного аппарата, при этом двигатель работает в асинхронном режиме. При разомкнутых контактах К1-К3 роторная обмотка питается выпрямленным рабочим током, потребляемым двигателем из сети, и двигатель работает в синхронном режиме. При увеличении нагрузки на валу двигателя увеличивается ток в статорной обмотке, а следовательно, и ток возбуждения.

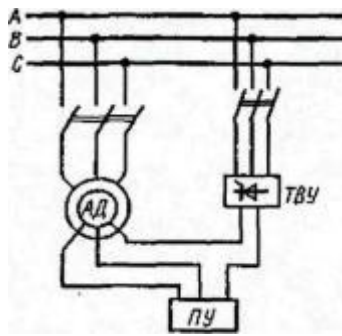


Рисунок 1. Схема синхронизации асинхронного двигателя от сети переменного тока

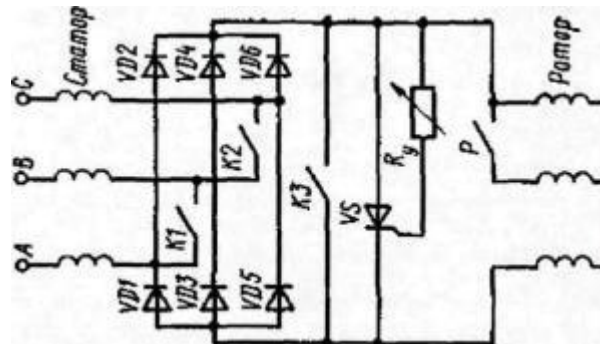


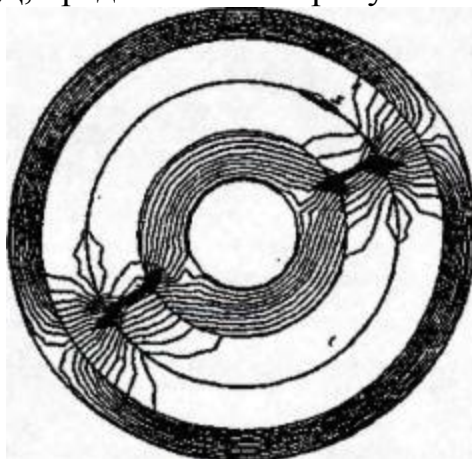
Рисунок 2. Принципиальная электрическая схема синхронизированного асинхронного двигателя с последовательным возбуждением.

Электрическая связь статорной обмотки с неуправляемым выпрямительным устройством позволяет осуществить автоматическое регулирование перегрузочного момента в синхронном режиме при различных коэффициентах загрузки.

Асинхронный двигатель с постоянными магнитами на роторе.

АД, который при сохранении основных его достоинств: простоты, надежности и невысокой стоимости, обеспечивает во всем диапазоне нагрузок снижение потребляемой из сети реактивной мощности и улучшение коэффициента мощности, снижение полной мощности, потребляемой из сети, при той же нагрузке на валу, что и у обычной серийной машины. В силу этих особенностей двигатель назван асинхронным энергосберегающим (АЭД). АЭД отличается в конструктивном отношении от обычного АД тем, что в зубцах магнитопровода ротора выполнены углубления, в которые вмонтированы ПМ. Число магнитов соответствует числу полюсов двигателя, число магнитов под полюсом может быть равно единице либо числу пазов на полюс и фазу. Полюса пар магнитов, обращенные к воздушному зазору, должны быть разноименными. Характеристики АЭД существенно зависят от энергии постоянных магнитов. При весьма малых её значениях АЭД превращается в обычный АД, тогда как при другом предельном случае АЭД превращается в обычный синхронный двигатель (СД) с постоянными магнитами. Таким образом, АЭД занимает промежуточное положение между обычным АД и СД с постоянными магнитами. АЭД можно представить как совмещенную электрическую машину, состоящую из АД и синхронного генератора, который выполняет функцию внутреннего источника реактивной мощности. Постоянные магниты создают в магнитопроводе и воздушном зазоре машины сим-

метричное стационарное магнитное поле, которое вращается при вращении ротора. Распределение магнитного поля, рассчитанное методом конечных элементов для двухполюсного АЭД, представлено на рисунке 1.3.



**Рисунок 3. Распределение стационарного магнитного поля АЭД**

В режиме ХХ АЭД в сравнении с серийным двигателем снижает потребляемую полную (66%) и реактивную (65%) мощности. Во всем диапазоне нагрузок ток статора АЭД меньше тока статора серийного АД в среднем на 24-25%. В режиме ХХ это различие составляет более 30%, что исключительно важно для электроприводов с асинхронными двигателями, в которых режим работы двигателя в холостую занимает значительную часть диаграммы нагрузки электропривода.

Недостатком АЭД является снижение критического момента (около 23%) двигателя. Кроме того, на участке пуска механической характеристики АЭД имеются провалы, характерные для пусковых характеристик синхронных двигателей с постоянными магнитами и беличьей клеткой.

Асинхронный двигатель с внутренней компенсацией.

В связи с тем, что сердечник статора асинхронных машин имеет слоистую структуру, предложено использовать элементы конструкции двигателя в качестве встроенных компенсирующих конденсаторов.

Изучалась возможность применения различных изоляционных материалов в качестве межлистовой изоляции сердечника, способных сохранить свои изоляционные свойства после всех технологических операций по сборке сердечника. Анализ применения оксидной пленки, лаковых и полимерных покрытий, электрокартона показал, что лишь электрокартон сохраняет свои электроизоляционные свойства. Остальные материалы в процессе изготовления сердечника статора механически повреждаются и не обеспечивают электрической прочности изоляционного промежутка между соседними пластинами электротехнической стали, т. е. не могут служить в качестве диэлектрика для встроенного конденсатора.

Исследования показали, что введением в магнитную систему асинхронного двигателя встроенной компенсирующей емкости можно компенсировать всего до 2% потребляемой машиной в номинальном режиме реактивной мощности.

Это не позволяет рекомендовать рассмотренный способ компенсации реактивной мощности для промышленного внедрения.

Обзор технических решений по повышению коэффициента мощности асинхронных двигателей и их анализ показывает:

1) Использование для повышения коэффициента мощности асинхронных двигателей специальных электромеханических компенсирующих устройств, механически соединенных с валом двигателя, в настоящее время не рациональны из-за усложнения и снижения надежности системы.

2) Применение постоянных магнитов, встроенных в ротор асинхронного двигателя, позволяют лишь частично компенсировать реактивную мощность. Кроме того, асинхронный двигатель уменьшает свой максимальный вращающий момент, что является нежелательным; реконструировать уже изготовленные роторы асинхронных двигателей путем «внедрения» в них постоянных магнитов возможно только в специализированных электромашиностроительных предприятиях.

3) Компенсация реактивной мощности асинхронных двигателей путем введения распределенных в магнитной системе и обмоточных проводах емкостных элементов не позволяет полностью компенсировать реактивную мощность индуктивного характера. Кроме того, такой двигатель невозможно создать в условиях электроремонтного предприятия.

#### **Список литературы:**

1. Шенфер К.И. Асинхронные машины. - М.- Л.: ГНТИ, 1931. - 391 с.
2. Ильинский Н.Ф. Рожанковский Ю.В., Горнов А.Ю. Энергосбережение в электроприводе // Энергосберегающая технология электроснабжения народного хозяйства. / Под ред. В.А. Веникова. - М.: Высш. шк., 1989. - 129 с.
3. Алиев И.И., Беспалов В.Я., Клоков Ю.Б. Асинхронный энергосберегающий двигатель. Электротехника №11, 2001. - С. 39-41.
4. Беспалов В.Я. Методы компенсации реактивной мощности в асинхронных двигателях // Вестник УГТУ - УПИ. Электромеханические и электромагнитные преобразователи энергии и управляемые электромеханические системы : Сборник статей. Ч.2.- Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ - УПИ, 2003. №5(25). - С.9-11.

**Ю.В.Зубков, Ю.Н.Кузнецова**

Самарский государственный технический университет, г. Самара

## ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ПРИ РАСЧЕТЕ НАГРУЗОЧНОГО РЕЖИМА ВЕНТИЛЬНОГО ГЕНЕРАТОРА

Электромагнитный расчет электромеханических преобразователей (ЭМП) с магнитоэлектрическим возбуждением представляет довольно сложную задачу. До последнего времени основным методом расчета таких ЭМП являлся метод рабочих диаграмм и схем замещения магнитных цепей, содержащих постоянные магниты (ПМ) [1]. С разработкой пакетов численного моделирования магнитных полей: FEMM, ELCUT, ANSIS, реализующих конечно-элементный подход, появилась возможность более полного учета таких факторов, как насыщение, влияние рабочей температуры на характер результирующего магнитного поля в нагрузочном режиме работы ЭМП с ПМ.

В данной работе ставилась задача моделирования номинального режима работы вентильного генератора, имеющего следующие параметры: мощность 8 кВт; напряжение 380 В; частота вращения 350 об/мин; число полюсов 12; число пазов якоря 54.

Ниже приведена таблица схемы обмотки якоря на протяжении двух полюсных делений.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
A	A	Z	B	B	X	C	C	Y	A	A	Z	B	B	X	C	C	Y
A	Z	Z	B	X	X	C	Y	Y	A	Z	Z	B	X	X	C	Y	Y

Для определения взаимного положения якоря и индуктора при расчете магнитного поля в номинальном режиме работы необходимо знать значение угла  $\psi$  между осями полей возбуждения и реакции якоря.

Из векторной диаграммы Blondеля

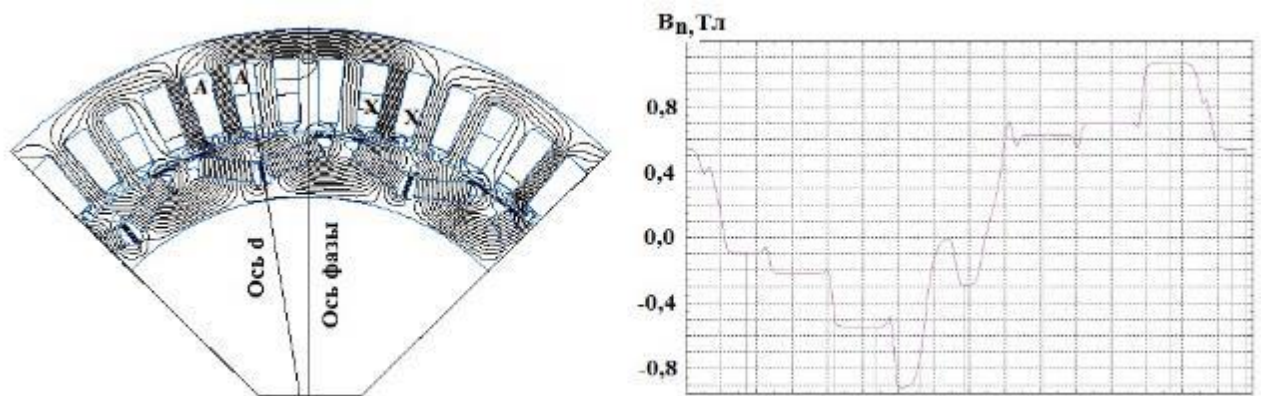
$$\sin \psi = \sqrt{\left[ \frac{1}{1 + \left( \frac{\cos \varphi + r_a^*}{\sin \varphi + x_{qn}^*} \right)^2} \right]}, \text{ где } \cos \varphi - \text{коэффициент мощности}$$

нагрузки;  $r_a^*$ ,  $x_{qn}^*$  - параметры генератора, найденные, например, методом расчета сосредоточенных цепей.

Следующим этапом расчета является численное моделирование магнитного поля СГ в номинальном нагрузочном режиме. Эта задача решалась при сдвиге осей поля возбуждения (ось  $d$ ) и оси фазы  $A$ - $X$  обмотки якоря на угол  $\psi$ . На рис. 1



показана картина магнитного поля для момента времени, когда ток в фазе А максимальный и кривая распределения нормальной составляющей индукции на середине зазора между статором и ротором.



**Рисунок 1**

По результатам моделирования определены следующие параметры: индукция в магните на нейтральной линии  $B_m=0,95$ Тл и напряженность поля в магните  $H_m=616000$ А/м (рабочая точка магнита); - основная гармоническая индукции в воздушном зазоре  $B_{\delta m1}=0,74$ Тл; магнитный поток в воздушном зазоре  $\Phi_{\delta}=6,32 \times 10^{-3}$  Вб; основная гармоника потока  $\Phi_{\delta 1}=5,98 \times 10^{-3}$  Вб; ЭДС обмотки якоря  $E_{\delta}=257$  В; напряжение  $U=226$  В.

Для получения номинального напряжения 220В, необходимо ввести коррективы в значения  $x_{qn}^*$  и  $\psi$  и повторить моделирование.

**Список литературы:**

Бут Д.А. Бесконтактные электрические машины.- М.:Высш.шк., 1990.- 416 с.

## **МОДЕРНИЗИРОВАННАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ КАПЕЛЬНОЙ ПРОПИТКИ СТАТОРНЫХ ОБМОТОК АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

Основу всего энергооборудования, используемого в сельском хозяйстве, составляют асинхронные двигатели (АД). Выход из строя электродвигателя приводит не только к затратам на его восстановление, но и к нарушению производственных процессов и технологическому ущербу, который во много раз превышает стоимость самого АД [1,2].

Наиболее слабый элемент асинхронного электродвигателя – обмотка, на долю которой приходится свыше 80 % отказов от их общего числа. Надежность обмоток зависит от состояния изоляции. В процессе эксплуатации электрических машин, а также их хранения и транспортировки она подвергается разнообразным внешним воздействиям, приводящим к ухудшению ее свойств [1,2].

Основной характеристикой изоляции, определяющей надежность работы электрической машины, является ее электрическая прочность. Однако это свойство изоляция может сохранить в процессе эксплуатации лишь при наличии многих других качеств, снижение уровня которых приводит к уменьшению электрической прочности [1,2].

Разрушение изоляции происходит в результате нагрева, механических усилий, влияния влаги и агрессивных сред и других факторов. Постепенное разрушение изоляции обычно завершается пробоем – явлением, свидетельствующим о значительном снижении электрической прочности изоляции [1,2].

Для повышения надежности изоляции, а, следовательно, и повышения надежности электрических машин, используют пропитку обмоток электрических машин.

Наиболее распространенными способами пропитки являются [3]:

1. Пропитка погружением статора в лак.
2. Пропитка струйным способом с одновременным заполнением всех пазов.
3. Пропитка капельным способом с поочередным заполнением пазов.

Для небольших электроремонтных предприятий наиболее оправданным и экономически выгодным является капельный способ пропитки обмоток электрооборудования [1,2].

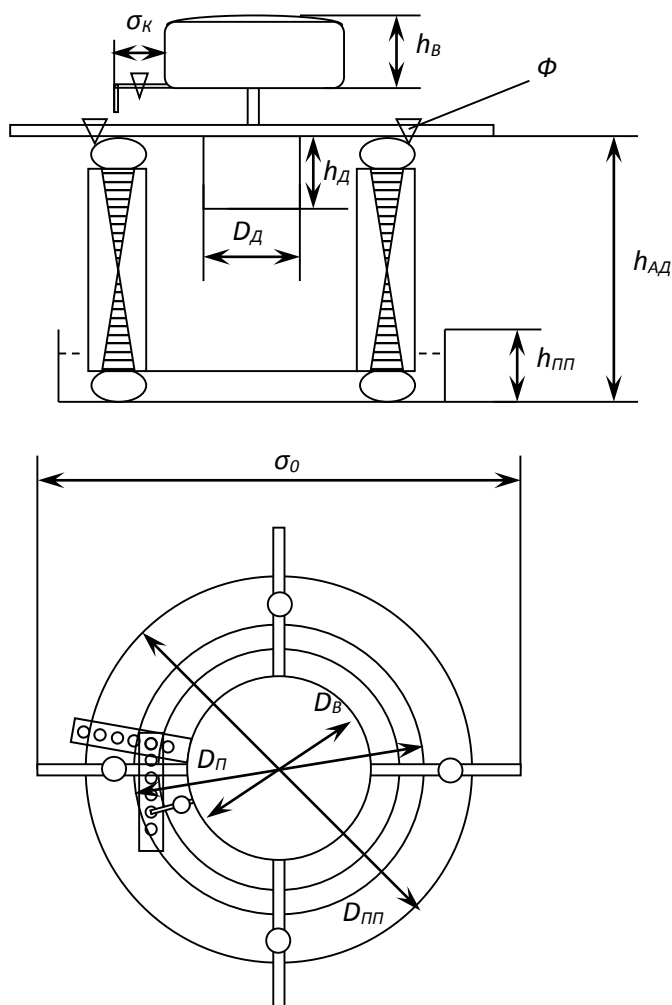
Установка капельной пропитки (УКП) представляет собой емкость с лаком, закрепленную на роторе микродвигателя с опорами, крепящими микродвигатель на статоре машины с пропитываемой обмоткой, и поддон для сбора стекающих излишков пропиточного состава.

Из емкости лак подается на лобовую часть обмотки через капельницу. Один конец трубки капельницы жестко закреплен в емкости с лаком. Другой – закреплен на рейке, крепящейся к емкости с лаком. В рейке имеются отверстия, сделанные с шагом под различные диаметры статоров, служащие направляющими для капельницы.

Модернизированное устройство капельной пропитки УКП-2 имеет такую же принципиальную конструкцию, как и УКП-1. Главной отличительной особенностью является лишь то, что на нем установлены две капельницы, диаметрально смещенные друг относительно друга, и, соответственно, две рейки, на которых закреплены капельницы. Также применено ползунковое крепление держателей капельниц, что позволяет более точно отрегулировать устройство капельной пропитки под конкретный диаметр статора.

При подготовке устройства к работе капельницы устанавливаются таким образом, чтобы одна из них имела незначительное смещение относительно середины лобовой части обмоток в сторону внутреннего, а вторая - в сторону наружного диаметра статора. На практике было выявлено, что такое расположение капельниц обеспечивает наиболее равномерное распределение лака в обмотке и улучшается качество пропитки.

Для удобства расположения УКП-2 на статоре машины с пропитываемой обмоткой его крепления были заменены на крепления с центровочными метками, что позволяет быстро и без дополнительных замеров расположить УКП-2 на статоре и настроить его перед работой.



**Рис.1. Конструктивная схема УКП-1:**  $h_B$ ,  $h_D$ ,  $h_{AD}$ ,  $h_{ПП}$  – высоты ванны, приводного двигателя, асинхронного двигателя, поддона;  $D_B$ ,  $D_П$ ,  $D_{ПП}$  – диаметры ванны, расположения пазов, поддона;  $\delta_K$  – вылет капельницы;  $\delta_K$  – размер основания капельницы;  $\Phi$  – фиксирующие упоры основания.



**Рисунок 2. Модернизированная установка капельной пропитки УКП-2.**

В работе использовалось подогревание лака перед заливкой его в емкость устройства капельной пропитки. Как известно, подогретый до определенной температуры ( $60^{\circ}\text{C}$ ) лак имеет большую текучесть, и, соответственно, лучшую способность проникать в небольшие щели между проводниками обмотки. Происходит лучшее заполнение всех пазов и пустот в обмотках, что повышает качество пропитки и увеличивает механическую и электрическую прочности изоляции. Кроме того, использование подогретого лака вместе с применением в УКП-2 двухсторонней подачи лака, увеличивает скорость пропитки более чем в 2 раза.

В результате всего выше перечисленного можно сделать вывод, что путем нововведений и совершенствования конструкции, мы добились улучшения характеристик существующего устройства капельной пропитки, повышения качества пропитки, при одновременном сохранении его экономических показателей.

#### **Список литературы:**

- 1.Иванкина Ю.В. Повышение качества изоляции асинхронных двигателей сельскохозяйственных электроприводов за счет капельной пропитки обмоток при ремонте. // Диссертация на соискание ученой степени кандидат технических наук, 2005 г.
- 2.Иванкина Ю.В. Повышение качества изоляции асинхронных двигателей сельскохозяйственных электроприводов за счет капельной пропитки обмоток при ремонте. // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидат технических наук, Саратов, 2005 г.
- 3.Иванкина Ю.В. Общий анализ способов пропитки изоляции электродвигателей (статья). // Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы Международной научно-практической конференции / Под ред. А.В. Павлова. – Саратов: Изд-во «КУБиК», 2010. - с. 156-158.
- 4.Коршиков Н.С., Левин М.А. Методы определения мощности асинхронных двигателей электроприводов насосных станций.// Материалы IV Международной научно-практической конференции. — Саратов: Саратовский ГАУ, 2013. — С. 154-156. – ISBN 978-5-9999-1641-9.

*А.В. Исаев, А.В. Бастрон, В.С. Яхонтова*

*Красноярский государственный аграрный университет, г. Красноярск*

## **РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ ДЛЯ ПОСЕВА СЕМЯН С ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКОЙ ИХ СВЧ-ЭНЕРГИЕЙ**

В связи с необходимостью предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур и стимуляции их ростовых процессов непосредственно перед посевом, стоит задача в разработке установки, где данные задачи будут решены и максимально уменьшены издержки на предпосевную обработку.

Решением этих задач может служить разработанная установка для посева семян с предпосевной обработкой их СВЧ-энергией.

Известна установка для термической обработки сыпучих диэлектрических материалов [1], содержащая рабочую камеру, подключенную к СВЧ-генератору, загрузочное и разгрузочное устройства, размещенные диаметрально противоположно на стенке рабочей камеры и транспортирующее устройство, при этом транспортирующее устройство установлено горизонтально и выполнено из радиопроницаемого цилиндра, на поверхности которого по винтовой линии с разрывом установлены металлические лопатки из немагнитного материала с возможностью изменения угла наклона, на концах которых закреплены гибкие элементы из радиопроницаемого материала, соприкасающиеся с нижней частью камеры, а нижняя часть рабочей камеры выполнена в форме полуцилиндра.

И установка для посева семян, выполненная в виде сеялки [2], включающей бункер для семян, семявысевающий аппарат, бороздообразователь, выполненный в виде одного или нескольких профильных катков, установленных на задней траверсе сеялки с расстоянием между катками, равным расстоянию между рядами посевов, и заделывающий орган в виде сетки для засыпания семян мульчирующим слоем почвы, подсоединенный к сеялке за профильными катками, перед которым размещены высевающие трубки семяпроводов в одной вертикальной плоскости с профильными катками, при этом рабочая поверхность катков выполнена в виде клиновидного элемента.

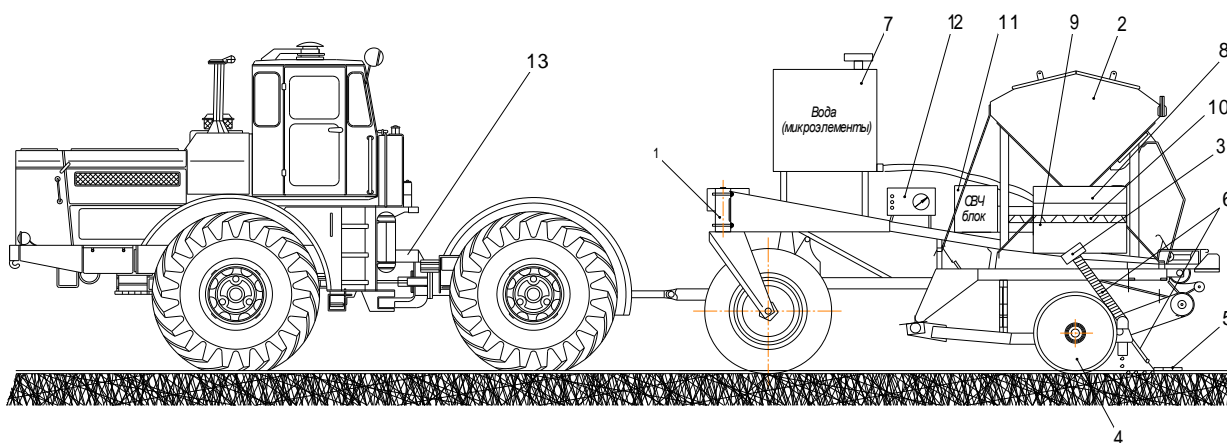
Недостатками указанных установок является:

- необходимость предварительной транспортировки семян к установке, предварительное их увлажнение и дальнейшая транспортировка обработанных семян в склад для хранения;

- отсутствие предпосевной обработки семян известными электрофизическими методами, с целью обеззараживания и стимуляции их ростовых процессов.

Техническим результатом разработки установки для посева семян с предпосевной обработкой их СВЧ-энергией является расширение функциональных возможностей сеялки.

На рисунке 1 приведен общий вид установки.



**Рисунок 1 – Установка для посева семян с предпосевной обработкой их СВЧ-энергией**

Устройство работает следующим образом.

Установку для посева семян с предпосевной обработкой их СВЧ-энергией выполненной на платформе сеялки 1, прицепляют к транспортирующему агрегату 13, выполняющему так же роль источника электричества, либо устройства передающего вращающий момент установленному генератору.

Семена из бункера 2 поступают в увлажняющее устройство 8, где с помощью форсунок происходит мгновенное увлажнение поверхности водой (микроэлементами) из емкости 7 через трубопровод. При помощи транспортирующего устройства 10 оригинальной конструкции семена тщательно перемешиваются и передвигаются в рабочую камеру 9. В рабочей камере 9 происходит обработка семян энергией СВЧ-поля от СВЧ - генератора 11, после чего семена поступают в семявысеивающий аппарат 3 и семявысеивающие трубки 6 расположенные после профильных катков 4, семена погруженные в борозду образованную профильными катками 4 засыпаются слоем земли при помощи заделывающего органа 5. Пуск, регулировка времени обработки, мощность обработки и установку прочих параметров осуществляется через блок управления 12.

В результате использования предлагаемой установки уменьшаются затраты на предпосевную обработку семенного материала, т.к. увеличиваются посевные качества семян, стимулируются ростовые процессы и происходит обеззараживание семенного материала с образованием питательной защитной пленки непосредственно перед высевом его в землю.

#### **Список литературы:**

1. Пат. 22311002 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> Н 05 В 6/64. Устройство для термической обработки сыпучих диэлектрических материалов [Текст] / Бастрон А.В., Мещеряков А.В., Цугленок Н.В. ; Заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «КрасГАУ». – 20066119391/09; заявл. 02.06.06; опубл. 20.11.07. Бюл. №32. – 5 с.: ил.
2. Пат. 2284094 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> А 01 С 7/00, А 01 В 79/02. Способ предпосевной обработки почвы и посева семян и устройства для его осуществления [Текст] / Лобарев И.В. ; Заявитель и патентообладатель Лобарев И.В. 2003135126/12; заявл. 10.06.2005; опубл. 27.09.2006. Бюл. №27. – 11 с.: ил.

**В.А.Каргин, А.М. Марадудин, Д.П.Щербаков**

*Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, г. Саратов*

## **МЕТОДЫ РАСЧЕТА ТЕПЛОВЫХ И ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЛЭМД ИМПУЛЬСНЫХ МАШИН**

**Ключевые слова:** линейные электромагнитные двигатели, импульсные машины, тепловые режимы, теплопередача, тепловые процессы.

В статье рассмотрены методы расчета тепловых и гидравлических процессов, проведена оценка целесообразности использования данных методов при решении вопросов проектирования импульсных машин с линейными электромагнитными двигателями.

Энергопреобразование в линейных электромагнитных двигателях (ЛЭМД) сопровождается необратимыми потерями, проявляющимися в виде теплоты, образование которой в их активных частях нарушает тепловую однородность [1]. Это ведет к перетоку теплоты от токоведущих частей к другим элементам ЛЭМД и внешней среде. При этом работа ЛЭМД сопровождается движением воздуха внутри него, а отвод теплоты осуществляется за счет перемещения внешней среды. Таким образом, двигатель является не только электромеханической, но и тепловой и гидравлической системой [2].

Обеспечение определенного температурного режима является основной задачей организации охлаждения ЛЭМД импульсных машин. Решение ее состоит в обеспечении рационального сочетания источников тепловыделения и стоков теплоты [3]. Основными источниками тепловыделения в ЛЭМД являются активные части – обмотка и статор.

Для получения значений температур, позволяющих определить зоны наибольшего нагрева ЛЭМД, и формулирования обоснованных рекомендаций по совершенствованию систем принудительного охлаждения важным является тепловой и гидравлический расчет двигателя.

В статье рассмотрены методы расчета тепловых и гидравлических процессов, проведена оценка целесообразности использования данных методов при решении вопросов проектирования импульсных машин с линейными электромагнитными двигателями.

Наиболее строгим является метод температурного поля. В общем случае необходимо учитывать зависимость тепловыделения  $P_a$ , коэффициент теплопроводности  $\lambda$  и коэффициент теплоотдачи  $\alpha$  от температуры  $T$  и координат  $x, y, z$  при граничном условии III рода на поверхностях, обдуваемых воздухом переменной температуры  $T_0$ , и условия  $\partial T/\partial n=0$  на остальных поверхностях [4].



Решение такой задачи возможно только с применением численных методов, например метода конечных разностей и метода конечных элементов [5]. Принципиальных трудностей расчет этим методом трехмерного поля температуры в электромашине имеет, однако он не применяется.

В настоящее время трехмерную задачу расчета температурного поля электромашин сводят к двумерной и решают её численно или аналитически (в последнем случае вводятся ряд дополнительных допущений). В ЛЭМД с естественной вентиляцией приходится учитывать взаимное влияние всех элементов и расчетная область получается слишком сложной. Поэтому здесь ограничиваются расчетом поля в наиболее теплонапряженных элементах – в обмотке и статоре.

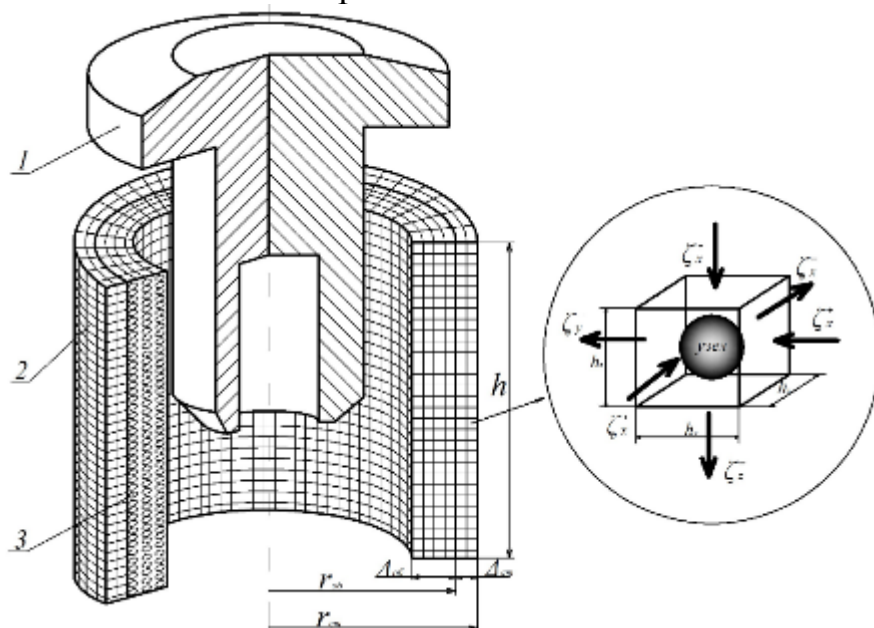


Рис.1 Конечно-сеточная модель ЛЭМД:  $\zeta$  – удельные плотности тепловых потоков;  $h_x, h_y, h_z$  – элементарные конечные размеры;  $C$  – теплоемкость материала;  $\Delta T$  – разность температур в начале  $T_{i,j,k}^m$  и конце  $T_{i,j,k}^{m+1}$  временного интервала  $\tau$ .

При рассмотрении процессов нагрева и охлаждения ЛЭМД целесообразно использовать метод конечных элементов [5]. В его основе лежит разбиение объекта исследования на множество элементарных объемов (рис.1) и использование закона сохранения энергии.

Характерными для теплового расчета электромагнитных двигателей являются методы: температурных полей, эквивалентных греющих потерь, тепловых схем замещения [6] и др. С достаточной для практических целей точностью расчет удобно производить методом тепловых схем замещения (ТСЗ) со следующими допущениями:

- коэффициент теплопроводности не зависит от температуры;
- теплоотдающие поверхности считаются теплоэквипотенциальными;
- источники теплоты в обмотке равномерно распределены по ее объему;
- температурное поле считается близким к стационарному.

Для определения температур отдельных точек тепловой схемы замещения используется первый закон Кирхгофа [6]:



$$\sum_{i=1}^n P_i = 0,$$

где  $n$  – число узлов ТСЗ;  $P_i$  – тепловой поток в  $i$ -ой ветви.

$$P_{in} = \frac{\theta_i - \theta_n}{R_{in}} = (\theta_i - \theta_n) g_{in}, \quad (1)$$

где  $g_{in}$  – проводимость  $i$ -ой ветви;  $\theta_i, \theta_n$  – температуры отдельных точек ТСЗ.

Подстановка  $g_{in}$  и  $P_i$  позволяет получить систему линейных алгебраических уравнений, которую удобно представить в виде матричного уравнения:

$$G\Theta = P, \quad (2)$$

где  $G = \|g_{in}\|$  – квадратная матрица коэффициентов;  $\Theta = \|\theta_i\|$  – матрица-столбец неизвестных;  $P = \|P_i\|$  – матрица-столбец свободных членов.

В настоящее время расчет температурных полей ЛЭМД успешно реализуется на персональном компьютере с использованием современного комплекса программ, основным достоинством которого является возможность рассчитывать тепловые характеристики электромагнитных двигателей с различной геометрией. Примером современного программного обеспечения может служить *Elcut*, в основу которого положен метод геометрической декомпозиции, являющийся расширением традиционной конечно-элементной техники, что позволяет добиваться оптимальных проектных решений в минимальные сроки. *Elcut* дает возможность решать задачи теплопередачи (стационарные и нестационарные) в линейной и нелинейной постановках [7].

При решении тепловых задач используется уравнение для линейных задач теплопроводности в одном из видов:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda_x \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \lambda_y \frac{\partial T}{\partial y} \right) = -q - c\rho \frac{\partial T}{\partial t} \quad \text{– плоская конструкция;}$$

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( \lambda_r r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \lambda_z \frac{\partial T}{\partial z} \right) = -q - c\rho \frac{\partial T}{\partial t} \quad \text{– осесимметричная конструкция;}$$

где  $T$  – температура;  $t$  – время;  $\lambda_{x(y,z,r)}$  – компоненты тензора теплопроводности;  $q$  – удельная мощность тепловыделения ( $q=const$ );  $c$  – удельная теплоемкость, ( $c=const$ );  $\rho$  – плотность.

Аналитическое описание течения охлаждающей среды в ЛЭМД сложно из-за малых размеров и шероховатости вентиляционных каналов, влияния местных сопротивлений и др. В связи с этим гидродинамика систем охлаждения целесообразно исследовать экспериментально с целью изучения влияния структуры потока на теплоотдачу активных частей и элементов конструкции и получения эмпирических данных для расчета циркуляции охладителя в системе. При использовании расчетных методов оперируют только с осредненными скоростями, определенными расходами охладителя в каналах электромагнитного двигателя. При этом реальную систему охлаждения заменяют эквивалентной гидравлической схемой (ЭГС) – совокупностью источников давления и сосредоточенных гидравлических сопротивлений [2].

Таким образом, для решения задач интенсификации охлаждения импульсных машин с ЛЭМД перспективным является использование методов эквивалентных тепловых и гидравлических схем замещения, обладающего высокой степенью точности и относительной простотой расчетов.

#### Список литературы:

1. Усанов, К.М. Силовая электромагнитная импульсная система для погружения стержневых элементов в грунт [Текст] / К.М. Усанов, В.А. Каргин // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова, № 3, 2005. – С.59–61.
2. Борисенко, А.И. Охлаждение промышленных электрических машин [Текст] / А.И. Борисенко, О.Н. Костиков, А.И. Яковлев. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 296 с.
3. Филиппов, И.Ф. Теплообмен в электрических машинах [Текст]: Учеб. пособие для вузов / И.Ф. Филиппов. – Л. Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1986. – 256 с.
4. Каргин, В.А. Методы анализа тепловых процессов в линейных электромагнитных двигателях [Текст] / В.А. Каргин, А.С. Козлов, А.В. Егин. // Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы VI международной научно-практической конференции. – Саратов: Изд-во «КУБиК», 2013. – С.126-129.
5. Каргин, В.А. Исследование теплового процесса импульсного электромагнитного двигателя [Текст] / В.А. Каргин, К.М. Усанов, С.М. Зубарев // Механизация и электрификация сельского хозяйства, № 5, 2011. – С.18-20.
6. Кондратьев, В.А. Проектирование исполнительных электромагнитных двигателей с использованием приемов математического моделирования [Текст]: Учеб. пособие. / В.А. Кондратьев. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. – 81 с.
7. ELCUT. Моделирование двумерных полей методом конечных элементов: Версия 5.8. Руководство пользователя. – Санкт-Петербург: Производственный кооператив TOP, 2010. – 245 с.

*М.А.Карпелова, А.В.Котенев*

*Самарский государственный технический университет, г. Самара*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В СЕТЯХ СРЕДНЕГО И НИЗКОГО НАПРЯЖЕНИЯ**

Обеспечение рационального уровня надежности конечных потребителей электрической энергии является актуальной задачей [1]. Сельские потребители получают питание по воздушным линиям среднего и низкого напряжения, конструктивное выполнение которых таково, что на них приходится почти все отказы, приводящие к перерывам в питании потребителей. Сущность предлагаемого подхода к моделированию надежности распределительных сетей состоит в многократном повторении возможных реализаций случайного процесса, описывающего функционирование системы, в результате которого получают искомые распределения случайных величин [2].

Основой системы является генератор последовательности случайных событий на основе заданных распределений. Генератор случайных событий реализован в двух вариантах проведения симуляции. В первом варианте генератор случайных событий выполнен с использованием метода обратных функций [2], суть которого состоит в том, что если наработка есть случайная величина с функцией распределения  $F(t) = P\{\tau < T\}$ , то для ее разыгрывания может быть использована случайная величина  $\gamma$  равномерно распределенная в интервале  $(0,1)$  при условии  $\tau = G(\gamma)$ , где  $G$  - функция обратная  $F$ . Реализация потока отказов всех элементов системы формируются блоком модели отказов путем сортировки по возрастанию массива меток времени моментов отказов, последовательно сгенерированных для каждого элемента на заданный интервал времени моделирования. Такой подход к генерированию событий обеспечивает сравнительно низкую длительность процесса моделирования, однако не обладает достаточной гибкостью, не позволяя в частности простым образом учитывать значительные колебания параметра потока отказов элементов моделируемой сети.

Во втором варианте блок модели отказов разыгрывает факт наступления отказа элементов системы последовательно на малом интервале времени, основываясь на текущем значении параметра потока отказов. Достоинство данного варианта состоит в возможности учета дополнительных влияющих факторов. Недостатком же является существенное увеличение времени моделирования системы.

На основе полученных данных в результате многократного повторения моделирования функционирования системы электроснабжения определяются следующие показатели отключения потребителей: системный показатель средней продолжительности / частоты отключения, показатель средней длительности /

частоты отключения потребителя и показатель усредненной готовности / неготовности обслуживания.

Полученные результаты возможно использовать для оценки надежности распределительных сетей электроснабжения, с учетом которой возможно более рациональное планирование мероприятий по организации обслуживания и поддержанию технического состояния сетей на уровне, согласованном с фактическим уровнем надежности внутренней схемы электроснабжения каждого из потребителей.

#### **Список литературы**

1. Бусленко Н.П., Шрейдер Ю.А. Метод статистических испытаний (Монте-Карло) и его реализация на цифровых вычислительных машинах. Б-ка прикладного анализа и вычислительной математики. – М.: Физматгиз, 1961. – 226 с.
2. Концепция обеспечения надежности в электроэнергетике. / Воропай Н.И., Ковалев Г.Ф., Кучеров Ю.Н. и др. – М.: ООО «Энергия», 2013. – 304 с.
3. Типовая инструкция по техническому обслуживанию и ремонту воздушных линий электропередачи напряжением 0,38 - 20 кв с неизолированными проводами РД 153-34.3-20.662-98 ЗАО «Издательство НЦ ЭНАС», 2009. – 59 с.

***Н.К. Катаева***

*Челябинская государственная агроинженерная академия, г. Челябинск*

## **К ВОПРОСУ ИССЛЕДОВАНИЯ УЗО И ПРИМЕНЕНИЯ ИХ В УСЛОВИЯХ НЕСИММЕТРИИ**

В последние годы в нашей стране широкое применение нашли устройства защитного отключения (УЗО). Длительный опыт применения УЗО подтверждает их высокую эффективность для повышения электробезопасности в электроустановках. Электрическим параметром для установки УЗО является значение расчетной нагрузки. Этот показатель носит неопределенный характер при стохастических изменениях входящих величин. В условиях сезонной работы потребителей её определение еще более затруднительно. дополнительную неопределенность вносит несимметрия токов и напряжений.

При исследовании УЗО в условиях несимметрии нами была составлена карта-поиск адаптивных решений данной проблемы (рис. 1).

Мы учитывали как объективные факторы, так и субъективные. Объектами нашего исследования были: коммунально-бытовые, агрофирма «Чурилово» и животноводческий комплекс «Ариант». В данных объектах применяются следующие виды УЗО:

УЗО, реагирующие на дифференциальный ток (ток утечки в землю);

УЗО, реагирующие на напряжение на защитном проводе в точке присоединения к корпусу – электромеханические и электронные;

УЗО, реагирующие на напряжение асимметрии фазных напряжений – электронное.

Техническими характеристиками этих видов УЗО были:

напряжение сети 220/380В;

рабочая частота 50 Гц;

тип УЗО – УЗО-20-ВАД-1 и Астро-УЗО 2211;

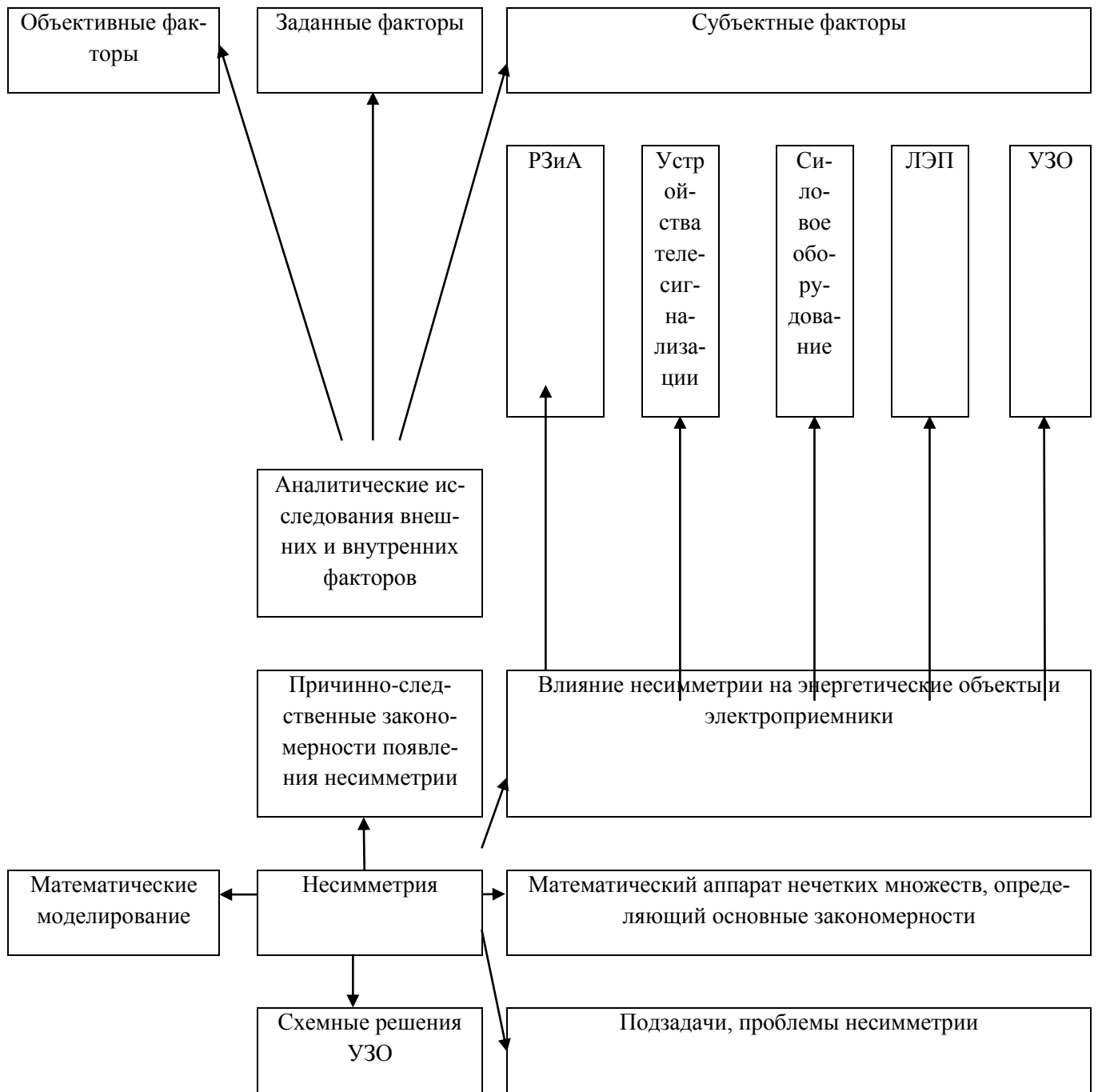
диапазон регулирования токов от 3 до 110мА;

потребляемая мощность 5Вт.

Каждый вид УЗО по своей технической реализации может быть либо электромеханическим, либо электронным.

Электромеханическое УЗО имеет функционально независимое от напряжения питания, т.е. источником энергии является ток утечки. Электронное УЗО функционально зависит от напряжения питания, т.е. имеет источник питания, который может иметь несимметрию напряжений и токов.

Существует ряд модифицированных УЗО, которые выдерживают импульсные напряжения амплитудой 8, 10, 12 кВ, но стоимость таких УЗО в 1,5-2 раза превышает стоимость электромеханических УЗО, используемых в большинстве регионов России.



**Рисунок 1. Поиск адаптивных решений при исследовании УЗО в условиях несимметрии**

В процентном соотношении использование УЗО выстраивается следующим образом (табл. 1)

**Таблица 1**

№	Наименование электроустановки	% соотношения УЗО
	Передвижные электроустановки с изолированной нейтралью	5%
	Стационарные установки для защиты электрифицированного инструмента	10%
	В шахтах и рудниках	40%
	Общественные, административные, бытовые и жилые здания	15%
	Электроустановки зрелищные предприятий	10%
	Сельские населенные пункты (дома, клубы, магазины)	10%
	Сельскохозяйственные и перерабатывающие предприятия	10%
	<b>ИТОГО</b>	<b>100%</b>

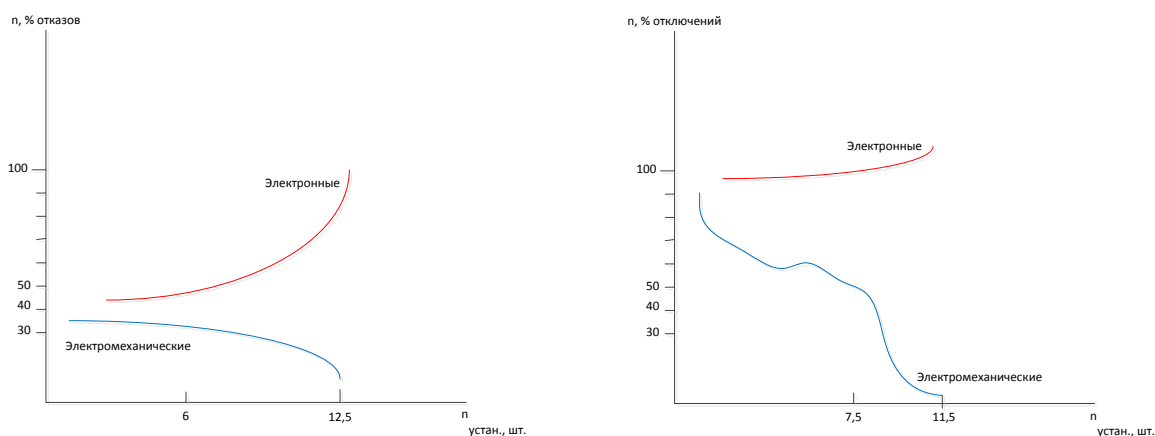
При современной организации контроля качества электроэнергии показатели надежности работы УЗО должны быть выше. На сегодняшний момент в России и в Челябинской области нет достоверной статистики отказов УЗО и практики проведения рейтинговых испытаний УЗО.

В таблице 2 представлены результаты статистического анализа использования УЗО как сельскохозяйственного объекта Челябинской области в условиях несимметрии:

**Таблица 2**

Тип УЗО	Место установки	Количество установленных		Количество вышедших из строя	
		Электромеханических	Электронных	Электромеханических	Электронных
УЗО-20-ВАД-1	Коммунально-бытовой комбинат на селе (магазины, бани, клубы, столовые)	472	783	35%	65%
Астро-УЗО-2211	Жилые дома	801	1588	30%	68%
	Агрофирма «Чурилово»	5478	1800	15%	84%
	Животноводческий комбинат «Ариант»	123040	3010	10%	89%

Из таблицы 2 следует, что электронные УЗО больше в %-м соотношении выходят из строя чаще, нежели электромеханические. На рисунках 1 и 2 представлены зависимости  $n_{отказов}(\%)=f(n_{устан.})$  и  $n_{отключ}(\%)=f(n_{устан.})$ :



На основании выполненных исследований были сделаны следующие выводы:

Применение УЗО в электроустановках является обязательным (п.п. 7.1. ПУЭ), однако, сложность настройки из-за наличия в сети несимметрии напряжений, влияние частоты тока и влияние окружающей сети приводит к ложным срабатываниям УЗО и их отключению обслуживающим персоналом;

УЗО обеспечивает электробезопасность людей, животных в условиях н.с. Средний срок службы УЗО составляет до 2,5 лет, что составляет примерно 60% от базового срока службы. Хотя базовый срок службы требует дополнительных исследований.

При данной работоспособности УЗО можно прогнозировать применение УЗО с помощью статистических данных и математического аппарата. Современные нанотехнические процессы в АПК нуждаются в более совершенных современных УЗО.



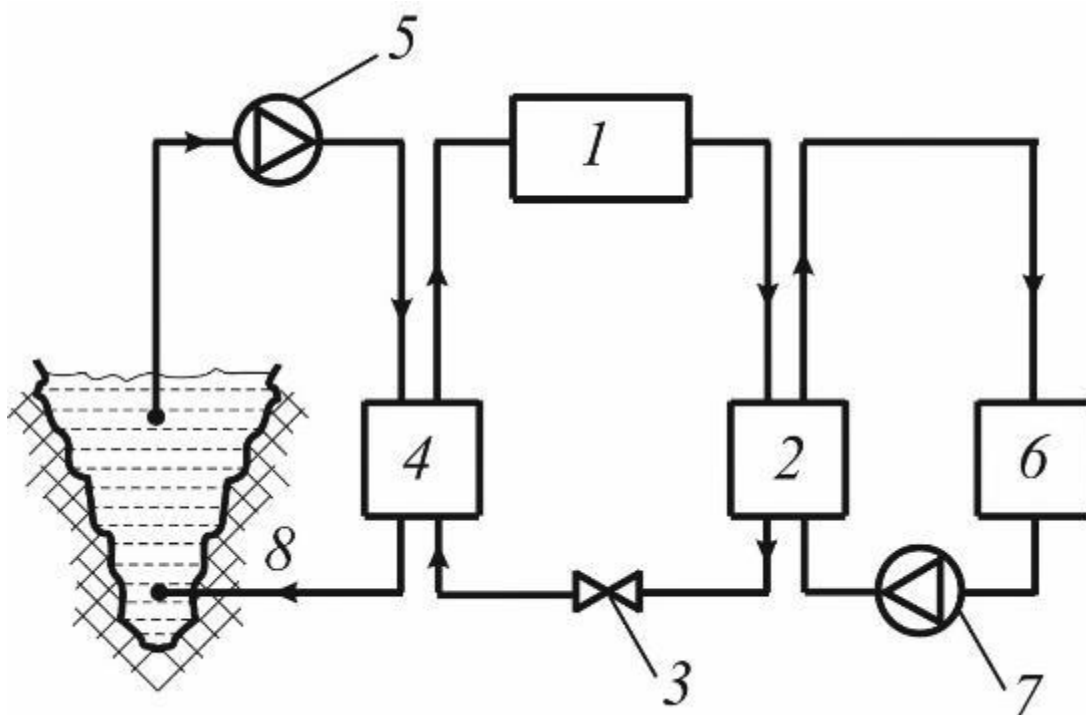
*А.И. Кирюшатов, Д.С. Катков*

*Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, г. Саратов*

## О ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ОСНОВАХ РАБОТЫ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ

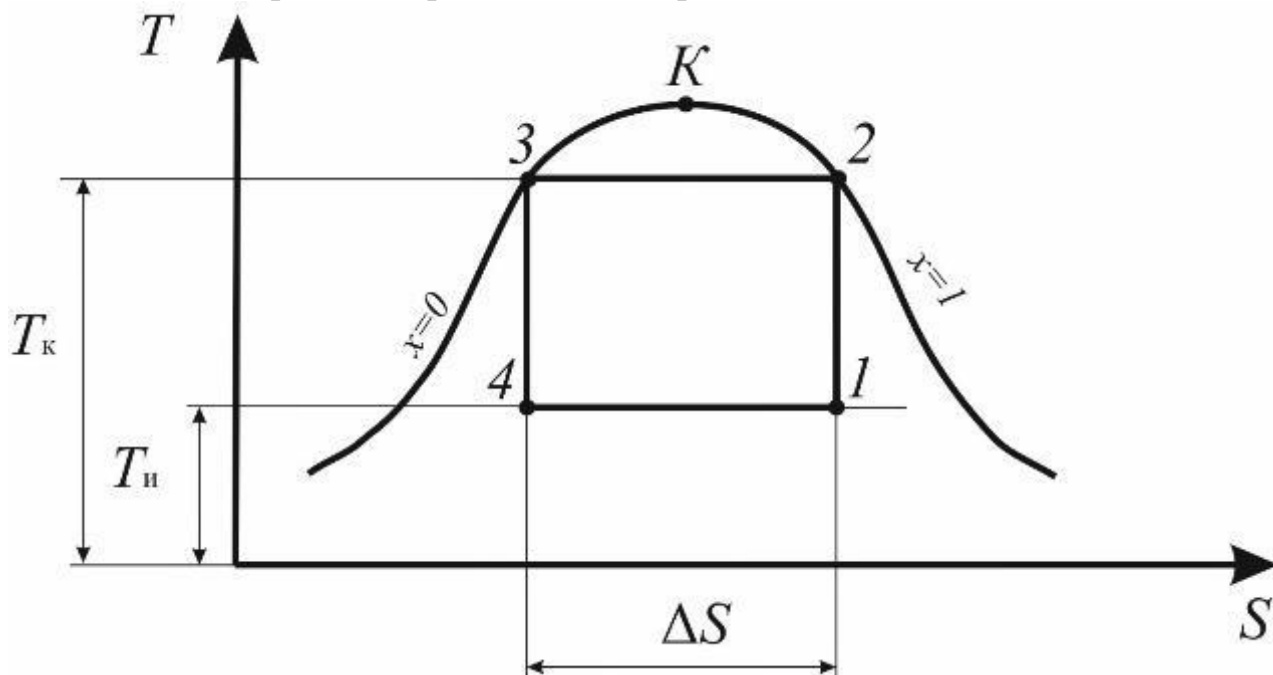
Тепловым насосом называется устройство, предназначенное для получения теплоты на основе обратного термодинамического цикла. Тепловые насосы преобразуют природную низкопотенциальную теплоту и тепловые отходы в теплоту более высокой температуры, пригодную, в частности, для теплоснабжения.

Принцип действия теплового насоса заключается в следующем (рисунок 1). Насосом 5 через испаритель 4 парокомпрессорной холодильной установки прокачивается вода из водоема 8, теплота которой идет на испарение хладагента. Далее хладагент поступает в компрессор 1, где в результате адиабатного сжатия ему сообщается теплота в количестве равном работе за цикл  $l_{ц}$ . Хладагент в виде перегретого пара с теплотой поступает в конденсатор 2, где он превращается в жидкость, отдавая свою теплоту теплоносителю, циркулирующему между конденсатором 2 и потребителем теплоты 6 с помощью насоса 7.



**Рисунок 1.** Принципиальная схема теплового насоса: 1 – компрессор; 2 – конденсатор; 3 – редукционный вентиль; 4 – испаритель; 5 – насос первичного источника теплоты; 6 – потребитель теплоты; 7 – насос; 8 – источник низкопотенциальной энергии (водоем, скважина, геотермальный источник).

Идеальный термодинамический цикл теплового насоса скомбинирован из следующих процессов (рисунок 2): 1-2 – адиабатное сжатие, 2-3 – изобарно-изотермическая конденсация, 3-4 – изоэнтروпийное (при постоянной энтропии) расширение, 4-1 – изобарно-изотермическое испарение.



**Рисунок 2. Идеальный термодинамический цикл теплового насоса в T-S – координатах**

Удельный тепловой поток в конденсаторе представляет собой сумму удельного теплового потока в испарителе и удельной работы, затраченной в цикле:

$$q_k = q_n + l. \quad (1)$$

Удельный тепловой поток в испарителе определяется по формуле:

$$q_n = T_n \cdot \Delta S, \quad (2)$$

где  $\Delta S$  – разность энтропии в процессах подвода и отвода теплоты;  
 $T_n$  – температура испарения.

А работа, затраченная в цикле определяется, как разность работы сжатия и работы расширения:

$$l = l_{\text{сж}} - l_{\text{рас}} = q_k - q_n = (T_k - T_n) \cdot \Delta S, \quad (3)$$

где  $T_k$  и  $T_n$  – соответственно температура конденсации и испарения.

Выражение (3) является уравнением энергетического баланса теплового насоса, соответствующего первому закону термодинамики.

Энергетическая эффективность теплового насоса оценивается коэффициентом преобразования (использования) теплоты:

$$\varphi = \frac{q_k}{l}. \quad (4)$$

Данный коэффициент для идеального теплового насоса определяется выражением:

$$\varphi_n = \frac{T_k}{T_k - T_n}. \quad (5)$$

Из уравнения (1) видно, что  $q_k > 1$ , следовательно коэффициент  $\varphi > 1$ , а при  $(T_k - T_n) \rightarrow 0$  согласно выражению (5)  $\varphi_n \rightarrow \infty$ . Это обстоятельство не позволяет использовать коэффициент преобразования теплоты в качестве критерия термодинамического совершенства тепловых насосов. Кроме того, в определении его соотносятся несопоставимые по качеству (работоспособности, превратимости) формы энергии, т.е. отражается первый закон термодинамики и не учитывается второй, характеризующий качественную сторону процессов превращения энергии.

Если механическая и электрическая энергии неограниченно превратимы в другие формы энергии, то полностью представляют так называемую эксергию.

Эксергия термодинамической системы определяется количеством работы, которую может совершить термодинамическая система при ее обратимом приведении в равновесие с окружающей средой.

Эксергия теплового потока тем меньше, чем меньше его температура по сравнению с температурой окружающей среды.

При подводе теплоты из окружающей среды, когда эксергия теплового потока в испарителе равна нулю, эксергетический КПД теплового насоса можно определить по формуле [1]:

$$\eta_e = \frac{e_{q_k}}{l} = \frac{q_k \cdot \tau_e}{l} = \varphi \cdot \tau_e, \quad (6)$$

где  $e_{q_k}$  – удельная эксергия теплового потока, отводимая в конденсаторе.

$\tau_e$  – эксергетическая температурная функция (величина численно равная термическому КПД прямого обратимого цикла Карно).

Таким образом, для идеального теплового насоса при  $T_k = T$  и  $T_n = T_{o.c.}$  значение  $\eta_e = 1$ . В любой реальной теплонасосной установке эксергетический КПД всегда меньше единицы. Именно по его значению и следует судить о термодинамическом совершенстве установки. В то же время коэффициент преобразования теплоты  $\varphi$  не несет такой информации, однако он имеет большое практическое значение как показатель удельной выработки теплоты на единицу затраченной работы.

#### Список литературы:

**Кирюшатов, А.И.** Тепломассообменное оборудование: учебное пособие для аудиторной и самостоятельной работы студентов очной и заочной форм обучения направлений подготовки 270800.62, 270800.68 Строительство (профиль подготовки «Теплогазоснабжение и вентиляция»), 140100.62, 140100.68 Теплоэнергетика и теплотехника (профиль подготовки «Энергообеспечение предприятий») [Текст] / А.И. Кирюшатов, Н.Н. Морозова, Д.С. Катков. – Саратов: Издательство «КУБиК», 2014. – 205с. – ISBN 978-5-91818-364-9.

*Ильназ И. Кашапов, Б.Г. Зиганишин, Н.А. Корсаков, А.Р. Валиев*

*Казанский государственный аграрный университет, г. Казань*

## ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В АПК

Энергоресурсосбережение и энергоэффективность для агропромышленного комплекса – понятия не новые. С 2007 года согласно «Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2008-2012 годы» сельское хозяйство переходило к использованию новых высокотехнологичных и ресурсосберегающих технологий [1]. С 2009 года проводятся энергетические обследования и утверждаются программы энергосбережения предприятий. Запланировано снижение энергоемкости продукции с 6,4 кг условного топлива на тысячу рублей валовой продукции сельского хозяйства Республики Татарстан по состоянию на 2009 год до 5,5 кг до конца 2015 года [2].

Снижение потребления энергоресурсов достигается за счет рационального применения энергосберегающих технологий. Техничко-экономические обоснования большинства из них доступны для ознакомления и проектирования, однако использование многих энергосберегающих технологий носит единичный характер.

Рассмотрим возможность интеграции некоторых таких технологий на примере сельскохозяйственного предприятия Буинского района Республики Татарстан.

По состоянию на 2014 год на балансе предприятия находились 6665 га сельхозугодий, в том числе 4194 га пашни. поголовье крупнорогатого скота мясомолочного направления – 250 голов. Из сооружений, помимо хозяйственных и производственных зданий, имеются четыре коровника общей площадью 5508,8 м<sup>2</sup> и пять телятников площадью 5589,3 м<sup>2</sup>. Потребление электрической энергии с энергоснабжающей организации в 2014 году составило 521 МВт·ч, добыто 18 тыс. м<sup>3</sup> воды с собственных артезианских скважин.

По результатам первичного энергетического обследования предприятия, помимо элементарных замен существующих ламп светодиодными, утепления зданий с целью исключения использования электрических обогревательных приборов и замен устаревших электродвигателей на современные энергоэффективные, предложены на рассмотрение следующие технологии:

Установка роботизированной доильной системы. Роботизированный работник доит коров в круглосуточном режиме, работает в различных условиях, передает данные о каждой корове, каждому надою и каждый день. В результате установки, предприятие получает: повышение надоя в пик лактации, что в свою оче-

редь увеличивает надой за лактацию; оптимизацию затрат на кормление животных (своевременный пересчет рационов корма); экономию на персонале; снижение процента заболеваемости маститом.

Установка частотно-регулируемых приводов (ЧРП) на насосы. Их установка позволяет обеспечить минимально необходимые напоры в системе, и, кроме того, плавный пуск насосов, что, в свою очередь приводит к продлению ресурса сетей водоснабжения [3].

Использование солнечной энергии с аккумулярованием полученной электроэнергии. Получение электрической энергии возможно благодаря преобразованию энергии фотонов или преобразованию солнечной энергии в электричество с помощью тепловых машин [4]. Сгенерированная в наиболее благоприятные погодные условия электроэнергия аккумулируется и используется для подкачки воды из скважин в резервуары и для наружного освещения.

Замена электрообогревателей на теплонакопители. Электроотопительный прибор, работающий по принципу аккумуляции тепла, потребляет энергию только ночью, во время действия "ночного" тарифа на электроэнергию, а отдает тепло равномерно круглые сутки.

Использование биотоплива (биогаза). В качестве исходного сырья используются отходы крупного рогатого скота, биомасса различных видов растений. Переработанная биомасса используется для удобрения полей и производства компоста. Образующийся биогаз, пройдя систему очистки, подается к электрогенератору и служит сырьем для образования электрической энергии. Такая система обеспечивает сельское хозяйство удобрением и кормами, производство - энергией. При этом не загрязняется окружающая среда, уменьшается использование минеральных источников энергии и выделение газов, вызывающих парниковый эффект [5].

Использование энергии ветра. Ветроэнергетическая установка (ВЭУ), преобразует кинетическую энергию ветрового потока в электрическую. Среднегодовая скорость ветра для данной местности составляет 4,3 м/с (взята ближайшая н.п. Тетюши со справочной информации) [6]. Электроэнергия, вырабатываемая ВЭУ, может использоваться для нагрева воды, освещения зданий.

При строительстве нового здания коровника, запланированного на 2015 год, предусмотреть автоматизированную систему навозоудаления. Прочная конструкция, исключая травмирование животных, удаляет как твердый навоз с измельченной соломой, так и жидкий [7]. Также на крыше здания предусмотреть светоаэрационные коньки. Световой и вентиляционный конек, во-первых, способствует оттоку воздуха из коровника и, во-вторых, обеспечивает поступление света, тем самым хозяйство значительно экономит на электроэнергии [8].

Таким образом, при условии комплексного внедрения предложенных энергосберегающих решений, мы получаем предприятие с низкой долей зависимости от сторонних источников энергий. С экономической точки зрения технологии и мероприятия подлежат детальному финансовому и проектному анализу.

Основными проблемами интенсивного внедрения энергосберегающих технологий являются, во-первых, низкая осведомленность руководителей и главных

инженеров предприятий в области энергоресурсосбережения, и, во-вторых, отсутствие финансирования средне- и долгоокупаемых инвестиционных программ.

#### **Список литературы:**

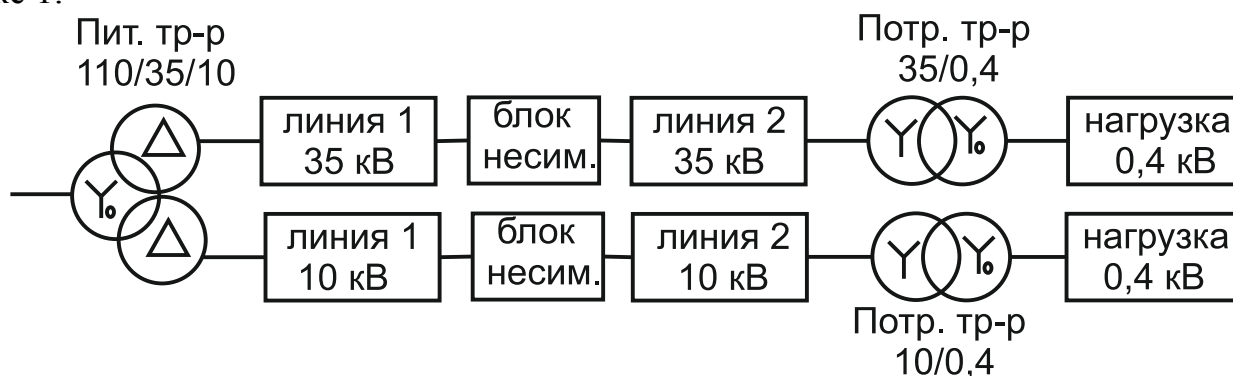
1. Постановление Правительства РФ от 14 июля 2007 г. N 446 "О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2008 - 2012 годы";
2. Постановление Кабинета Министров Республики Татарстан от 29.07.2010 г. № 604 «Об утверждении Долгосрочной целевой программы "Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в Республике Татарстан на 2010 - 2015 годы и на перспективу до 2020 года";
3. Установка частотно-регулируемых приводов (ЧРП) на насосы // Портал ЭнергоСовет.ru - энергосбережение, энергоэффективность, энергосберегающие технологии. [Москва, 2006-2015]. URL: <http://www.energosovet.ru> (дата обращения: 15.04.2015);;
4. Геро Рютер, Андрей Гурков. Мировая солнечная энергетика: переломный год // Deutsche Welle [Бонн, 2013]. URL: <http://www.dw.de/> (дата обращения: 9.04.2015);
5. Некоммерческий проект, созданный энтузиастами агропромышленного комплекса. [2010-2015]. URL: <http://lenagro.org/biogaz/> (дата обращения: 7.04.2015);
6. Energywind.ru - продажа альтернативных источников энергии (ветрогенераторов, солнечных электростанций) и источников бесперебойного питания для дома, офиса и коммерческих объектов. // [2011-2015]. URL: <http://www.energywind.ru/recomendacii/karta-rossii/povolzhe/respublika-tatarstan> (дата обращения: 15.04.2015);
7. Боряев Д.А. Системы навозоудаления – контроль за загрязнением окружающей среды. // Оборудование для ферм. Биоком Технология, 2015.
8. Боряев Д.А. Светоаэрационные коньки – естественная вентиляция и освещение помещения. // Оборудование для ферм. Биоком Технология, 2015.

## ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТРАНСФОРМАТОРОВ НА АВАРИЙНЫЕ РЕЖИМЫ ФИДЕРА 35 КВ С ТРЕХОБМОТОЧНЫМ ПИТАЮЩИМ ТРАНСФОРМАТОРОМ

В работах [1-4] показано, что вид аварийного несимметричного режима (АНР) в сети 35 кВ можно определить с помощью интервалов, построенным по отношениям напряжений поврежденных фаз к напряжениям неповрежденных фаз. В этих работах питание фидера 35 кВ осуществлялось от двухобмоточного питающего трансформатора.

В работе [5] было показано, что вид повреждения в сети с трехобмоточным питающим трансформатором также можно определить с помощью интервалов отношений напряжений. Представляет интерес определение степени влияния параметров трансформаторов на определение вида АНР по интервалам в сети 35 кВ с питающим трехобмоточным трансформатором, как это было сделано в [4] для сети 35 кВ с питающим двухобмоточным трансформатором.

Исследования проводились согласно модели двух фидеров класса 35 кВ и 10 кВ, питающихся от трехобмоточного трансформатора. Модель показана на рисунке 1.



**Рисунок 1. Модель сети с питающим трехобмоточным трансформатором**

Данная модель включает в себя: питающий трехобмоточный трансформатор в начале фидера; первый участок линии 35 кВ; блок несимметрии в линии 35 кВ; второй участок линии 35 кВ; потребительский трансформатор в конце линии 35 кВ; нагрузку в линии 35 кВ; первый участок линии 10 кВ; блок несимметрии в линии 10 кВ; второй участок линии 10 кВ; потребительский трансформатор в конце линии 10 кВ; нагрузку в линии 10 кВ.

По данной модели сети можно рассчитывать АНР не только сети 35 кВ, но и сети 10 кВ, а также сложные повреждения, происходящие сразу в сети 35 кВ и в сети 10 кВ.

Расчеты были проведены для следующих видов аварийных режимов: замыкание фазы на землю, двухфазное короткое замыкание, трехфазное короткое замыкание, обрыв фазы, замыкание и последующий обрыв фазы, обрыв фазы и последующее замыкание, двойное замыкание на землю.

Были рассчитаны токи и напряжения в начале линии 35 кВ при изменении места повреждения (начало, середина, конец линии 35 кВ). Длина линии 35 кВ принималась равной 20, 30, 40 км. Расчеты производились для четырех вариантов: 1 - питающий трансформатор ТДТН-10000/110, потребительский - ТМН-1600/35; 2 - питающий трансформатор ТДТН-16000/110, потребительский остался прежним ТМН-1600/35; 3 - питающий остался первоначальным - ТДТН-10000/110, потребительский - ТМН-1000/35; 4 - были заменены оба трансформатора: питающий - ТДТН-16000/110, потребительский - ТМН-1600/35.

Был произведен расчет отношений напряжений поврежденных фаз к напряжениям неповрежденных фаз и по ним построены интервалы их изменения. В качестве примера приведем обобщенные по длине (20, 30, 40 км) интервалы при изменении параметров трансформаторов.

Вид несимметрии	Интервалы изменения отношений напряжений
Однофазное замыкание на землю	<p>0 — 0,008  0 — 0,008  0 — 0,008  0 — 0,008</p>
Двухфазное короткое замыкание	<p>0,483 — 0,755  0,49 — 0,819  0,463 — 0,755  0,481 — 0,819</p>
Обрыв фазного провода	<p>0,982 — 1,746  0,981 — 1,742  0,981 — 1,748  0,981 — 1,742</p>
Замыкание на землю и одновременно обрыв фазного провода	<p>0 — 0,003  0 — 0,003  0 — 0,003  0 — 0,003</p>
Обрыв и одновременное замыкание на землю фазного провода	<p>1,555 — 2,067  1,629 — 1,929  1,568 — 2,005  1,553 — 2,045</p>
Двойное замыкание на землю фаз	<p>0,004 — 0,329  0,006 — 0,395  0,004 — 0,329  0,006 — 0,395</p>

**Рисунок 2. Обобщенные по длине интервалы отношений напряжений поврежденных фаз к напряжениям неповрежденных фаз при изменении параметров трансформаторов.**



На рисунке 2 верхняя линия соответствует 1 варианту; вторая соответствует 2 варианту, третья соответствует 3 варианту и нижняя 4 варианту.

Из проведенных исследований можно сделать следующие выводы: по указанным отношениям напряжений можно однозначно определить вид аварийного несимметричного режима при изменении параметров трансформаторов, так как интервалы практически не изменяются.

### Список литературы

1. Солдатов, В.А. Критерии определения вида аварийного несимметричного режима в фидере 35 кВ по интервалам [Текст] / В.А. Солдатов, Н.А. Климов // Научное обозрение. – 2012. - № 6. – С. 247–251.
2. Солдатов, В.А. Определение вида и места аварийного несимметричного режима фидера 35 кВ [Текст] / В.А. Солдатов, Н.А. Климов // Научное обозрение. – 2013. - № 3. – С. 158–160.
3. Серавин, А.И. Оценка погрешности определения аварийных несимметричных режимов электрических сетей 35 кВ [Текст] / А.И. Серавин, Н.А. Климов // Труды Костромской государственной сельскохозяйственной академии. Первые шаги в науке. – Караваево: Костромская ГСХА, 2013. – Выпуск 79. – С. 180–184.
4. Солдатов, В.А. Исследование зависимости критериев определения аварийных режимов электрических сетей 35 кВ от параметров трансформаторов [Текст] / В.А. Солдатов, Н.А. Климов, В.М. Комаров // Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе: Сборник статей 65-й международной научно-практической конференции в трех томах. – Караваево : Костромская ГСХА, 2014. – Т.2. – С. 200-201.
5. Солдатов, В.А. Определение вида и места аварийного несимметричного режима фидера 35 кВ с питающим трехобмоточным трансформатором [Текст] / В.А. Солдатов, Н.А. Климов // Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы IV Международной научно-практической конференции./ Под ред. А.В. Павлова. – Саратов, 2013. - С. 303-308.

*Г. А. Клундук*

*Красноярский государственный аграрный университет, г. Красноярск*

## **ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭМСПВЧ НА ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН ЛЬНА**

### **1 Перспективы выращивания льна**

История развития сельского хозяйства характеризуется главным образом стремлением получить как можно более высокий урожай культивируемых растений. Получения полноценного урожая во многом зависит от качества посевного материала, поэтому обработка семян перед посевом является одной из важных предпосылок рентабельного производства сельскохозяйственных культур.

В настоящее время исследования ученых направлены в основном на повышения урожайности сельскохозяйственных культур продовольственного назначения. Производство продуктов питания для человеческого общества является главной, но далеко не единственной задачей сельского хозяйства. Немаловажную роль оно играет и в создании сырьевых ресурсов для промышленности. Например, сырьем для промышленного производства является лен.

Лен - это культура, возделываемая человеком на протяжении многих веков, каждая часть растения используется в производстве, практически исключаются отходы производства.

Однако производство этой культуры является затратным, а в связи с переходом страны к рыночной экономике и систематическим изменением цен на материалы и услуги, на первый план выдвигается применение ресурсосберегающих технологий, позволяющих при минимально возможных затратах труда и средств получать необходимые урожаи.

### **2 Возможность получение «экологически безопасной» продукции**

К тому же сельскохозяйственная продукция, выращенная без применения химических препаратов, пестицидов и минеральных удобрений ценится высоко. Последнее время потребительская культура населения стала возрастать и поэтому потребности потребительского рынка все более ориентируются на получение «экологически безопасной» продукции. Понимание неразрывности пищевых цепей, понимание зависимости всех нас от того, чем нас снабжают сельхозпроизводители и как обрабатывают сырье пищевые заводы, приводит к востребованности качественной продукции.

Причин, сдерживающих производство биологически чистой продукции в мире, немало. Одна из них – относительно невысокая урожайность культур, другая причина – слишком высокие трудовые и финансовые затраты на единицу чистой продукции.

В современных условиях получить биологически чистую продукцию, используя энергосберегающую технологию, можно обрабатывая семена в электромагнитном поле СВЧ.

Широкое распространение высокочастотной технологии сдерживается недостатком экспериментального материала, особенно по техническим культурам.

При решении данной проблемы необходимо выявить взаимосвязь между энергетическими и продуктивными потоками, что позволит максимально повысить энергопродуктивность растений.

### **3 Факторы влияющие на урожайность семян льна**

Основным фактором, оказывающим стимулирующее действие на семена, служит температура их нагрева, которая зависит от экспозиции обработки и удельной мощности рабочей камеры. Эффективность обработки семенного материала увеличивается при его предварительном увлажнении.

При обработке семян электромагнитным полем СВЧ, не увлажненных предварительно, принцип селективности при нагреве работает не в полной мере из-за небольшой разницы во влажности зародыша и паразитирующих микроорганизмов, грибов [1].

Поэтому для усиления эффекта селективности сухие семена увлажняют на 1..1,5%. Поскольку вредители, сухие споры грибов и бактерии обладают большей влагопоглощательной способностью, то они впитывают влагу в 10 раз быстрее, чем внутренние части семян. Через 3-15 мин они набухают, и их влажность достигает 80-90%. Внутриклеточная структура семян за этот промежуток времени не успевает увлажниться и остается с первоначальным содержанием влаги 7..14%. При обработке таких семян в ЭМПСВЧ основная часть энергии поглощается биообъектами и поверхностью пленки воды, они интенсивно нагреваются. При этом каждый биообъект нагревается пропорционально его проценту влажности. Таким образом, они нагреваются на более высокую температуру, чем семена и гибнут на всех стадиях развития. Кроме того, благодаря нагреву семян происходит их стимуляция [2].

В процессе нагрева в ЭМПСВЧ устанавливается положительный градиент по сечению обрабатываемого материала (температура поверхности материала за счет испарения оказывается ниже, чем внутри) и, следовательно, влажное и температурное поле направлено в одну сторону - сторону испарения влаги. Перемещение влаги внутри тела семян происходит из влажных мест в менее влажные и следует за потоком тепла, от горячих мест к более холодным. Так как испарение влаги усиливается за счет перемещения ее из внутренних слоев к поверхности, то значительно ускоряется процесс сушки [2].

Способ обработки семян в ЭМПСВЧ является комбинированным и достаточно перспективным с точки зрения обеззараживания и активизации ростовых процессов, кроме того, несомненным достоинством его является малая энергоемкость.

Для того чтобы получить наиболее полное представление о влиянии входных параметров на растения, обработка опытных данных проводилась по схеме изображенной на рисунке 1.

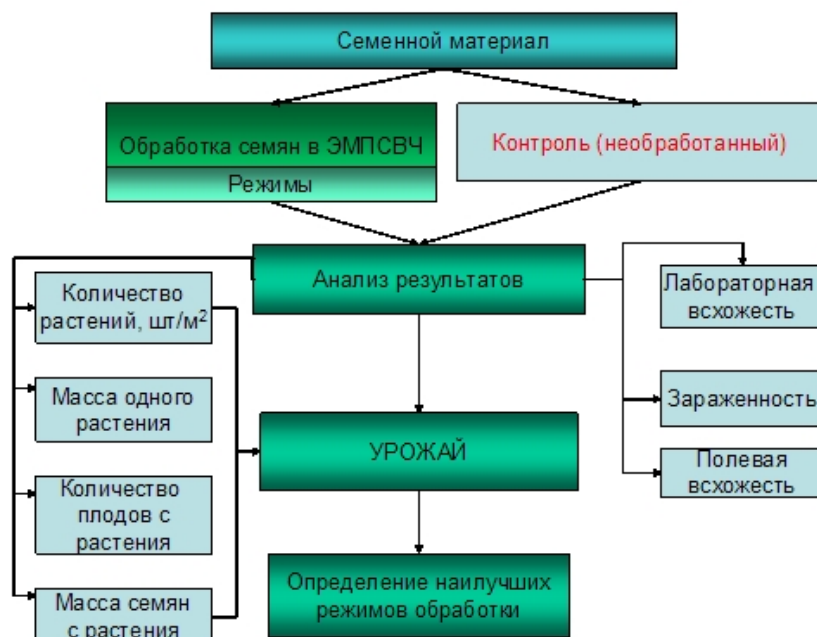


Рисунок 1- Схема обработки опытов при воздействии на семена ЭМПСВЧ

#### 4 Выделение рациональных режимов при предпосевной обработке семян льна ЭМПСВЧ

Для выявления рациональных режимов при предпосевной обработке семян льна ЭМПСВЧ на формирование урожая необходимо определить, при каком сочетании отдельных элементов урожайности формируется максимальный урожай. Построенные поверхности отклика позволяют определить сочетание воздействующих параметров, дающих максимальную прибавку урожайности.

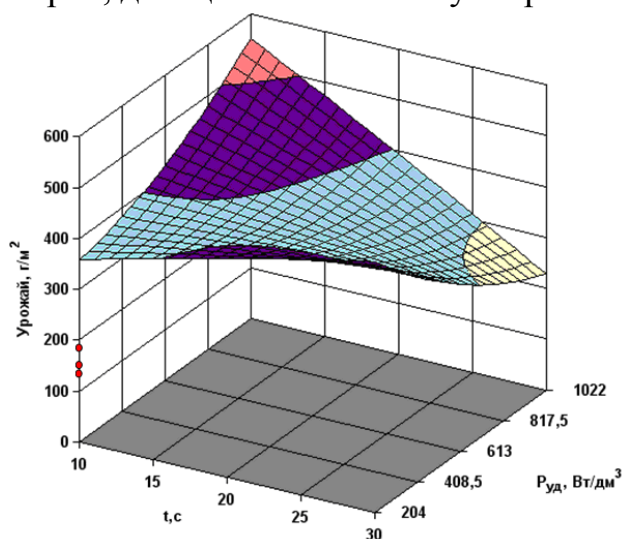


Рисунок 2 - Зависимость урожайности семян льны от мощности и экспозиции обработки.

Примечание: - контроль (необработанный)

В данной плоскости (рис. 2) имеются три максимума увеличения урожайности. Наибольшее увеличение урожайности наблюдается при  $\tau = 10$  с и удельной мощности  $P_{уд} = 204$  Вт/дм<sup>3</sup>, норма высева здесь составляет 4 млн.шт./га. При экспозиции  $\tau=10$  с и удельной мощности  $P_{уд} = 204, 1022$  Вт/дм<sup>3</sup>;  $\tau = 20$  и  $P_{уд} = 613$  Вт/дм<sup>3</sup> урожайность

возрастает на 196,76 - 375,3% относительно контроля. Эффект объясняется благоприятным тепловым режимом  $t = 30-53^{\circ} \text{C}$  и экспозицией обработки. За этот промежуток времени вода не успевает испариться полностью с поверхности семян, в результате часть свободной влаги идет на насыщение клеток водой.

### **5 Заключение**

Результаты исследования по влиянию ЭМП СВЧ на структуру и урожай льна подтвердили эффективность выбранного технологического процесса.

Обработка семян льна в электромагнитном поле СВЧ позволяет:

повысить посевные качества семян;

снизить семенную инфекцию;

повысить урожайность на 196,76% по отношению к контролю.



**Обработанные семена льна масличного  
ЭМП СВЧ**



**Необработанные семена льна масличного  
(контроль)**

### **Список литературы:**

1. Цугленок, Н.В. Практические рекомендации по технологии подготовки семян с.-х. культур к посеву энергией ВЧ и СВЧ полей / Н.В. Цугленок, Агропромшлен. комплекс. – Красноярск, 1987.
2. Глуханов, Н.П. Физические свойства высокочастотного нагрева / Н.П. Глуханов - М., 1965. – 85 с.

**В. А. Кожухов, А. В. Себин, А. О. Ирбеткин**

*Красноярский государственный аграрный университет, г. Красноярск*

## РАЗРАБОТКА НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОМ ОВОЩЕВОДСТВА ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА В ВЕГИТАЦИОННОЙ КЛИМАТИЧЕСКОЙ КАМЕРЕ

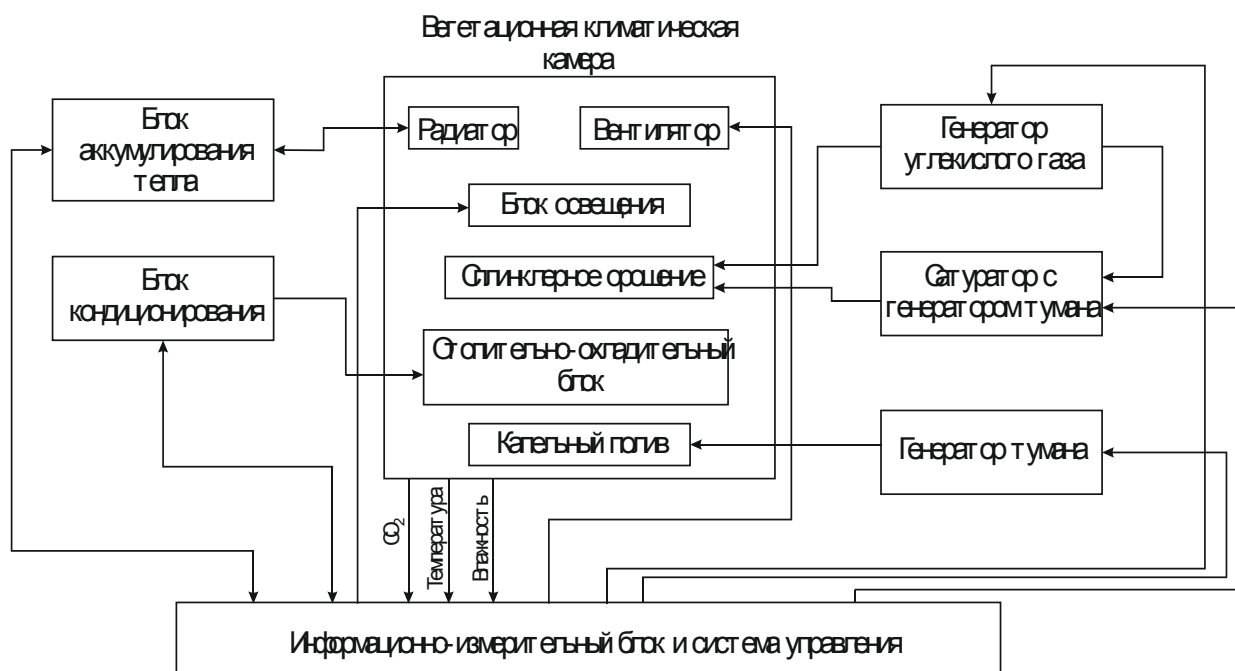
Вегетационная климатическая камера (ВКК) предназначена для выращивания растений в регулируемых искусственных условиях.

ВКК позволяет проводить исследования влияния физических и климатических факторов внешней среды на растительные организмы, в том числе:

- для проведения фундаментальных научных исследований по созданию эффективных энергосберегающих технологий выращивания овощной продукции в открытом и защищенном грунте;
- для повышения эффективности селекционной работы;
- для моделирования режимов регулируемого микроклимата в теплицах;
- для организации учебного процесса в средних и высших учебных заведениях;
- для ограниченного выращивания сельскохозяйственной продукции в целях потребления.

На рисунке 1 приведена функциональная схема ВКК [1].

Двойная стрелка в системе аккумулирования предполагает двухстороннюю передачу тепловой энергии.



**Рисунок 1 – Блок-схема ВКК для проведения исследований**

На рисунке 2 представлена ВКК, разработанная на кафедре теоретических основ электротехники Красноярского государственного аграрного университета.

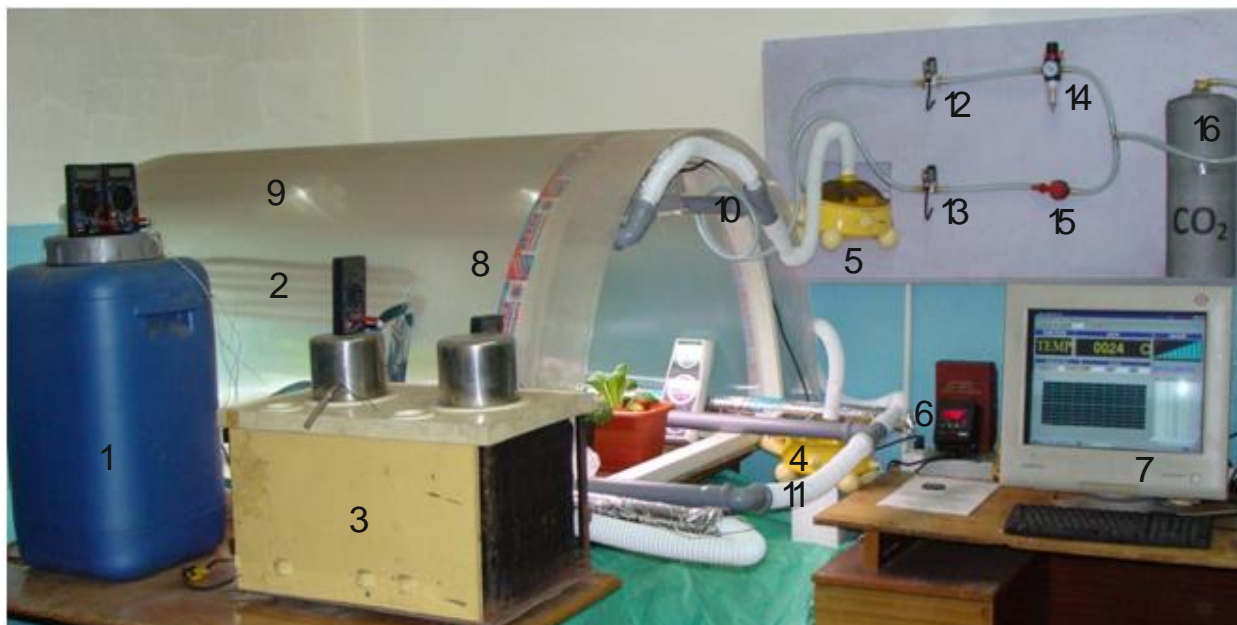


Рисунок 2 - Внешний вид вегетационной климатической камеры

1 – блок аккумуляции тепла, 2 – радиатор, 3 – блок кондиционирования, 4 – генератор тумана системы капельного полива, 5 – сатуратор с генератором тумана, 6 – реле управления блоком освещения, 7 – информационно-измерительный блок и система управления, 8 – ВКК, 9 – блок освещения, 10 – система спринклерного орошения, 11 – система капельного полива, 12 – электроклапан системы подкормки CO<sub>2</sub>, 13 - электроклапан подачи CO<sub>2</sub> в сатуратор, 14 – редуктор системы подкормки CO<sub>2</sub>, 15 – редуктор подачи CO<sub>2</sub> в сатуратор, 16 – баллон CO<sub>2</sub>.

#### **Разработка и исследование новых технологий включает в себя:**

Создание системы фертигации с использованием энергии ультразвуковых колебаний. Нами предлагается фертигационная система двойного назначения: питание растений через почву в виде капельного полива и спринклерное орошение листовой поверхности.

Создание системы туманообразования. Правильное проектирование и эксплуатации системы туманообразования позволяет:

Поддерживать заданный уровень влажности.

Уменьшить потребление растением влаги через корневую систему.

Регулировать температуру и влажность в теплице.

Уменьшить потребности в затенении.

Использовать подкормки растений через окружающую среду.

Создать автоматическую систему управления микроклиматом.

Повысить общую производительность тепличного хозяйства.



Создать высокую плотность посадки растений без опасения развития болезней растений путем периодической обработки листовой поверхности антибактериальными препаратами через туман.

Количество водяных паров в воздухе зависит от температуры последнего. Чем теплее воздух, тем больше водяного пара он может содержать в единице объема. Так, при 15 °С в 1 м<sup>3</sup> воздуха может содержаться вся 13 г водяного пара, при 35 °С - 40 г, а при 5 °С только 6,5 г. Если воздух от 15 °С нагревается до 40 °С и при этом содержит 13 г водяного пара, то относительная влажность воздуха со 100% снижается до 33%. При охлаждении от 15 до 5 °С при том же содержании водяного пара (13 г) относительная влажность воздуха остается 100%, но 6,5 г лишнего водяного пара выделяется в виде конденсата [2].

Исследование энергетических градиентов в онтогенезе растений. Биологическая система относится к открытым термодинамическим системам с непрерывным обменом веществом и энергией с окружающей средой. В термодинамических системах имеющих градиенты температуры, концентрации компонентов, химических потенциалов и др., возникают необратимые процессы теплопроводности, диффузии, химических реакций и т.д.

#### *Термодинамические процессы.*

Процесс переноса теплоты осуществляется теплообменом, связанным с неравномерностью распределения температуры в данной системе. Основными видами теплообмена являются теплопроводность, конвекция и лучистый теплообмен. Термодинамическая движущая сила потока тепла является отношением температурного градиента к температуре. Выполняется основной закон теплопроводности – закон Фурье, согласно которому плотность теплового потока пропорциональна градиенту температуры. Естественная (свободная) конвекция возникает в поле силы тяжести при неравномерном нагреве. Нагретое тело перемещается относительно менее нагретого в направлении, противоположном действию силы тяжести под действием архимедовой силы, пропорциональной градиенту плотности нагретой области вещества и окружающей среды. Движущей силой молекулярного переноса вещества при упорядоченном поступательном движении является градиент кинетической энергии [3].

При тепловом излучении перенос энергии от одной системы в другую происходит без участия в этом процессе вещества. Отсутствует контакт между телами с различными температурами. Наблюдается излучение электромагнитных колебаний нагретым телом, причем интенсивность излучения и спектральный состав зависит от температуры тела. Распределение энергии в спектре равновесного излучения подчиняется закону Планка.

#### *Гидродинамические процессы.*

В биологических системах вода играет исключительную роль, составляет 80-90 % массы растений. Вода является переносчиком питательных веществ и продуктов обмена в растении. В зависимости от содержания влаги в почве имеют место различные виды движения воды. В почве, насыщенной влагой, наблюдается фильтрация – процесс установившегося ламинарного движения жидкости, описываемый уравнением Дарси, где плотность фильтрационного потока про-



порциональна градиенту гидравлического давления. При капиллярном движении жидкости плотность потока пропорциональна градиенту капиллярного давления. Если вода передвигается в форме пара, то её движение описывается законом диффузии Фика, где плотность потока жидкости связана с градиентом парциального давления. Таким образом мощный восходящий поток направляется по градиенту потенциалов в системе почва – растение – атмосфера и имеет два концевых генератора – двигателя: нижний – корневое давление, верхний – присасывающее действие транспирации, причем ведущую роль играет верхний генератор – двигатель, функционирующий за счет солнечной энергии.

Таким образом, основные факторы развития растений определяются энергетическими градиентами.

Учет влияния энергетических градиентов в онтогенезе растений требует создания информационного обеспечения и системного подхода, выражающегося в создании теоретических моделей и элементов системы. Необходимо определить роли каждого элемента и характер его влияния на параметры жизнедеятельности растения.

Для каждой конкретной сельскохозяйственной культуры характерен определенный набор параметров микроклимата, при которых возможно получение наибольшего урожая. Причем, для различных культур эти параметры могут отличаться в значительной степени.

Для реализации градиентного подхода в выращивании растений необходимо иметь базу данных агроклиматических параметров сельскохозяйственных культур, которая позволит не только проводить анализ возможности производства той или иной культуры, но и даст возможность оптимизировать систему управления микроклиматом культивационного сооружения под конкретную культуру.

Предполагается использовать имитационные модели на базе искусственных нейронных сетей для определения алгоритмов создания микроклимата, учитывающих максимальное число независимо меняющихся факторов.

При возделывании в условиях закрытого грунта часто приходится выбирать такой вариант производства овощей, при котором обеспечивается достаточная с экономической точки зрения урожайность и приемлемые затраты, так как при условии получения максимального урожая затраты оказываются так велики, что продукция оказывается не конкурентной на рынке.

#### **Список литературы:**

1. Кожухов В. А., Себин А. В., Семенов А. Ф. - Вегетационная климатическая камера, статья, Ползуновский вестник №4/2, Барнаул, 2014 г.
2. Гиль Л.С. Современное овощеводство закрытого и открытого грунта. Практическое руководство/ Л.С Гиль, А.И. Пашковский, Л.Т. Сулима. – Житомир. : «Рута», 2012. – 468 с.
3. Румер Ю.Б., Рывкин М.Ш. Термодинамика, статистическая физика и кинетика. М.: Наука, 2001

**Д.А. Козюков**

*Кубанский государственный аграрный университет, г. Краснодар*

## **ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ПОСРЕДСТВОМ ПРИМЕНЕНИЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ**

Как известно, сельские электрические сети характеризуется пониженной надежностью вследствие частых перерывов в электроснабжении, возникающих по причинам перегрузок, изношенности оборудования сетей, коротких замыканий на землю, межфазных коротких замыканий и обрывов проводов. При этом сельскохозяйственные потребители, как правило, находятся на достаточно большом удалении от резервируемых объектов электроснабжения [1].

Для предотвращения финансовых потерь, убытков, ущербов, вызванных незапланированными остановками технологических процессов, простоями оборудования, которые обусловлены перерывами в подаче электроэнергии, целесообразно предусмотреть систему резервного электроснабжения с использованием возобновляемых источников энергии (ВИЭ), в частности, с использованием солнечных фотоэлектрических систем (ФЭС).

Рассмотрим вопросы резервного электроснабжения нагрузок сельскохозяйственных потребителей, подключенных к централизованной сети, с помощью аккумуляторных фотоэлектрических систем.

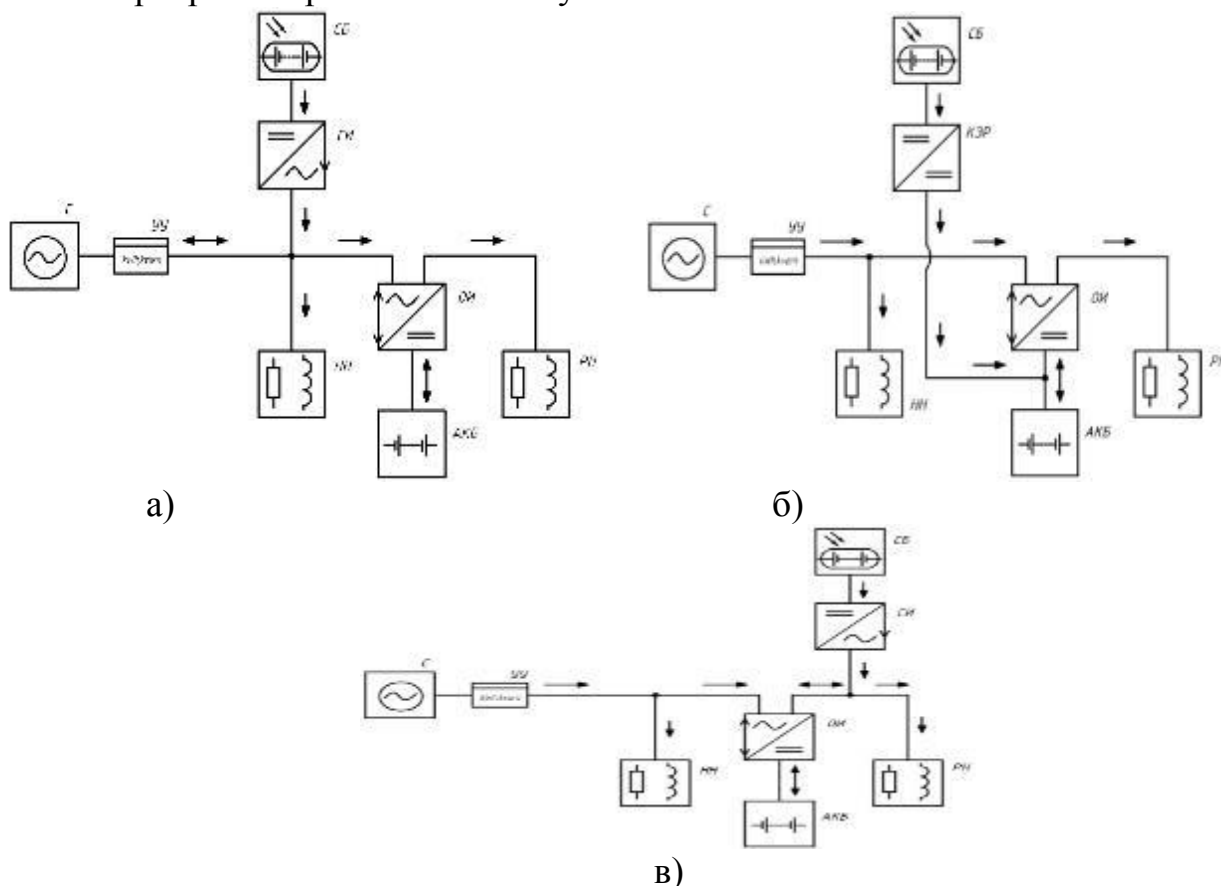
В ходе аналитического обзора фотоэлектрических систем электроснабжения [2-5] выделены три основных варианта построения аккумуляторных фотоэлектрических систем резервного типа, соединенных с сетью.

*1. Аккумуляторная ФЭС резервного типа с сетевым инвертором в цепи нерезервируемой нагрузки (рис. 1, а).* Резервируемая нагрузка (РН) в случае отключения сети (С) поддерживается только с помощью аккумуляторных батарей (АКБ) через обратимый инвертор (ОИ). Схема позволяет обеспечить дополнительную мощность, снизить потребление электроэнергии из сети в дневное время, а также отдавать в сеть избыточную энергию от солнечных батарей (СБ) через сетевой инвертор (СИ). Если отключения сети редки и кратковременны, то такая схема наиболее эффективна.

*2. Аккумуляторная ФЭС резервного типа с контроллером заряда (рис. 1, б).* В случае отключения сети РН поддерживается с помощью АКБ через ОИ. СБ (в дневное время) через контроллер заряда-разряда (КЗР) заряжают АКБ.

*3. Аккумуляторная ФЭС резервного типа с сетевым инвертором в цепи резервируемой нагрузки повышенной мощности (рис. 1, в).* При отключении сети РН получает основное питание от АКБ через ОИ и дополнительную мощность от СБ через СИ (в дневное время).

В указанных системах заряд АКБ осуществляется как от сети, так и от СБ. Сеть выступает в роли основного источника электроэнергии. Посредством сетевых инверторов энергия от СБ поступает в сеть.



**Рисунок 1 – Аккумуляторные фотоэлектрические системы резервного типа**

Соединенные с сетью аккумуляторные ФЭС могут быть применены в качестве комплекта резервного (бесперебойного) электроснабжения выделенных нагрузок ответственных потребителей. Применение аккумуляторных фотоэлектрических станций в качестве источника энергии для резервируемых нагрузок в ряде случаев оправдано с технико-экономических позиций тем, что обеспечивается предотвращение или снижение финансовых потерь, ущербов, остановок технологических процессов, вызванных перерывами в электроснабжении.

#### Список литературы

1. Воронин С.М., Овсянников Н.С. Пути повышения конкурентоспособности солнечных фотоэлектростанций // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – № 76(02). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/02/pdf/50.pdf>.
2. Поулек В., Либра М., Стребков Д.С., Харченко В.В. Фотоэлектрическое преобразование солнечной энергии. Теория и практика использования солнечной энергии. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2013. – 324 с.
3. Фотоэлектрические системы электроснабжения, соединенные с сетью [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.solarhome.ru/pv/pv\\_grid\\_systems.htm?print=1](http://www.solarhome.ru/pv/pv_grid_systems.htm?print=1).
4. Системы резервного энергоснабжения с использованием солнечных батарей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://g2corp.ru/info/backup\\_power\\_supply.php](http://g2corp.ru/info/backup_power_supply.php).
5. Козюков Д.А., Цыганков Б.К. Солнечные фотоэлектрические системы для качественного и надежного электроснабжения сельскохозяйственных потребителей // Возобновляемые источники энергии: Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием и IX научной молодежной школы. – М.: Университетская книга, 2014. – С.161-167.

**Н.П. Кондратьева<sup>1</sup>, А.П. Коломиец<sup>2</sup>, Р.Г. Большой<sup>1</sup>, М.Г. Краснолуцкая<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, г. Ижевск

<sup>2</sup>ОАО «Росагроснаб», г. Москва

## **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРООБЛУЧЕНИЯ МЕРИСТЕМНЫХ РАСТЕНИЙ**

**Ключевые слова:** электротехнологии, светодиодные фитоустановки, LED фитоустановки, облучение, освещение; меристемные растения, растения in vitro.

**Введение.** Анализ специальной литературы показал, что до 95%) урожая формируется за счет фотосинтетической деятельности растений. Работы **К.А. Тимирязева**, Юриной А.Б, Каюмова и др. доказывают это [2, 3, 18, 19]. В сильной степени от солнечной радиации (оптического излучения) зависят требования овощных растений к теплу, к воде, к питанию, к воздушно-газовому режиму. **При уменьшении освещенности температуру воздуха необходимо снижать, при повышении естественной освещенности необходимо увеличить нормы расхода воды растениями.** Повышение содержания углекислого газа в атмосфере в солнечные дни до 0,3 ... 0,5 % всегда приводит к росту продуктивности овощных растений до 30...50%. [19].

Примером грамотного сочетания внешних факторов были работы российским селекционером-картофелеводом А.Г. Лорха, который разработал в 30-е годы XX столетия систему получения урожая клубней картофеля в размере 500 ц/га для условий Московской области. Фактический сбор превысил 528, а в последующие годы урожайность достигла 700 ц/га. [2].

В защищенном грунте все параметры микроклимата можно регулировать. С учетом того, что до 95%) урожая формируется за счет фотосинтетической деятельности растений, то разработка энергосберегающих энергоэффективных и экологически безопасных светодиодных (LED) фитоустановок является актуальной.

**Объект и методика.** В ГНУ Удмуртский НИИСХ Россельхозакадемии Удмуртской Республики аспирантами и магистрами кафедры автоматизированного электропривода Ижевской сельскохозяйственной академии проводились и проводятся исследования по влиянию спектрального состава излучения LED фитоустановок на рост и развитие меристемных растений с 2009 по 2012 гг. [4, 6, 7, 8, 9, 10].

Исследования в этом направлении проводились авторами более 20 лет назад в защищенном грунте при облучении растений разрядными лампами высокого давления. [15, 12]. В настоящее время, принимая во внимание преимущества меристемных растений, исследования стали проводиться на них [1, 4].

Потребность Удмуртской Республики в элите картофеля составляет 3 000 т. Поэтому для гарантированной реализации схемы семеноводства достаточно около 40 тысяч пробирочных меристемных растений.

В экспериментах освещенность измерялась люксметром типа ТКА, измерение ультрафиолетового излучения - УФ-Радиометром «ТКА-АВС», площадь листьев меристемных растений – специальным проектором.

**Результаты исследований.** В период с 2009 по настоящее время мы испытывали и совершенствовали LED фитоустановки для меристемных растений. В первых опытах использовали белые светодиоды, в последующих - синие., красные, их сочетания. Наилучший результат был получен при облучении растений LED фитоустановками, собранными из синих светодиодов марки LXHL-FB1C; красных марки LXHL-MH1D; и белых марки LXHL-WW1S (табл. 1)

**Таблица 1. Значение токов ветвей и падения напряжения**

Номер светодиода в ветви	Параметр					
	Синие светодиоды (номинальный ток одного светодиода - 350 мА)		Синие светодиоды (350 мА)		Красные светодиоды (1200 мА)	
	Напряжение, В	Ток ветви, мА	Напряжение, В	Ток ветви, мА	Напряжение, В	Ток ветви, мА
1	3±0,1	1750	3±0,1	1750	3±0,1	3600
2	3±0,1		3±0,1		3±0,1	
3	3±0,1		3±0,1		3±0,1	
4	3±0,1		3±0,1		-	
5	3±0,1		3±0,1		-	

В качестве контроля во всех опытах использовались светильники с лампами ЛБ 80, которые эксплуатируются в ГНУ Удмуртский НИИСХ Россельхозакадемии: Результаты опытов приведены в табл. 2.

**Таблица 2. Результаты лабораторных экспериментов по влиянию спектра излучения на рост и развитие меристемного картофеля**

Источник излучения	Освещенность (облученность), клк	Количество меристемных растений, шт.	Средняя площадь листьев, мм <sup>2</sup>
Сине-красная LED фитоустановка	3,6±0,1	60	58,56
Сине-красно-белая LED фитоустановка	3,4±0,3	60	61,23
ЛБ 80 (контроль)	4,0±0,2	60	53,24

Анализ таблицы 2 показывает, что наибольший прирост площади листьев наблюдался при использовании сине-красно-белой LED фитоустановки, применение которой позволило снизить потребление электрической энергии на облучение на 30...40% при повышении продуктивности растений.

Дальнейшие наши исследования предполагают использование светодиодных RGB-технологий для облучения меристемных растений [11, 13, 14, 15, 16, 17].

Выводы. В меристемной лаборатории на базе ГНУ Удмуртский НИИСХ Россельхозакадемии Удмуртской Республики с 2009 г. начали проводиться эксперименты по облучению меристемных растений LED фитоустановками, состоящих из мощные синих, красных и белых светодиодов.

Применение LED фотоустановок позволяет уменьшить расход электрической энергии на цели облучения на 40..50% при улучшении качества меристемного картофеля на 10...15%..

В дальнейших исследованиях по влиянию спектрального состава на развитие меристемных растений целесообразно использовать светодиодные RGB-технологии.

#### Список литературы

1. Большина Н.П. Облучательные установки с газоразрядными лампами в промышленном цветоводстве. / Дисс. ....канд. техн. наук. М.: МИИСП им. В.П. Горячкина. – 1985. – 169 с. Автореф. дисс.... д-р биол. Наук
2. Лорх А. Г. Картофель. — М., 1955
3. Каюмов М.К. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур. - М.: Агропромиздат, 1989.
4. Козырева Е.А. Повышение эффективности облучательных установок для меристемных растений картофеля. / Дисс. ....канд. техн. наук.: ВИЭСХ. – 2009. – 153 с.
5. Кондратьева Н.П. Повышение эффективности электрооблучения растений в защищенном грунте / Дисс. ... д-р техн. наук М.: ВИЭСХ. – 2003. – 250 с.
6. Кондратьева Н.П., Глухов Д.А., Кондратьев Р.Г. Современные методы проектирования облучательных установок для защищенного грунта / Известия Международной академии аграрного образования. 2012. Т. 2. № 14. С. 376-379.
7. Кондратьева Н.П., Валеев Р.А. Результаты опытов по влиянию спектра излучения светодиодов на меристемные растения в/ Труды международной научно-технической конференции Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. М.: ВИЭСХ. -2012. Т. 2. С. 212-218
8. Кондратьева Н.П., Валеев Р.А. Светодиодные облучательные установки для теплиц Удмуртской Республики / Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. № 1 (30). С. 38-40
9. Валеев Р.А., Юран С.И., Кондратьева Н.П., Владыкин И.Р., Логинов В.В., Кондратьев Р.Г., Маркова М.Г. Светодиодная система для облучения меристемных растений / патент на полезную модель RUS 127286 17.07.2012
10. Кондратьева Н.П., Билалова Н.В., Терентьев Г.И., Еремин А.Н., Килеев П.Л. Анализ использования светодиодных облучательных установок в защищенном грунте / В сборнике: Научное обеспечение инновационного развития АПК Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 90-летию государственности Удмуртии. Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. 2010. С. 153-155.
11. Кондратьева Н.П., Валеев Р.А. Лампы и светильники для теплиц Удмуртской Республики / Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 1 (34). С. 73-75.
12. Kondrat'eva N.P., Korolev Yu.D., Koval' N.N., Rabotkin V.G., Schanin P.M., Shemyakin I.A. NONMONOTONIC POTENTIAL DISTRIBUTION AND CURRENT QUENCHING MECHANISM IN PLASMA-FILLED DIODE / В сборнике: International Symposium on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum, ISDEIV Proceedings of the 17th International Symposium on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum, ISDEIV. Part 1 (of 2). sponsors: IEEE, American Physical Society, American Vacuum Society, Cooper Power Systems, Lawrence Berkeley National Laboratory, et al. Berkeley, CA, USA, 1996. С. 684-687.

13. Кондратьева Н.П., Валеев Р.А., Кондратьев Р.Г. Светодиодные облучательные установки для меристемных растений / Известия Международной академии аграрного образования. 2013. Т. 1. № 16. С. 23-25.
14. Кондратьева Н.П., Валеев Р.А. Возможность использования светодиодных RGB-технологий в тепличных комплексах / В сборнике: Аграрная наука - инновационному развитию АПК в современных условиях материалы Всероссийской научно-практической конференции. ФГБОУ ВПО Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. 2013. С. 44-46.
15. Кондратьева Н.П., Валеев Р.А., Кондратьева М.Г., Литвинова В.М. Светодиодная система для облучения меристемных растений / Труды международной научно-технической конференции Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. 2014. Т. 2. С. 167-170.
16. Кондратьева Н.П., Валеев Р.А. Возможность регулирования спектрального состава светодиодных облучательных установок при помощи микроконтроллеров / В сборнике: Научное обеспечение АПК. Итоги и перспективы материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА. ФГБОУ ВПО Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. 2013. С. 41-44.
17. Кондратьева Н.П., Валеев Р.А. Анализ солнечного спектра / В сборнике: Научное обеспечение АПК. Итоги и перспективы материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА. ФГБОУ ВПО Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. 2013. С. 37-40.
18. Тимирязев К.А. Космическая роль растений. В сб.: Солнце, жизнь и хлорофилл. М-Петроград: Госиздат, 1923, 324 с
19. Юрина А. В. Теоретическое обоснование приемов повышения урожайности огурца в теплицах (1-1У световые зоны). / Дисс. на соиск. уч.ст. доктора с-х наук в форме научного доклада. - С.-Петербург-Пушкин, 1995

**Н.П. Кондратьева<sup>1</sup>, А.П. Коломиец<sup>2</sup>, Р.Г. Большой<sup>1</sup>, М.Г. Краснолуцкая<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, г. Ижевск

<sup>2</sup>ОАО «Росагроснаб», г. Москва

## **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН**

*Ключевые слова:* электротехнологии, ультрафиолетовое излучение (облучение); энергия прорастания; всхожесть; ранняя продукция.

**Введение.** Предпосевная обработка семян обеспечивает устойчивые урожаи сельскохозяйственных культур, т. к. способствует повышению качества посевного материала и предусматривает обеззараживание семян. При этом используются не только традиционные агрономические методы, но широкий спектр электротехнологических способов таких **электрическое поле** коронного разряда [0, 0]; **электромагнитное поле** постоянного тока, **лазерное излучение; гамма-излучение; электромагнитное поле** низкой частоты; **импульсный концентрированный солнечный свет; инфракрасное излучение; водородно-плазменная обработка; градиентное магнитное поле; ультрафиолетовое излучение (УФИ)** [0, 0, 0, 0, 0, 0].

Среди всех перечисленных электротехнологических способов обработки семян перед посевом, по нашему мнению, наибольший интерес представляет УФИ в виду своей простоты, энергоэффективности и экологичности. Это излучение стимулирует фотохимические процессы в биологическом объекте, активизирует фенольный метаболизм в клетках, не вызывая мутационных изменений [0]. Наибольший эффект стимулирующего действия УФИ проявляется у семян пониженного класса качества, дающих в основном проростки с морфологическими дефектами, т. к. УФИ усиливает энергию прорастания и способствует переводу семян из третьего класса качества во второй [0, 0, 0].

**Объект и методика.** В Ижевской сельскохозяйственной академии была разработана установка для УФ облучения семян транспортерного типа производительностью 0,6 кг/час. [0]. Источником излучения служила дуговая ртутная газоразрядная лампа высокого давления типа ДРЛ, имеющая в своем спектре излучения все три зоны УФ-А (380...315 нм), УФ-В (315...280 нм) и УФ-С (280..200 нм).. С помощью светофильтра была оставлена только зона УФ-В. В виду того, что со временем поток лампы уменьшается, было разработано устройство коррекции дозы УФ излучения.

Предложенное устройство коррекции дозы УФ излучения автоматически поддерживает требуемую дозу УФ за счет того, что при отклонении потока излучения лампы от заданного значения автоматически увеличивается время облучения семян.



Измерение УФИ осуществлялось прибором ТКА-01/3, который имеет спектральную чувствительность в диапазоне 250...400 нм.

**Результаты исследований** показали положительное воздействие УФ облучения семян, заключающееся в повышении их всхожести (таблица 1), получении большего количества ранней дорогостоящей продукции.

**Таблица 3. Изменение всхожести семян огурца сорта «Эстафета» от дозы УФ облучения**

Доза УФО кДж/м <sup>2</sup>	Всхожесть теоретическая, %	Всхожесть экспериментальная, %	Квадрат разности (% <sub>ТЕОР</sub> -%) <sup>2</sup>
2	99,398	99,400	0,000003
3	99,499	99,500	0,000002
4	99,559	99,560	0,000000
5	99,500	99,500	0,000000
6	99,460	99,460	0,000000
7	99,661	99,650	0,000125
8	99,817	99,800	0,000282
9	99,824	99,800	0,000576
10	99,783	99,750	0,001089
М Ср. арифметическое,	99,611	99,602	Σ0,002
Ср. квадрат. отклонение, σ	0,1641		

Ошибка средней арифметической составляет  $m_M = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} = 0,0519$

Критерий Стьюдента фактический  $t_{ФАКТ} = \frac{M}{m_M} = 1919,4$

Критерий Стьюдента табличный составляет 2,386 для доверительного уровня 0,95. Следовательно, среднее арифметическое достоверно.

В таблице 2 показаны результаты лабораторных исследований по влиянию дозы УФ облучения семян зерновых культур, которые впоследствии были использованы как зеленый корм для животных, находящихся на стойловом содержании. Исследовались гречиха, рожь, овес, пшеница. В каждой партии было по 47 растений. Облучение проводили лампой ДРТ400, средняя температура воздуха составляла 22<sup>0</sup>С, фотопериод – 12 часов в сутки.

Анализ лабораторных экспериментов показывает, что лучшие результаты были получены для культуры пшеницы при дозе 11,5 кДж/м<sup>2</sup>, гречихи и овса при дозах УФ облучения, равных 9 кВт/м<sup>2</sup>; для культуры ржи - эффективнее оказалась доза 8 кВт/м<sup>2</sup>. Кроме того, предпосевное УФ облучение семян сократило сроки созревания зеленого корма от времени выдержки поле облучения. Это позволит получить большее количество зеленой массы за осенне-зимний период.

### **Выводы**

Полученные результаты показывают, что УФ облучение семян позволяет повысить всхожесть семян, сократить сроки подготовки рассады и получить большее количество ранних дорогостоящих огурцов.

При УФ облучении зерновых культур наблюдается также сокращение сроков выращивания зеленой массы, которую использует для скармливания птице и с.-х. животным как экологически чистую и витаминную добавку к пище в осенне-зимний период.

**Таблица 4. Изменение всхожести растений от дозы УФ облучения**

Культура	Номер варианта	Доза УФО кДж/м <sup>2</sup>	Высота растений на 20 день, см	Количество растений в опыте, шт.	Масса растений, г	
					Общая	Средняя
Гречиха	1	0	13	36	29,5	0,82
	2	6,5	16,5	28	31,2	1,11
	3	8	14	29	32,3	1,11
	4	9	13,5	32	41,3	1,29
	5	11,5	15,5	29	34,3	1,18
Рожь	1	0	24	32	10,4	0,33
	2	6,5	24,5	33	10,7	0,32
	3	8	24,5	38	11,5	0,41
	4	9	22,5	30	12,8	0,43
	5	11,5	20	34	11,5	0,34
Овес	1	0	24	36	12,3	0,34
	2	6,5	22	40	16,6	0,42
	3	8	24,5	35	18,2	0,52
	4	9	22,5	34	16,3	0,48
	5	11,5	21	35	16,4	0,47
Пшеница	1	0	24	31	10	0,32
	2	6,5	24	32	13,3	0,42
	3	8	26	36	9,5	0,39
	4	9	24,5	30	20,2	0,67
	5	11,5	23,5	25	14,3	0,58

Представленные технические решения и проведенные исследования показали перспективность использования электротехнологии для повышения посевных качеств семян путем использования УФ излучения, но, принимая во внимание развитие научно-технического прогресса, целесообразно рассмотреть возможность использования в качестве источников излучения энергосберегающие, экологически чистые УФ светодиоды и проведении дальнейших исследований в этом направлении.

#### **Список литературы:**

Артюхов, В.Г. Влияние УФ - света на синтез некоторых белков лимфоцитами / В.Г.Артюхов, О.В.Башарина, И.Е.Лялина, Т.А.Дымова // IV съезд фотобиологов России: Сборник тезисов докладов на IV съезде фотобиологов России, 26 - 30 сентября 2005. - Саратов: ООО «Ракурс», 2005. – С. 9 – 11.

Бывальцев А.В., Кондратьева Н.П., Украинцев В.С. Влияние УФ облучения на повышение посевных качеств семян. / Методика и технология / Сабрюкен, 2012

Веселова, Т.В. Изменение состояния семян при их хранении, проращивании и под действием внешних факторов (ионизирующего излучения в малых дозах и других слабых воздействиях), определяемое методом замедленной люминесценции: Автореф. дисс... д-р биол. наук. – М., 2008. – 48 с.

Кондратьева Н.П., Стерхова Т.Н. Перспективы использования электротехнологии в подготовке семян к посеву. В сборнике: European Applied Sciences: modern approaches in scientific researches Papers of the 5th International Scientific Conference. Edited by Ludwig Siebenberg, technical editor: Peter Meyer. 2013, p. 65-67.

Кондратьева Н.П., Стерхова Т.Н., Владыкин И.Р. Прогрессивные электротехнологии для защищенного грунта на предприятиях АПК Удмуртской республики. В сборнике: Applied Sciences and technologies in the United States and Europe: common challenges and scientific findings Proceedings of the 3th International scientific conference. Editor Ludwig Siebenberg. 2013. p. 103-106.

Кондратьева Н.П., Коломиец А.П., Владыкин И.Р. [Определение оптимальной дозы облучения ультрафиолетом при предпосевной обработке семян огурцов](#) В сборнике: [РГАЗУ - агропромышленному комплексу](#). Сборник научных трудов. Российский государственный аграрный заочный университет; ответственный редактор А. П. Примак. Москва, 1998. - с. 195

Кондратьева Н.П., Коломиец А.П., Владыкин И.Р. [Ультрафиолетовая предпосевная обработка семян](#). В сборнике: [РГАЗУ - агропромышленному комплексу](#). Сборник научных трудов. Российский государственный аграрный заочный университет; ответственный редактор А. П. Примак. Москва, 1998.- с. 174.

Кондратьева Н.П., Фокин В.В., Коломиец А.П., Владыкин И.Р. [Повышение эффективности установок для предпосевной обработки семян овощных культур ультрафиолетовым облучением](#). В сборнике: [РГАЗУ - агропромышленному комплексу](#). Сборник научных трудов: в 2-х частях. Российский государственный аграрный заочный университет; ответственный редактор А. П. Примак. Москва, 2000. - с. 255-257.

Кондратьева Н.П., Юран С.И., Владыкин И.Р., Козырева Е.А., Решетникова И.В., Баженов В.А., Литвинова В.М. [Инновационные энергосберегающие электроустановки для предприятий Удмуртской Республики](#) [Инженерный вестник Дона](#). 2013. Т. 25. № 2 (25).- с. 39

Кондратьева Н.П., Козинский В.А. [К вопросу ультрафиолетовой недостаточности в условиях Удмуртской АССР и пути ее ликвидации в животноводстве](#). В книге: [Тезисы докладов юбилейной научно-практической конференции на факультете электрификации](#), посвященной 25-летию института в г. Ижевске. Ижевский сельскохозяйственный институт; ответственный за выпуск В. А. Козинский. Ижевск:, 1979. – с.. 21.

Кондратьева Н.П. [α И ω БЕЗОПАСНОСТИ. Промышленная и экологическая безопасность](#). 2008. № 12. – с.. 37

Кондратьева Н.П., Владыкин И.Р. Устройство для предпосевной обработки семян. Патент на полезную модель RUS 54714 17.02.2006

Кондратьева М.Г. Обоснование энергосберегающего режима облучения растений. [Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии](#). 2014. № 4 (41). - с. 41-44

Рыбкина, С.В. [Применение оптического излучения для стимулирования прорастания семян ели европейской](#) / С.В. Рыбкина, М.В. Беляков // [Лесной журнал. - 2007. - № 4. - с. 14 – 18.](#)

*О.Ю. Коваленко, Ю.А. Пильщикова, М.В. Кудашкина, Е.Д. Гусева*  
ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н.П. Огарева», г. Саранск

## **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ И РЕСУРСΟΣБЕРЕГАЮЩАЯ СВЕТОТЕХНИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ АПК**

Для улучшения экономических показателей технологии облучения в АПК, а именно, на птицеводческих фермах, целесообразно использовать источники излучения, имеющие наибольшую эффективность воздействия на организм птиц. Затраты на энергоресурсы в промышленном птицеводстве с каждым годом повышаются в связи с удорожанием тарифов на электроэнергию, вследствие чего одной из важных задач является снижение потребления электроэнергии, в том числе, за счет внедрения современных энергосберегающих технологий облучения.

Современные промышленные птицефабрики применяют электротехнологии с использованием светотехнических установок, эффективность которых определяется в большей мере спектральным составом источников излучения. В последнее время рядом исследователей предлагается осуществлять выбор спектрального состава источников излучения в соответствии с функцией относительной спектральной чувствительности органа зрения птицы.

Для оценки эффективности источников излучения, применяемых в птицефабриках были осуществлены расчеты их коэффициентов использования излучения органом зрения птицы по ее функции относительной спектральной чувствительности, предложенной N.B. Prescott & C.M. Wathes. Расчеты показали, что значения коэффициентов использования излучения синих и зеленых светодиодов в комбинации с ультрафиолетовым излучением превышает значения коэффициентов использования традиционных источников света на 10%. Следовательно, при замене традиционного освещения сине-зелеными светодиодами в комбинации с ультрафиолетовыми источниками излучения на птицефабриках появляется возможность снижения уровня освещенности, что обеспечит повышение эффективности за счет экономии электроэнергии.

Использование источников излучения в ультрафиолетовой и видимой области в одной конструкции позволяет создать светотехническую установку комбинированного действия, что создает возможность экономии ресурсов. Была разработана облучательная установка, включающая комплекс источников излучения – 2 эритемные лампы (ЛЭ-15), 2 бактерицидные лампы (ДБМ-15) и съемный светодиодный блок, состоящий из сине-зеленых кластеров. Данная установка является полифункциональной. Излучение в области оптического диапазона, воспринимаемого органом зрения птицы, обеспечивается съемным модулем со светодиодными кластерами и эритемными лампами. Профилактическое ультрафиолетовое облучение в установке обеспечивается блоком: эритемные лампы и бактерицидные лампы. Излучение эритемных ламп ЛЭБ-15 в области УФА и УФВ

с максимумом излучения на длине волны 315 нм и бактерицидных ламп ДБМ-15 (воздействие отраженным потоком излучения) в области УФС с максимумом излучения на длине волны 254 нм обладает эритемным и антирахитным действием. Обеззараживание микроклимата птичника обеспечивается блоком: облучатель-рециркулятор с бактерицидными лампами ДБМ-15. Внутри корпуса облучателя-рециркулятора осуществляется дезинфекция и обеззараживание потоков воздуха, опускающихся после прохождения выходного отверстия в зону содержания птицы. Излучение модуля со светодиодными кластерами сине-зеленой цветности осуществляется в нижнюю полусферу и обеспечивает функции освещения. Электрическая мощность светодиодного блока составляет 9,5 Вт, энергетический поток 0,357 Вт [1].

Для оценки влияния спектрального состава облучательной светотехнической установки с ультрафиолетовыми лампами и сине-зеленым светодиодным модулем на молодняк птицы в производственных условиях был проведен опыт. В контрольном (базовом) варианте для общего освещения использовали люминесцентные лампы типа ЛБ - 40, в опытном варианте в дополнение к люминесцентному освещению применяли комбинированную светотехническую установку с ультрафиолетовыми лампами и сине-зелеными кластерами. Таким образом, при использовании системы общего освещения с люминесцентными лампами типа ЛБ-40 совершенствование светового цвета среды было обеспечено за счет корректировки спектрального состава с помощью кластера с сине-зелеными светодиодами. В результате сравнительного анализа результатов опыта было установлено, что разработанный способ освещения и облучения позволяет повысить однородность промышленного стада ремонтного молодняка на 9 %, сохранность птицы на 4% [2].

Предложенная облучательная светотехническая установка может быть использована не только в птицеводческом хозяйстве, но и для облучения и освещения других животных. Цветность кластеров съемного светодиодного блока выбирается в соответствии с чувствительностью органа зрения животного. Это позволяет использовать комбинированную светотехническую установку для всех видов и возрастных категорий животных и обеспечивает ее универсальность.

#### **Список литературы:**

1. Патент на полезную модель № 147826 РФ. Устройство для облучения птицы / Коваленко О.Ю., Пильщикова Ю.А., Ашрятов А.А., Амелькина С.А., Кудашкина М.В. опубл. 16.10.2014
2. Пильщикова, Ю.А. Повышение эффективности облучательной установки дис. на соискание ученой степени к.т.н.: 05.09.07 / Ю.А. Пильщикова – Саранск, 2014. – с.152

**М.Ю. Кононова**

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург

## **РАСШИРЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЗНАЧИМОСТИ ОБЪЕКТОВ НА ВИЭ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ТЕРРИТОРИЙ РАЗВИТИЯ**

**Аннотация.** Говоря о “технической культуре” мы должны помнить, что она принимает все особенности и качества глобализации, что подтверждает ещё раз универсальность научных законов и результаты их формализации. Важно решить глобальные проблемы, которые возникли на границе XX и XXI столетий, посредством многоступенчатых и трансграничных проектов. Антропогенное развитие приводит к формированию сформированных человеком ландшафтов/пейзажей, насыщаемых сооружениями, инфраструктурами, техническими услугами, связями и сетями. Эти постройки и специальные установки расширяют функциональную значимость и возможности экологического управления природными ресурсами (например, почва и водные ресурсы), и экологического регулирования вмешательств человека в природу. Регулирование вызывает не только существенную, непосредственную прибыль, но также и дальнейшее влияние на другие области локального, регионального и часто глобального уровня, и другие различные аспекты (экономические, экологические и социальные), которые учитываются, например, расширение функциональной значимости возобновляющихся объектов энергетики для АПК.

**Ключевые слова** – территория развития, геоэкологическая оценка, возобновляющиеся источники энергии, ГЭС, геотермальные станции, мониторинг водных ресурсов, геоэкологическая оценка, объекты досуга и отдыха.

**ABSTRACT:** Speaking about “technical culture” we have to remember that it assumes all the features and qualities of globalization, what confirms once more the universality of scientific laws and results of their application. It is essential to solve global problems, which arose at the border of XX and XXI centuries, by dint of multi-stage and transboundary projects. Anthropogenic development results in formation of man-formed landscapes saturated with constructions, infrastructures, technical services, links and webs. These constructions and special installations invoke both environmental management of natural resources (for example, soil and/or water resources), and environmental regulation of man interferences into the nature. Regulation is bringing about not only essential, immediate profit, but also further local, regional and often global influence on other fields, and there are some various aspects (economic, ecological and social) of it which were recently taken into consideration, for example, expanding the functional significance of objects on renewing energy sources for support for an agrarian and industrial complex.

**Keywords** – development areas, geoecological estimation, renewing energy sources, hydroelectric plant, geothermal plant, monitoring of water sources, pleasure resorts.

Зарождение технической культуры можно отнести к периоду 200-летней давности (Ламарк Ж.Д., 1802) - начало формирования научного мировоззрения и научного познания окружающего мира. Вся совокупность знаний, накопленная за это время - формализованный информационный банк данных и знаний, обеспечивающий наше дальнейшее осознанное развитие в условиях глобализации. «Техническая культура» приобретает все свойства и признаки глобализации, что ещё раз подтверждает всеобщность естественно научных законов и результатов их использования. Объекты досуга и отдыха для недвижимости и инфраструктуры АПК на сегодня являются необходимыми сервитутами, которые влияют на энергообеспеченность и ресурсоёмкость территории развития АПК. Энергообеспеченность должна быть учтена дублирующими мощностями локальных энергетических объектов на возобновляющихся источниках энергии (ВИЭ). Напри-

мер, гидроэнергетических и геотермальных установок/станций. При этом объекты досуга и отдыха, имеющие территориальную привязку и пешеходную/транспортную доступность должны стимулировать здоровый образ жизни работников и их семей, создавать комфортную среду обитания, перспективный рост АПК и его прибыльное развитие. Важной составляющей при развитии ВИЭ является сохранение окружающей среды, в первую очередь, природной с её ресурсной базой. Водная среда, земельные ресурсы, земля лесного фонда при этом должны быть в сфере ответственности при управлении недвижимостью. ОВОС объектов энергетики проводится в соответствии с требованиями проектирования и строительства объектов на ВИЭ с учётом законодательства и нормативно-правовой базы Российской Федерации не противоречащей международному праву.

Проведение экологического аудита гидроэнергетических объектов на современном этапе позволяет оценить и сопоставить результаты внедряемого и проводимого экологического менеджмента и экологического учета в ежегодном разрезе для использования в геоэкологической оценке туристско-рекреационных территорий развития водных систем, в том числе и при развитии на этих территориях геотермальной энергетики.

Непрерывный мониторинг водной среды обусловлен потребностью в поддержании работоспособности природно-технических геосистем с обеспечением природоохранного использования водной энергии. Типовой экологический и общий локальный территориально-бассейновый и по-объектной мониторинг ведётся с учетом энергетического и неэнергетического использования энергии воды водотоков и водоёмов. Объединение результатов моделирования мониторинговых участков в форме их визуализации с применением типовых моделей, а также накопленного опыта обобщения, персонификации и комплексной оценки различных факторов водной среды позволяет давать заключения о состоянии водного объекта при помощи вербальной и невербальной диагностики.

Визуальный и инструментальный мониторинг водной среды направлен в зависимости от объективных показателей объекта гидроэнергетики и востребованного им ресурса для выполнения всех функций на:

- учёт количественных показателей водного ресурса;
- оценку и контроль качественного состава, используемого и имеющегося водного ресурса;
- наблюдение за экологической безопасностью и устойчивостью водных объектов;
- определение путей совершенствования технологических процессов с участием водного ресурса для целей устойчивого водопотребления и водопользования;
- развитие ресурсосберегающих технологий, где в качестве основного ресурса используется свежий и оборотный водный ресурс;
- оптимизация водопользования и водопотребления на объектах гидроэнергетики;
- совершенствование территориально-бассейнового баланса водопользования и водопотребления;
- выявление и нейтрализацию источников возникновения и стимулирования возможного загрязнения водной среды;
- регулирование водохозяйственной деятельности для сохранения гомеостаза биоценозов водной среды и обеспечения их репродуктивных функций с естественной толерантностью и т.д.

Внутренний и внешний экологический аудит гидроэнергетических объектов способствует выделению индивидуальных (самостоятельных) режимных и технологических особенностей, порождающих конфликты в водной среде и изменяющих водно-энергетический баланс процессов и явлений, а так же комплексных (сопутствующих), определяемых общим территориально-бассейновым развитием техно- и антропогенеза.

Перераспределение энергетического ресурса водной среды приводит к изменению трофического статуса водного объекта и его эколого-экономической значимости.

Сопоставление затрат на получение искусственной и сохранение естественной природоохранной энергии водной среды в результате экологического аудита на основании перманентного мониторинга даёт возможность оптимизации и выбора инженерно-технических методов и средств при экологическом менеджменте объектов гидроэнергетики. Проведение экологического учета приводит в соответствие финансовый и управленческий учёт природоохранной деятельности названных объектов, что имеет своё отражение в результатах последующего экологического аудита при наличии постоянного геосферного мониторинга.

Определённые в натуре мониторинговые участки с выделенными в их составе гидротехническими и гидроэнергетическими объектами предполагают необходимость учитывать этапность и некоторую первоначальную разобщённость внедрения и осуществления мониторинга водной среды, что является характерным для периода становления и развития данной деятельности. Мониторинговый участок – это территория с актуальными и потенциально опасными объектами техносферы, подвергающаяся особому виду наблюдения и контроля и дальнейшего экологического учета (МУ). Укрупнённый мониторинговый участок – это мониторинговый участок, занимающий большую территорию и имеющий в своём составе несколько взаимодействующих объектов, влияние которых на природную среду носит кумулятивный характер (УМУ).

Проведение экологического аудита в данных условиях поможет оценить производимые затраты на все виды мониторинга с целью выбора наиболее приемлемых его форм для каждого конкретного объекта, сопоставить результаты мониторинга геосредам, дать более точную оценку значимости воздействий и нагрузок на водную среду от объектов гидроэнергетики.

Таким образом на современном этапе появляется первостепенная задача согласования всех видов природоохранной деятельности, их эколого-экономической эффективности, функциональной целесообразности и целостности, а так же их место в составе экологического учета объектов гидроэнергетики для расширения функциональной значимости объектов гидроэнергетики для территорий развития.

Развитие возобновляющихся источников энергии (ВИЭ) и, в частности, геотермальных, позволит обеспечить рациональное энергосбережение в зонах устойчивого централизованного энергоснабжения, сократить ущербы от аварийных и ограничительных отключений, снизить концентрацию вредных выбросов от энергетических установок, что особенно важно в местах массового отдыха населения при оценке безопасных нагрузок на конструкции. В рамках реализации Целевой Программы «Развитие физической культуры и спорта в Российской Федерации на 2006-2015 годы» было разработано 5 типовых проектов спортив-



ных сооружений. Техничко-экономические показатели (таблица 1) демонстрируют цикличность работы, потребности в ресурсах, пропускную способность, а значит предварительные возможности и потребности реализации геоэкологической оценки туристско-рекреационных территорий развития, в том числе и опережающего.

**Таблица 1. Техничко-экономические показатели проектов спортивных сооружений**

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ	ПРОЕКТЫ СПОРТИВНЫХ СООРУЖЕНИЙ				
	1	2	3	4	5
	Спортивный центр с универсальным игровым покрытием	Спортивный центр с плавательным бассейном	Каток с искусственным льдом	Спортивный центр с универсальным игровым залом и плоскостными сооружениями	Спортивный центр с универсальным игровым залом и плавательным бассейном
Общая площадь здания (м <sup>2</sup> )	<b>2405,0</b>	<b>4256,3</b>	<b>5776,0</b>	<b>2906,4</b>	<b>5384,5</b>
Размеры зала (м)	<b>45x27</b>	<b>25x11, 10x6</b>	<b>61x30</b>	<b>90x60, 45x27</b>	<b>25x11, 10x6, 45x27</b>
Пропускная способность (чел/смену)	<b>64</b>	<b>68</b>	<b>50(хоккей)/120(каток)</b>	<b>64/125</b>	<b>64/68</b>
Продолжительность смены	<b>1,5 (час)</b>	<b>45 (мин)</b>	<b>1 (час)</b>	<b>1,5(час)</b>	<b>1,5(час)/45(мин)</b>
Количество смен	<b>8</b>	<b>20</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>8/20</b>
Расчётные показатели:					
- расчётная электрическая мощность (кВт);	<b>289,0</b>	<b>170,0</b>	<b>450</b>	<b>170,0</b>	<b>170,0</b>
Расход воды:		<b>80,0</b>	<b>18,0</b>	<b>155,0</b>	
- холодной воды (м <sup>3</sup> /сут)					
- горячей воды (м <sup>3</sup> /сут)		<b>43,0</b>	<b>24,6</b>	<b>181,0</b>	
- общий расчётный суточный расход воды (м <sup>3</sup> /час)	<b>6,1</b>				<b>175,0</b>
- водоотведение (м <sup>3</sup> /сут)	<b>65,0</b>	<b>123,0</b>	<b>42,6</b>	<b>50,13</b>	<b>42,6</b>
Расход тепла:					
- на отопление (кКал/час);	<b>311 000,0</b>	<b>440 000,0</b>	<b>450 000,0</b>	<b>400 000,0</b>	<b>440 000,0</b>
- на вентиляцию (кКал/час);	<b>214 000,0</b>	<b>1 300 000,0</b>	<b>590 000,0</b>	<b>430 000,0</b>	<b>1 300 000,0</b>

Проведение геоэкологической оценки территории развития может быть осуществлено при наличии ретроспективной информации по эксплуатации недвижимости территории и её инфраструктур с учётом геоэкологического анализа территории с использованием результатов предшествующей эксплуатации (рис.1) в рамках МУ или УМУ.

Природно-техническая среда – искусственная среда обитания в замкнутом фиксированном пространстве.

Визуализация локального территориально-бассейнового мониторинга (ЛТБМ) – совокупность реальных и модельных изображений с привязкой во времени и пространстве к единице природно-технической среды.



**Рисунок 1. Геоэкологический анализ территорий с использованием результатов предшествующей эксплуатации инфраструктур**

Наличие на территории развития объектов возобновляемых источников энергетики (гидроэнергетика, геотермальная энергетика) даёт возможность формировать недвижимость объектов досуга и отдыха. Управлять этой недвижимостью при помощи информационных технологий, в том числе используя базы данных и базы знаний о состоянии природной окружающей среды. Визуализация для комплексных процедур экологического учёта в структуре геоэкологической безопасности инфраструктур имеет модуль «Визуализации ПТС».

Модуль “Визуализация природно-технической среды”

Визуализация природно-технической среды.

Программные продукты.

Использование визуализации ЛТБМ для экологического аудита.

Использование визуализации ЛТБМ для экологического менеджмента.

Использование визуализации ЛТБМ для экологического учёта инженерно-технических объектов.

Использование средств ArcView визуализации ЛТБМ.

Выполняя работу над подготовительным проектом реализации АСУ или АСУ ТП и/или образовательным/исследовательским проектом работа ведётся со стандартными (рис. 2) или обновлёнными режимами работы документооборота (рис. 3).

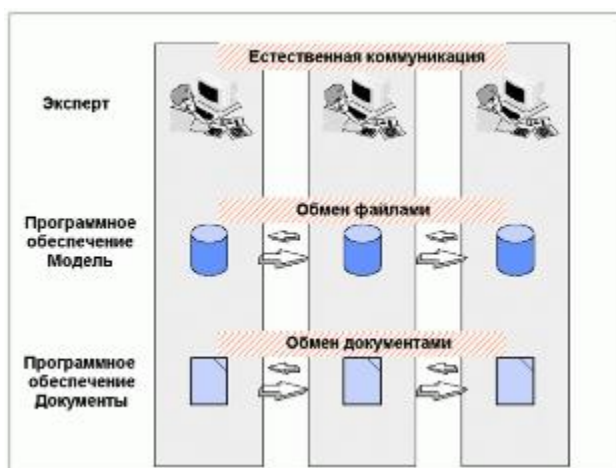


Рисунок 2. Стандартная работа над проектом



Рисунок 3. Работа над проектом при использовании ИНТЕРНЕТ/Web-технологий

Задание выполняется совместно через ИНТЕРНЕТ. Результаты опубликовываются поступательно ежедневно как Web-отчёты на проектной платформе. Участники нуждаются только в стандартном РС с выходом в ИНТЕРНЕТ и Web-браузером. Для видеоконференции в режиме реального времени используется NetMeeting; обработка проектного задания с коммерческим пакетом Mike11/21 и последующие версии происходит на центральном сервере через Web[Tarantella], никаких дополнительных инвестиций для участия в образовательном/исследовательском проекте не требуется.

Всё выше сказанное позволяет сделать заключение о наличии единой технико-технологической базы «технической культуры» инжиниринга. Переходе от «ИНТЕРНЕТ-революции» к «ИНТЕРНЕТ-эволюции и стабилизации», информационному обслуживанию результатов инжиниринга при увеличении быстродействия и снижении себестоимости информационных обменов. Облегчению коммуникации при многостадийной визуализации ЛТБМ, поддерживающей геоэкологическую оценку туристско-рекреационных территорий развития при наличии существующих инфраструктур энергетических объектов и расширении их функциональной значимости.

Местные, районные, городские ОТС, приносящие и имеющие издержки на обслуживание и эксплуатацию с сопровождением, могут быть учтены в социальных программах поддержки населения, в том числе и на территориях опережающего развития, обладающих пригодными сельскохозяйственными землями для растениеводства и/или животноводства. Отходы от данных видов деятельности могут быть востребованы при дальнейшем развитии комплекса ВИЭ локальными установками на биогазовом топливе, но только не в ущерб основному производству сельскохозяйственной продукции для удовлетворения населения в продуктах питания.

#### Список литературы:

1. Kononova M.J. "The development of local territorial basin monitoring", Journal Science Technical Lists, St.Petersburg, SPSTU, vol. 14, 1998, pp. 45-51.

2. Kononova M.J. "On the problem of LCAM results visualization", Journal Science Technical Lists, St. Petersburg, SPSTU, vol. 21, 2000, pp. 116-127.
3. Kononova, M.J. Multiple-stage visualization of nature use for the strategic development and environmentally friendly activity. Working Papers submitted as part of the Specialist Workshop on "Environmental Protection, Sustainability and Information – Regional Approaches in the Baltic Sea Region" Held in Saint-Petersburg, Russia, 22-24 February, 2001. Hamburg, BEIDS, 2001 pp.79-92.
4. Kononova M. Yu. Geoecological Analysis Methodology of Hydroelectric Power Stations and Their Cascades, Dr. Eng.habil. Dissertations, Saint-Petersburg State Polytechnical University, 2002. 290 P.
5. Kononova M. Yu. Geoecological Analysis Methodology of Hydroelectric Power Stations and Their Cascades, Dr. Eng.habil. Dissertations, Saint-Petersburg State Polytechnical University, 2002. <URL:<http://dl.unilib.neva.ru/dl/186.pdf>>.
6. Kononova M.J. Ecology. Ecological Basic Foundation of Tourist and Sport Objects. Saint-Petersburg State Polytechnical University, 2006. 94 P.
7. Kononova M. Yu., Martjugina I.V. Hydro-Informatics in Recreational Development of Territory of Resorts, Tourism and Sport. The VI International Youth Environmental Forum "Ecobaltica 2006" St.Petersburg June 27-29, 2006. Book of Proceedings. Pp 51-54.
8. Kononova M.J. About geoecological Marketing of sustainable Development of recreational Zones of Territories of Development of tourist-recreational Zones of Cities Territories", The VIII International Environmental Forum "Baltic SEA DAY 2007" St. Petersburg March 21-23, 2007. Book of Proceedings. PP. 548–550
9. Martjugina I.V., Kononova M.Y. "Application of geothermal Power on Tourism and Recreation zones Object in North-Western Russia", Work from Saint-Petersburg State Polytechnical University, St.Petersburg, SPSTU, vol. 502, pp. 210-220.
10. Kononova M.J. Ecology. Assessment and the forecast of water quality in ponds of hydroelectric power station. Saint-Petersburg State Polytechnical University, 220 P.
11. Kononova M.J. Ecology. Assessment and the forecast of water quality in ponds of hydroelectric power station. Saint-Petersburg State Polytechnical University. [URL:http://dl.unilib.neva.ru/dl/2/3909.pdf](http://dl.unilib.neva.ru/dl/2/3909.pdf)

*С.И. Копылов, Э.Н. Маркарова, Е.В. Розова*

*Российский государственный аграрный заочный университет, Балашиха*

## **ЗНАЧЕНИЕ КОНТРОЛЯ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ ПРИ ДИАГНОСТИРОВАНИИ СЕТЕВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ**

Измерение частичных разрядов (ЧР) – эффективный метод выявления дефектов в изоляции оборудования высокого напряжения, т.к. большинство развивающихся повреждений изоляции начинаются с ЧР. В стандарте IEC/TS 61934 и ГОСТ 20074-83 определено: ЧР представляют собой электрические разряды, происходящие в ограниченной части твердой или жидкой изоляции под воздействием высокого напряжения. ЧР, или искровой разряд малой мощности, может иметь место внутри изоляции, или на ее поверхности. Со временем, повторяющиеся ЧР, разрушают изоляцию, приводя в конечном итоге к ее пробое. При малой мощности разрушение изоляции под действием ЧР происходит в течение многих месяцев, и даже лет. Наличие достаточно мощных ЧР непосредственно указывает на недостаточную электрическую прочность изоляции, развитие разрядов приводит к повреждению трансформатора.

Характеристиками ЧР являются: значение кажущегося заряда, частота следования ЧР, средний ток ЧР, средняя мощность ЧР, квадратичный параметр. ГОСТ [1] определяет кажущийся заряд частичного разряда как заряд, при мгновенном введении которого между выводами испытуемого объекта происходит мгновенное изменение напряжения на объекте, причём по значению оно такое же, как и при частичном разряде. Если сложить все заряды, зарегистрированные в оборудовании за одну секунду, то получится ток ЧР – тот ток, который протекает в той цепи, которую контролирует датчик, дополнительно за счёт возникновения ЧР. В среднем этот ток является чисто активным и характеризует потери в изоляции из-за возникновения ЧР [2].

Регистрация ЧР, оценка их мощности и повторяемости, а также локализация места их возникновения, позволяет своевременно выявить развивающиеся повреждения изоляции и принять необходимые меры для их устранения.

ЧР могут возникать в изоляции вводов, активной части и переключающих устройств. В изоляции активной части следует различать разряды, возникающие или развивающиеся под рабочим напряжением непосредственно в главной и продольной изоляции, и разряды под действием напряжения, индуктированного основным магнитным потоком или потоком рассеяния в замкнутых контурах, а также искрение, вызванное плавающим потенциалом.

Опыт обследования трансформаторов показывает возможность распознавания степени загрязнения изоляционных промежутков по параметрам ЧР. При нормальном уровне интенсивности ЧР загрязнение изоляционных промежутков характеризуется увеличением частоты повторения импульсов и мощности ЧР [3].

Для обнаружения ЧР и измерения их интенсивности применяются несколько методов, основанных на регистрации различных внешних проявлений ЧР. Сегодня известны

такие методы обнаружения ЧР как: электрический; электромагнитный, или дистанционный, СВЧ-метод; акустический; химический; оптический, или оптоэлектронный; термический.

Наибольшее распространение получил электрический метод. Он основывается на одном из внешних проявлений ЧР – снижении скачка (за время  $10^{-7} \div 10^{-8}$  с при каждом ЧР) напряжения на испытываемой изоляции на величину  $\Delta u_x$ . Этот скачок  $\Delta u_x$  пропорционален энергии  $W_{ч.р.}$ . Скачок напряжения  $\Delta u_x$  на изоляции вызывает переходный процесс в цепях, с которыми соединена емкость  $C_x$  изоляции.

В измерительной установке, схема которой показана на рис. 1, переходный процесс возникает в контуре, состоящем из емкости испытываемой изоляции  $C_x$ , емкости конденсатора связи  $C_c$ , источника регулируемого напряжения (испытательного трансформатора)  $T$  и измерительного элемента  $Z_u$  (резистора с сопротивлением  $R$  или катушки индуктивности  $L_u$ ) [4].

Вследствие переходного процесса на измерительном элементе  $Z_u$  возникает кратковременный импульс напряжения, амплитуда которого пропорциональна значению  $\Delta u_x$ .

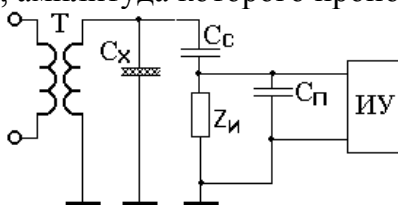


Рисунок 1. Схема установки для измерения характеристик ЧР

Импульс напряжения поступает на измерительное устройство ИУ для измерения амплитуды и числа импульсов, т.е. числа ЧР, в единицу времени. В момент, предшествующий ЧР, в  $C_x$  запасена энергия  $C_x u^2 / 2$ . Можно принять, что после ЧР в изоляции остается энергия  $C_x (u - \Delta u_x)^2 / 2$ , где  $u$  – напряжение в момент появления ЧР. Следовательно,

$$W_{ч.р.} \approx \frac{C_x u^2}{2} - \frac{C_x (u - \Delta u_x)^2}{2},$$

учитывая, что  $\Delta u_x \ll u$ , имеем:  $W_{ч.р.} \approx \Delta u_x C_x u$ . Величина  $q = \Delta u_x C_x$  – кажущийся заряд ЧР.

При ЧР с кажущимися зарядами  $10^{-14} \div 10^{-16}$  Кл происходит относительно медленное старение изоляции. В ряде случаев такие ЧР допустимы при рабочем напряжении, так как обусловленное ими старение оказывается медленным и обеспечивается нормативный срок службы. Опыт эксплуатации показывает, что большая часть отказов трансформаторов из-за ЧР связана с нарушениями в изоляции обмоток. Во многих случаях эксплуатация трансформатора может быть продолжена, если идентифицирован источник ЧР с интенсивностью 300-500 пКл. При ЧР с  $q = 10^{-9} \div 10^{-6}$  Кл происходит значительное разрушение изоляции; такие ЧР недопустимы даже при кратковременных перенапряжениях и, следовательно, при испытательных напряжениях.

Электрический метод обнаружения и измерения характеристик ЧР при эффективном устранении внешних помех позволяет с высокой чувствительностью измерять параметры внутренних ЧР, определять зону и природу возникновения импульсов. Для этого измере-

ния могут проводиться одновременно по нескольким схемам (в разных точках трансформатора), что облегчает определение места ЧР. Например, универсальный анализатор частичных разрядов UPDA (Cutler Hammer, США) измеряет и одновременно анализирует спектры сигналов от восьми датчиков. Измеряются амплитуда разрядов, частота повторения и мощность. Анализатор обеспечивает возможность выявления полезных сигналов на уровне до 50 пКл на новых подстанциях и до 100-150 пКл на подстанциях с высоких уровнем помех [5].

Импульс тока ЧР создаёт импульс давления в окружающей среде, который может быть зарегистрирован соответствующим устройством. На этом принципе основаны акустические методы обнаружения ЧР. В последнее время в системе диагностического контроля метод акустического обследования и измерений частичных ЧР становится всё более актуальным. Основная область применения этих методов – определение места возникновения ЧР в трансформаторе.

Акустический метод даёт возможность геометрической локации источника сигналов. Акустическая детекция проводится обычно после обнаружения симптомов ЧР по результатам анализа растворенных газов. Метод менее чувствителен к источникам, расположенным внутри изоляционной структуры. На распространение сигналов оказывает существенное влияние расположение барьеров главной изоляции. Эффективность метода значительно повышается при его комбинации с электрическим методом и синхронизацией сигналов ЧР. Для регистрации ЧР применяются широкополосные акустические датчики от 30 до 150 или даже 500 кГц, а также резонансные датчики от 125 до 150 кГц. До 8÷24 датчиков устанавливаются вокруг бака на разной высоте.

Одно из важных достоинств акустического метода – меньшая подверженность внешним электрическим помехам [6], он развивается, в настоящее время готовится новый международный стандарт IEC 62 478, по измерению ЧР.

В связи с тем, что электроизоляционная система высоковольтного оборудования в основном определяет его эксплуатационную надёжность, тщательному диагностированию системы уделяют особое внимание. Метод регистрации ЧР отличается оперативностью [2], на его основе разработаны экономичные системы мониторинга энергооборудования, он является одним из наиболее эффективных в выявлении локальных дефектов.

#### Список литературы

1. ГОСТ 21023-75. Трансформаторы силовые. Методы измерений характеристик частичных разрядов при испытаниях напряжением промышленной частоты.
2. Долин А.П. Акустическое обследование трансформаторов. / Долин А.П., Ленякин А.В., Цветаев С.К., НПО «Техносервис-Электро» (г. Москва) // «Энергетика», 2005, № 8 (60).
3. Диагностика трансформаторов и шунтирующих реакторов. / «Электрические сети, оборудование, документация, инструкции».
4. <http://adfoc.ru/knigi/oborudovanie/diagnostika-transformatorov-i-shuntiruyuschih-reaktorov-12.htm>
5. Курс лекций по дисциплине ОПД.Ф.08.02 Электроэнергетика: «Изоляция и перенапряжение».
6. [http://eef.marsu.ru/4k\\_snab.htm](http://eef.marsu.ru/4k_snab.htm)
7. М.Е. Алпатов. Диагностика трансформаторов Электрозавода / М.Е. Алпатов, ОАО «ПК ХК ЭЛЕКТРОЗАВОД».
8. <http://forca.ru/stati/podstancii/diagnostika-transformatorov-elektrozavoda.html>
9. Алексеев Б.А. Контроль состояния (диагностика) крупных силовых трансформаторов. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002. – 211 с. / Серия «Основное электрооборудование в энергосистемах: обзор отечественного и зарубежного опыта».

*А.В.Котенев, А.Н.Татарников*

*Самарский государственный технический университет, г. Самара*

## СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПОГРУЗЧИКАМИ С КАБЕЛЬНЫМ ПИТАНИЕМ

Система электроснабжения от электрической сети промышленного напряжения электропогрузчиков с кабельным питанием может рассматриваться как альтернатива аккумуляторному питанию. Для обеспечения высокой динамики передвижения и маневренности работы в пределах производственного или складского помещения система электроснабжения включает в себя подвесную кабельную линию питания со свободно движущейся кареткой на стальном тросе, натянутом между противоположными стенами рабочего помещения. К каретке подключается гибкий питающий кабель, наматываемый на кабельный барабан, установленный на борту электропогрузчика. На погрузчике размещается силовой трансформатор, регулируемый электропривод перемещения электропогрузчика и подъема груза и регулируемый электропривод кабельного барабана.

Основным элементом математической модели электропривода кабельного барабана как объекта управления натяжением питающего кабеля является тросовая линия, состоящая из натянутого стального каната и перемещающейся по нему кареткой с подвесным кабелем. Уравнение поперечных колебаний каната можно представить в виде

$$\rho(x,t) \frac{\partial^2 U(x,t)}{\partial t^2} + \alpha \frac{\partial U(x,t)}{\partial t} - F_H \frac{\partial^2 U(x,t)}{\partial x^2} = q(x,t) + F(t) \cdot \delta(x-a), \quad (1)$$

где  $x$  и  $t$  – пространственная и временная координаты;  $U(x,t)$  – отклонение каната от его положения равновесия;  $F_H$  – продольная сила натяжения каната;  $\alpha$  – коэффициент пропорциональности;  $q(x,t) = \rho(x,t) \cdot q$  – плотность распределения сил, действующих на канат, определяется линейной плотностью каната и распределением, перемещающейся по нему массе, т.е. величиной  $\rho(x,t)$ , а также ускорением силы тяжести  $q$ ;  $F(t)$  – внешнее усилие со стороны бортовой системы натяжения гибкого питающего кабеля, приложенное в точке  $x_0 = a$ .

Так как концы тросовой линии жестко закреплены то

$$U(x,0) = 0, \quad U(0,t) = U(l,t) = 0. \quad (2)$$

В результате аппроксимации уравнения (1), (2) согласно методу интегральных элементов [1] получены две системы операторных уравнений

$$U_i(p) = C_{1i}^{-1}(p) [c_{3i} U_{i-1}(p) + C_{2i}(p) U_{i+1}(p) - c_{7i} U_{i+2}(p) + c_{8i} + c_{9i} F_i(p)] \quad (3)$$

$$U_i(p) = B_{1i}^{-1}(p) [b_{3i} U_{i-1}(p) + B_{2i}(p) U_{i+1}(p) + b_{7i} + b_{8i} F_i(p)], \quad (4)$$

$$(i = 2, 3, \dots, n-1),$$



где  $U_i(p) = U_n(p) = 0$ ;  $C_{1i}(p) = p^2 + c_{1i}p + c_{2i}$ ;  $C_{2i}(p) = c_{4i}p^2 + c_{5i}p + c_{6i}$ ;  
 $B_{1i}(p) = p^2 + b_{1i}p + b_{2i}$ ;  $B_{2i}(p) = b_{4i}p^2 + b_{5i}p + b_{6i}$ .

Сила  $F_i(p)$ , приложенная в какой-то одной  $i$ -ой точке каната

$$F_i(p) = \begin{cases} 0, \forall i \neq m \\ F_m(p), \forall i = m \end{cases}$$

Отклонение каната в произвольной точке  $i$ -го участка можно найти из соотношения

$$U(x, p) = \frac{x - x_i}{x_{i+1} - x_i} U_{i+1}(p) + \frac{x_{i+1} - x}{x_{i+1} - x_i} U_i(p).$$

Математические модели в форме (3), (4) использованы при конструировании электропривода кабельного барабана складского электропогрузчика с кабельным питанием.

#### Список литературы

1. Котенёв В.И. Приближенный метод решения задач нестационарной теплопроводности // Известия АН СССР. Энергетика и транспорт, 1989. №3. С.111-116.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЕМ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМИ АСИНХРОННЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ

Известна [1] система автоматического управления напряжением узла нагрузки, которая построена на базе обобщенной модели узла нагрузки [2], включающего линию электропередачи, конденсаторную батарею, синхронные и асинхронные электродвигатели с фазным ротором.

Рассматриваемая в этой работе система управления отличается от предыдущей только тем, что в ее состав входят асинхронные двигатели не с фазным, а с короткозамкнутым ротором.

Известно [3], что у двигателей с короткозамкнутым ротором, в отличие от двигателя с фазным ротором, параметры статора и ротора при пуске изменяются в широких пределах. При увеличении скольжения уменьшаются реактивные сопротивления статора и ротора, и увеличивается активное роторное сопротивление. Это объясняется эффектом вытеснения тока ротора и насыщением зубцового слоя машины.

Игнорирование этих явлений приводит к значительной погрешности в моделировании. Использование для этих целей уравнений Клосса также сопровождается большими погрешностями.

Поэтому, в данной работе при моделировании используется обобщенное уравнение механической характеристики короткозамкнутого асинхронного двигателя [3], на базе которого построены динамические характеристики серии ВАО2 450 LB-892:  $P_H=250$  кВт;  $U_H=6000$  В;  $\cos\varphi_H=0,79$ ;  $I_H=5,5$ ;  $s_H=0,011$ ;  $b_H=2$ .

Временная зависимость скольжения представлена выражением

$$s(t) = 1,667e^{-1,2t} \sin(0,9t + 0,643).$$

Динамические характеристики получены в виде следующих выражений:

$$\mu(t) = \frac{M(t)}{M_H} = \frac{P(t)}{P_H} = \frac{0,01368k_r(t)}{s(t) \left( \frac{0,011k_r(t)}{s(t)} + 0,0204 \right)^2 + [0,225(1 + k_x(t))v(t)]^2};$$

$$q(t) = \frac{Q(t)}{P_H} = \mu(t) \operatorname{tg} \arccos [0,144 + 0,858(1 - s(t))^4]$$

Коэффициент, учитывающий увеличение роторного активного сопротивления, вызванного эффектом вытеснения тока:

$$k_r(t) = \begin{cases} 0,778 + 2,222s(t); & \text{при } 0,1 \leq s < 1 \\ 1; & \text{при } 0 \leq s < 0,1. \end{cases}$$

Коэффициенты, учитывающие уменьшение реактивных сопротивлений, вызванных влиянием насыщения:

$$k_x(t) = 2,065 - 1,065\sqrt[3]{k_r(t)}; \quad y(t) = 0,576 + \frac{0,409}{1 + 4290s(t)}.$$

В этих выражениях:  $M$ ,  $P$  – момент и электромагнитная мощность электродвигателя;  $Q$  – реактивная мощность.

Погрешность расчета пускового момента  $\mu(0)$  составляет около 4%, а по уравнению Клосса – 83%.

Характеристики  $\mu(t)$  и  $q(t)$  использовались при структурном моделировании системы автоматического управления узла нагрузки.

#### **Список литературы:**

1. *Котенев В.И., Кочетков В.В.* Дискретно-аналоговая система управления напряжением узла нагрузки электрической системы. II Международная научно-практическая конференция «Инновационные технологии в энергетике»: сборник статей, вып. II, 2014 – С. 71-75.
2. *Котенев В.И., Кочетков В.В.* Обобщенная модель системы электроснабжения при управлении параметрами ее режима. Известия высших учебных заведений. Электромеханика, вып. 5, 2014. – С. 103-105.
3. *Литвак Л.В., Нитусов Е.В.* Обобщенное уравнение механической характеристики короткозамкнутого асинхронного двигателя. Электричество. 1994, №10 – С. 63-66.

*Е.А. Кузнецов, А. Я. Бигун, И.В. Великий, Е.П. Жиленко, Е.Ю. Артамонова, Г.С. Смородин*

*Омский Государственный Технический Университет, г. Омск, Россия*

## ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРЫ И ПОТЕРЬ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ПРИБЛИЖЕННОГО РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ ТЕПЛООВОГО БАЛАНСА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Все чаще необходимо учитывать температуру провода в задаче определения потерь электроэнергии [1-7]. Такой подход предполагает вычисления значений температур элементов электрической сети на основе использования уравнения теплового баланса. С целью упрощения базового уравнения в условиях вынужденной конвекции в работе [6] использовался метод наименьших квадратов. В данной работе метод применяется в условиях естественной конвекции и изложены результаты проверки полученных соотношений.

Уравнение теплового баланса может быть представлено [6]:

$$\Delta P'_0(1 + \alpha \Theta_{\text{внеш}}) = d_{\text{пр}} \left[ \pi \alpha_{\text{кон}} (T_{\text{внеш}} - T_{\text{окр}}) + \pi \varepsilon_n C_0 (T_{\text{внеш}}^4 - T_{\text{окр}}^4) - A_s q_{\text{солн}} \right] \quad (1)$$

где  $T_{\text{внеш}}$  и  $T_{\text{окр}}$  – абсолютные температуры внешней поверхности провода и окружающей среды;  $\alpha_{\text{кон}}$  – коэффициент теплоотдачи конвекцией;  $\alpha$  – температурный коэффициент сопротивления;  $\varepsilon_n$  – коэффициент черноты поверхности провода для инфракрасного излучения;  $C_0 = 5,67 \cdot 10^{-8}$  Вт/(м<sup>2</sup>·К<sup>4</sup>) – постоянная излучения абсолютно черного тела;  $\Theta_{\text{внеш}}$  – температура поверхности провода в °С;  $A_s$  – поглощательная способность поверхности провода для солнечного излучения;  $q_{\text{солн}}$  – плотность потока солнечной радиации на провод;  $d_{\text{пр}}$  – диаметр провода;  $\Delta P'_0$  – потери активной мощности в проводе на единицу длины.

Подставим выражение для коэффициента теплоотдачи естественной конвекцией, полученное в [5], в уравнение (1), и применим метод наименьших квадратов. После преобразований получим уравнение

$$A_2 (\Theta_{\text{внеш}} - \Theta_{\text{окр}})^2 + A_1 (\Theta_{\text{внеш}} - \Theta_{\text{окр}}) + A_0 = 0, \quad (2)$$

где  $\Theta_{\text{окр}}$  – температура окружающей среды в °С,  $A_2$ ,  $A_1$ ,  $A_0$  – коэффициенты аппроксимации.

Уравнение (3) представляет собой уравнение теплового баланса провода, приведенное к квадратичному виду. Его решение имеет вид

$$\Theta_{\text{внеш}} = \Theta_{\text{окр}} + \frac{\sqrt{A_1^2 - 4A_0A_2} - A_1}{2A_2}. \quad (3)$$

Потери активной мощности на единицу длины провода равны

$$\Delta P = \Delta P'_0(1 + \alpha \Theta_{\text{внеш}}). \quad (4)$$

Для проверки достоверности расчетов приведем результаты сравнительных расчетов температуры, вычисленной по приближенному уравнению (4) и исходному уравнению (1), а также по международному методу CIGRE [8]. Расчет потерь активной мощности производился по формуле (5). Вычисление по уравнению (1) производилось на основе использования метода последовательных приближений при условии вынужденной конвекции. Для провода марки 429-AL1/56-ST1 исходные данные приведены в таблице 1 [9], а результаты расчетов – в таблице 2.

Как следует из таблицы 2, несоответствие температуры, найденной для скорости ветра 0,2 м/с по приближенному уравнению для естественной конвекции по сравнению с исходным уравнением для вынужденной и методом CIGRE не превышает 5 °С. В то же время при скорости ветра 0,4 м/с наблюдаются более существенные отличия: погрешности нахождения температуры провода по приближенному методу больше 10 °С. Этот факт обусловлен не погрешностями аппроксимации, а тем, что данный метод не учитывает скорость ветра, то есть работает в условиях естественной конвекции. Что касается определения потерь активной мощности, то для этой цели предлагаемый приближенный метод может быть реализован с высокой точностью.

**Таблица 1 - Исходные данные для решения уравнений теплового баланса**

Наименование и обозначение параметра	Численное значение
Погонное активное сопротивление при 0 °С $r_0$	0,0000624 Ом/м
Температурный коэффициент сопротивления $\alpha$	0,00403 °С <sup>-1</sup>
Диаметр провода $d_{np}$	0,0286 м
Степень черноты поверхности провода $\varepsilon_n$	0,5
Поглощательная способность поверхности провода для солнечного излучения $A_s$	0,5
Температура окружающей среды $\Theta_{окр}$	40 °С
Суммарная солнечная радиация $q_{солн}$	632,9 Вт/м <sup>2</sup>
Допустимая температура токоведущей жилы $\Theta_{дон}$	90 °С
Атмосферное давление на высоте 1600 м, кПа	81,3

**Таблица 2 - Результаты решения уравнений теплового баланса**

$I$ , А		600	650
Скорость ветра, м/с		0,2	0,4
Расчет по приближенному уравнению (12)	$\Theta_{np}^{анпр}$ , °С	81,8	86,0
	$\Delta P_{анпр}$ , Вт/м	29,86	35,49
Расчет по исходному уравнению (1) для вынужденной конвекции	$\Theta_{np}^{ucx}$ , °С	77,5	76,0
	$\Delta P_{ucx}$ , Вт/м	29,47	34,42
Расчет по методу CIGRE	$\Theta_{np}^{cigre}$ , °С	78,8	74,0
	$\Delta P_{cigre}$ , Вт/м	29,59	34,21
Погрешности	$\Delta \Theta_{np}^{ucx}$ , °С	4,3	10,0
	$\Delta \Theta_{np}^{cigre}$ , °С	3,0	12,0
	$\Delta \Theta_{ucx}^{cigre}$ , °С	1,3	2,0
	$\delta(\Delta P_{ucx})$ , %	1,32	3,11
	$\delta(\Delta P_{cigre})$ , %	0,91	3,74
	$\delta(\Delta P_{ucx}^{cigre})$ , %	-0,41	0,61

#### Список литературы:

1. Математическая модель расчета потерь мощности в изолированных проводах с учетом температуры / С. С. Гиршин [и др.] // Омский научный вестник. – 2009. – № 3(83). – С. 176–179.

2. Уточнение метода расчета температуры провода при постоянной нагрузке с учетом климатических факторов / Гиршин С.С., Горюнов В.Н., Бубенчиков А.А., Петрова Е.В., Петров А.С. // депонированная рукопись № 198-B2010 08.04.2010
3. Расчет погрешностей определения электрической энергии в проводах повышенной пропускной способности из-за неучета атмосферных и режимных факторов / Петрова Е.В., Бигун А.Я., Горюнов В.Н., Гиршин С.С., Бубенчиков А.А. // Омский научный вестник. – 2013. - №2(120). – С. 191-197.
4. Учет температурной зависимости сопротивления неизолированного провода при выборе мероприятий по снижению потерь энергии на примере компенсации реактивной мощности / Е. В. Петрова, С.С. Гиршин, В.Н. Горюнов [и др.] // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. - 2013. - № 1. - С. 284-291.
5. Гиршин С.С. Совершенствование методов расчета потерь электроэнергии в линиях электропередачи на основе математических моделей, учитывающих температуру проводов / С.С. Гиршин, В.Н. Горюнов, А.А. Бубенчиков, Е.В. Петрова, В.Л. Юша / Омский гос. техн. ун-т. – Омск, 2009. –19 с. – Деп. в ВИНТИ 30.09.09, N609-B2009.
6. Гиршин С.С. Упрощение уравнений теплового баланса воздушных линий электропередачи в задачах расчета потерь энергии / С.С. Гиршин, В.Н. Горюнов, Е.А. Кузнецов, А.В. Карпенко / Омский научный вестник. – 2013. – №1. – С. 148-151.
7. Анализ распределения температуры по сечению самонесущих изолированных проводов / А. А. Бубенчиков, В. Н. Горюнов, С. С. Гиршин, Е. В. Петрова [и др.] // Омский научный вестник. - 2009. - № 3(83). - С. 171-175.
8. Cigr'e Working Group 22.12, Thermal behaviour of overhead conductors, Cigr'e Brochure 207, August 2002.
9. Numerical study of the thermal behaviour of bare overhead conductors in electrical power lines, F. Alvarez Gomez, J. M. Garcia De Maria, D. Garcia Puertas, A. Bairi, R. Granizo Arrabe, World Scientific and Engineering Academy and Society, p 143 - 153, Spain 2011.

*А.Г. Кудряков, Д.Е. Кучеренко, Е.А. Кочубей*

*Кубанский государственный аграрный университет, г. Краснодар*

## **ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ**

Предложены различные варианты оптимального проектного решения при проектировании и эксплуатации РТП при минимально возможных затратах материальных ресурсов.

Ключевые слова: электрическая сеть, инвестиционное строительство, модернизация, реконструкция.

Между проектированием, оптимизацией развития распределительных электрических сетей и оптимизацией режимов при их эксплуатации имеется прямая связь. При проектировании и эксплуатации районной трансформаторной подстанции (РТП) оптимальность проектного решения означает, что заданный производственный эффект получается при минимально возможных затратах материальных ресурсов.

**Инвестиционное строительство** – это производственный процесс создания производственных и непроизводственных фондов путем строительства новых, расширения, реконструкции, технического переоборудования и модернизации действующих объектов.

**Модернизация** – изменения производства соответственно современным требованиям путем ввода различных усовершенствований технологического процесса и оборудования. Необходимость в модернизации тесно связана с понятием ресурса – суммарной наработкой, при достижении которой существенно изменяется состояние объектов электрических сетей.

**Техническое перевооружение** предприятия или его подразделения – это обновление производственного процесса, при котором постоянно происходит замена старой производственной техники и технологии на новую, с более высокими технико-экономическими показателями, без расширения производственной площади.

**Расширение** действующих предприятий – это увеличение объемов производства, которое достигается за счет строительства дополнительных цехов и других подразделений основного производства.

**Реконструкция** – это мероприятия, связанные как с заменой морально устаревших и физически изношенных машин и оборудования, так и с совершенствованием и перестройкой зданий и сооружений.

Реконструкция и техническое перевооружение предприятия более эффективны, чем новое строительство, и отличаются более прогрессивной структурой капитальных вложений. При этом обновляется главным образом активная часть основных фондов, без существенных затрат на строительство зданий и сооружений.

При расширении и новом строительстве структура инвестиционных вложений менее эффективна, чем при реконструкции и техническом перевооружении, так как большая часть средств, при этом затрачивается на возведение зданий и сооружений. Вместе с тем новое строительство неизбежно, поскольку предприятия невозможно безгранично реконструировать.

#### **Список литературы:**

1. Беренс В., Хавранек П.М. Руководство по подготовке промышленных технико-экономических исследований. – М.: АОЗТ «Интерэксперт», 2005.
2. Бородин И.Ф. Основные проблемы повышения надежности электроснабжения потребителей в сельской местности. / И.Ф. Бородин (МГАУ). Режим доступа: <http://agroportal.su>. – Загл. с экрана.
3. Виноградов А.В. Обзор проблем электроснабжения АПК / Орел, Орловский ГАУ, 2009. Режим доступа: <http://www.orelsau.ru>. – Загл. с экрана.



*Д.Е. Кучеренко, Е.А. Кочубей*

*Кубанский государственный аграрный университет, г. Краснодар*

## **СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА**

Предложенные солнечные батареи являются источником тока на основе полупроводниковых фотоэлементов, непосредственно преобразующие энергию солнечной радиации в электрическую, путем попадая на поверхность полупроводников.

Ключевые слова: солнечная энергетика, солнечное излучение, фотоэлектрические установки, солнечные батареи.

Солнечная энергетика - использование солнечного излучения для получения энергии в каком - либо виде.

Достоинства использования солнечной энергетике: общедоступность и неисчерпаемость источника (Солнца); теоретически, полная безопасность для окружающей среды.

Недостатки использования солнечной энергетике: солнечная электростанция не работает ночью и недостаточно эффективно работает в утренних и вечерних сумерках, а так же колеблется из-за смены погоды; дороговизна солнечных фотоэлементов; недостаточный КПД солнечных элементов.

Преобразование солнечной энергии в электрическую происходит при помощи солнечных батарей. Это электрическое устройство, которое преобразует часть солнечного электромагнитного излучения в постоянный электрический ток. Прием и преобразование энергии Солнца осуществляется гелиоустановками, которые превращают ее в электрическую (солнечные батареи).

Преимущества гелиоустановок: автономность, безопасность.

Фотоэлектрические установки наиболее эффективны с энергетической точки зрения, поскольку это прямой, одноступенчатый переход энергии. Преобразование солнечной энергии в электрическую осуществляется в них с помощью полупроводниковых фотоэлементов.

Попадая на поверхность полупроводника, фотоны солнечного света вырывают электроны из его атомов. Под влиянием специального химического вещества, добавляемого в структуру материала, освобожденные электроны перемещаются в определенном направлении, в результате чего образуется электрический ток.

Отдельный фотоэлемент дает очень слабый ток, но сотни, соединенные в батарею, вырабатывают значительное количество электроэнергии. Такие устройства называют солнечными батареями.

Все еще противоречивая солнечная энергетика только начинает завоевывать страны с рыночной экономикой и развивающиеся государства. Дороговизна технологий сдерживает этот процесс.

Однако постепенное удешевление установок делает энергию солнца все более привлекательной.

Успех развития этой отрасли напрямую будет зависеть от того, как быстро мы сможем начать оперировать с энергией Солнца.

### **Список литературы:**

1. Андреев С.В. Солнечные электростанции- М.:Наука 2002.
2. Базаров Б.А., Заддэ В.В., Стебков Д.С. и др. Новые способы получения кремния солнечного качества. Сб. "Солнечная фотоэлектрическая энергетика". Ашхабад, 1983.
3. Сидоренко Н.С., Евдокимов В.М., Стребков Д.С. Развитие фотоэлектрической энергетике. -М., Информэлектро, 1988 Рубан 4. С.С. Нетрадиционные источники энергии-М.:Энергия, 2003.

*Д.Е. Кучеренко, Е.А. Кочубей*

*Кубанский государственный аграрный университет, г. Краснодар*

## ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ ВОССТАНАВЛИВАЕМЫХ СИСТЕМ

Представлен расчёт надёжности всей системы электроснабжения в целом с учетом особенностей эксплуатации и технического обслуживания.

Ключевые слова: восстановление объекта, поток отказов, надёжность, электроснабжение.

Особенностью восстанавливаемых объектов является циклический характер работы, когда за работоспособным состоянием следует отказ, затем восстановление и повторный ввод в эксплуатацию.

Основной числовой характеристикой восстанавливаемых систем является параметр потока отказов  $\omega(t)$  – плотность вероятности возникновения отказа восстанавливаемой системы, определяемая для заданного момента времени.

Изменение параметра потока отказов во времени называется характеристикой жизни объекта и имеет вид кривой, приведенной на рисунок 1.



**Рисунок 1. Зависимость интенсивности отказов от времени работы.**

Весь срок службы можно разбить на три периода. На первом из них (от 0 до  $t_1$ ) функция  $\omega(t)$  имеет достаточно высокое значение, что объясняется повышенным числом отказов элементов, имеющих скрытые дефекты.

Второй участок (от  $t_1$  до  $t_2$ ) характеризует период нормальной эксплуатации с практически неизменной интенсивностью отказов.

Третий период ( $t_2$  и далее) – период старения вследствие необратимых физико-химических процессов, где параметр потока отказов вновь возрастает.

В зависимости от уровня рассматриваемого объекта показатели надёжности можно разделить на оперативные и технические. Оперативные показатели характеризуют качество функционирования системы с точки зрения потребителя. В качестве оперативных показателей, как правило, используют коэффициент готовности или коэффициент простоя. В качестве технических показателей, как правило, используют коэффициент готовности или коэффициент простоя, а

также условный недоотпуск энергии в течение года, относительное удовлетворение спроса на энергию и математическое ожидание экономического ущерба в результате перерывов электроснабжения.

Технические показатели характеризуют параметр потока отказов, среднюю наработку на отказ и среднее время восстановления. Зная эти показатели для отдельных элементов, можно рассчитать надежность всей системы электроснабжения в целом с учетом особенностей эксплуатации и технического обслуживания.

#### **Список литературы**

1. Жалилов Р.Б. Об особенностях применения комплексного метода для оценки надежности электроснабжения потребителей // Промышленная энергетика. – 2007, № 11.

2. Киселева С. Анализ надежности как элемент планирования электрических распределительных сетей // Электротехнический рынок. – 2008, № 3 (21).

3. Конюхова Е. А., Киреева Э. А. Надежность электроснабжения промышленных предприятий. – М.: НТФ «Энергопрогресс», 2001.

*Д.Е. Кучеренко, Е.А. Кочубей*

*Кубанский государственный аграрный университет, г. Краснодар*

## **МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ**

Предложено использовать несколько методов диагностики кабельных линий, в результате которых может быть принято решение о продлении срока эксплуатации силовых кабельных линий, отработавших нормативный срок службы.

Ключевые слова: кабельная линия, методы диагностики, диэлектрические характеристики, измерения.

По официальным данным об удельной повреждаемости кабельных линий 6-10 кВ не содержит информации о повреждениях кабельных линий, выявленных на стадии испытания. По обоснованным причинам планово-профилактические испытания повышенным постоянным напряжением не проводятся.

Заключение о «надежности, например, кабельных линий» нельзя напрямую получить по расчетной вероятности отказа без экспериментального определения внутренних неоднородностей и оценки состояния изоляции кабельных линий. В настоящее время используется несколько методов диагностики кабельных линий.

Метод измерения и локализации частичных разрядов - использование этого метода позволяет не только получить информацию о техническом состоянии диагностируемых линий, не травмируя их изоляцию, но и локализовать имеющиеся проблемные места в кабельных линиях с повышенным уровнем частичных разрядов.

Метод измерения диэлектрических характеристик - при разных испытательных напряжениях и частотах можно судить о состоянии и степени старения изоляции эксплуатирующийся кабелей.

Метод измерения и анализа возвратного напряжения - основан на измерении и анализе зависимостей от времени тока зарядки в процессе зарядки емкости кабеля постоянным напряжением небольшой величины, и возвратного напряжения в изоляции кабеля после его кратковременной разрядки. Эти зависимости характеризуют состояние, степень старения и содержание влаги в изоляции КЛ.

Метод рефлектометрии - позволяет определять дефекты: обрыв кабеля, короткое замыкание жил кабеля, разбитость пар в кабеле, намокание кабеля, - а также обнаруживать наличие прочих устройств на кабельной линии.

По результатам технического диагностирования кабельных линий с использованием неразрушающих методов может быть принято решение о продлении срока эксплуатации силовых кабельных линий, отработавших нормативный срок службы, при условии, что обследованная кабельная линия находится в исправном техническом состоянии и кабельная линия обладает достаточным остаточным ресурсом для дальнейшей безаварийной работы.

### Список литературы:

1. Канискин В., Таджибаев А. Определение остаточного ресурса силовых кабелей – неразрушающая диагностика// Новости Электротехники. – 2003, № 2.
2. Перспективы повышения эффективности электроэнергетического комплекса Кубани. Электрогерiatrics – совершенствование эксплуатации изношенного электрооборудования / В.Г. Сазыкин, А.Г. Кудряков, С.А. Нетребко, В.В. Пронь. – Краснодар: КубГАУ, 2012.
3. Привалов И.Н. Современные методы и технические средства для испытаний и диагностики силовых кабельных линий номинальным напряжением до 35 кВ включительно. – Санкт-Петербург: Петербургский энергетический институт повышения квалификации, 2008.

*Д.Е. Кучеренко, Е.А. Кочубей*

*Кубанский государственный аграрный университет, г. Краснодар*

### **АККУМУЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГИИ**

Предложено аккумулирование энергии - преобразование энергии в устройство, оборудование, установку или сооружение – в аккумулятор энергии.

Ключевые слова: аккумулирование энергии, аккумулирующие устройства, биомасса, биотопливо, биогаз.

Аккумуляция (накоплением) энергии - ввод какого-либо вида энергии в устройство, оборудование, установку или сооружение – в аккумулятор (накопитель) энергии – для того, чтобы эту энергию оттуда затем в удобное для потребления время снова в том же или в преобразованном виде получить обратно.

С помощью аккумулирующих устройств решаются следующие задачи:

- выравнивание пульсирующей мощности;
- согласование графиков производства и потребления энергии с целью питания потребителей в периоды, когда агрегат не работает или его мощности недостаточно;
- снабжение объекта энергией по заданному графику;
- увеличение суммарной выработки энергии генерирующей установкой;

Биологическое аккумулирование энергии

Биомасса — неископаемые органические вещества биологического происхождения.

Биомасса является эффективным возобновляемым источником энергии.

Ресурсы биомассы в различных видах есть почти во всех регионах, и почти в каждом из них может быть налажена её переработка в энергию и топливо.

Использование биомассы проводится в следующих направлениях: прямое сжигание, газификация, производство этилового спирта для получения моторного топлива, производство биогаза из сельскохозяйственных и бытовых отходов.

Биогаз — это смесь метана и углекислого газа, образующаяся в специальных реакторах — метантенках, устроенных и управляемых таким образом, чтобы обеспечить максимальное выделение метана.

Установки для производства биогаза из органических отходов обычно подразделяют на четыре основных типа:

- \* без подвода тепла и без перемешивания сбраживаемой биомассы;
- \* без подвода тепла, но с перемешиванием сбраживаемой массы;
- \* с подводом тепла и с перемешиванием биомассы;
- \* с подводом тепла, с перемешиванием биомассы и со средствами контроля и управления процессом сбраживания.

Получение биогаза экономически оправдано и является предпочтительным при переработке постоянного потока отходов.

Опыт создания биогазовых установок свидетельствует, что их конструктивные и технологические особенности определяют различные факторы и, в первую очередь, сырье, его свойства и предыдущая обработка.

#### **Список литературы:**

1. Агеев В.А. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии (курс лекций) © Кафедра теплоэнергетических систем, 2006.
2. Гулиа Н. В. Накопители энергии. - М., 1980г.
3. Левенберг В.Д. и др. Аккумуляция тепла. 1991г.
4. Пугач Л.И. нетрадиционная энергетика, возобновляемые источники.

*И.Ю.Лошкарев, А.П.Клепиков, В.И.Лошкарев*

*Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, г. Саратов*

## **ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В АЛЕКСАНДРОВО-ГАЙСКОМ РАЙОНЕ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Проанализирована актуальность применения возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в Александрово-Гайском районе Саратовской области. Расположение комбинированного электроснабжения в данном районе имеет большие перспективы из-за удаленности некоторых хуторов от централизованного электроснабжения. Создается проект, предполагающий использование экологического и энергосберегающего оборудования.

Целью нашего проекта является оценка возможности применения возобновляемых источников энергии в фермерском хозяйстве с целью снижения себестоимости продукции и сохранения окружающей среды.

Александрово-Гайский район имеет мощный потенциал ВИЭ. Как показали предыдущие исследования, наибольший интерес ВИЭ представляет для удаленных децентрализованных потребителей. Строительство генерирующих объектов на базе ВИЭ поможет решить проблему удаленных хуторов.

Большинству стран мира инвестиции в альтернативную солнечную и ветровую энергетику принесли огромную пользу, обеспечив людей, предприятия, сельские и фермерские хозяйства чистой и независимой энергией. Ветровые генераторы и солнечные фотоэлектрические модули сегодня являются одними из важнейших направлений развития мирового рынка альтернативной возобновляемой энергетики.

В нашей стране альтернативные источники энергии оставались невостребованными до тех пор, пока энергетические ресурсы оставались доступными, стабильными и относительно недорогими. В настоящее время экономический потенциал ВИЭ существенно увеличился в связи с подорожанием традиционного топлива [23]. ВИЭ со временем, могут снизить рост тарифов на электрическую и тепловую энергию. Цена органического топлива со каждым годом возрастает, а технологии ВИЭ постоянно совершенствуются и с каждым годом становятся более дешевыми. Через несколько лет возможен сценарий, когда генерация тепловой и электрической энергии может сравняться по себестоимости между традиционными генерирующими объектами и генераторами ВИЭ. В этом случае, внедрение ВИЭ в энергосистему страны может стать перспективным объектом инвестирования.

На данный момент себестоимость генерации тепловой и электрической энергии на базе большинства видов ВИЭ превосходит себестоимость производства на больших станциях традиционного топлива. С другой стороны, на данном этапе развития энергетики у ВИЭ имеется возможность существенно повысить

энергоэффективность удаленных районов, не имеющих централизованного электро- и теплоснабжения.

С точки зрения государственного регулирования на территории Александрово-Гайского перспективно развитие четырех основных направлений ВИЭ: ветроэнергетики; малой гидроэнергетики; солнечной энергетики; биоэнергетики.

Предпочтение данным направлениям отдано по следующим причинам:

- 1) наличие потенциала ВИЭ на территории Александрово-Гайского района.
- 2) возможность использования конкретных типов ВИЭ для решения локальных задач электроснабжения населенных пунктов района.

Исчерпаемость этих источников, возникновение экологической проблемы, удаленность и недоступность некоторых потребителей к централизованному электроснабжению выдвигают актуальность создания комбинированной системы ВИЭ.

Нами создается проект для индивидуального хозяйства Александрово-Гайского района с применением возобновляемых источников энергии. Анализ ситуации выявил перспективность такой разработки.

В связи с благоприятными климатическими условиями для ВИЭ и решения экологических проблем предлагается установить для отдаленных от электросетей централизованного электроснабжения в фермерских хозяйствах Александрово-Гайского района Саратовской области комбинированную электростанцию.

Нами проанализирована температура воздуха, скорость ветра, количество облаков и осадки (таблица 1).

**Таблица 1. -Климат Александрово-Гайского района**

месяц	Температура воздуха(С)			Скорость ветра(м/с)	Количество облаков(%)	Осадки (мм/месяц)
	Минимальная	Средняя	Максимальная			
Январь	-34,3	-20,9	0,2	5,4	60	12
Февраль	-31,5	-12,2	1,4	5,4	70	4,7
Март	-20,4	-4,3	3,7	5,6	73	13,4
Апрель	-0,6	12,2	31,8	4,3	51	9,2
Май	0	17,4	32,1	4,3	48	14,5
Июнь	4,5	19,5	33,8	4,7	59	33,3
Июль	8,9	21,4	35,6	5,2	55	28,6
Август	7,2	19,7	36,3	4,5	58	29,7
Сентябрь	7,1	16,8	32,2	4,5	51	10,5
Октябрь	-10,2	5,8	17,6	4,8	59	21,7
Ноябрь	-15,4	-1,8	10,5	5,3	61	17,6
Декабрь	-21,4	-7,7	1	4,7	57	24,5
Год	-34,3	5,6	36,3	4,9	58	18,3



Исходя из полученных данных, актуальность нашей системы оценивается в данной местности с хорошей производительностью.

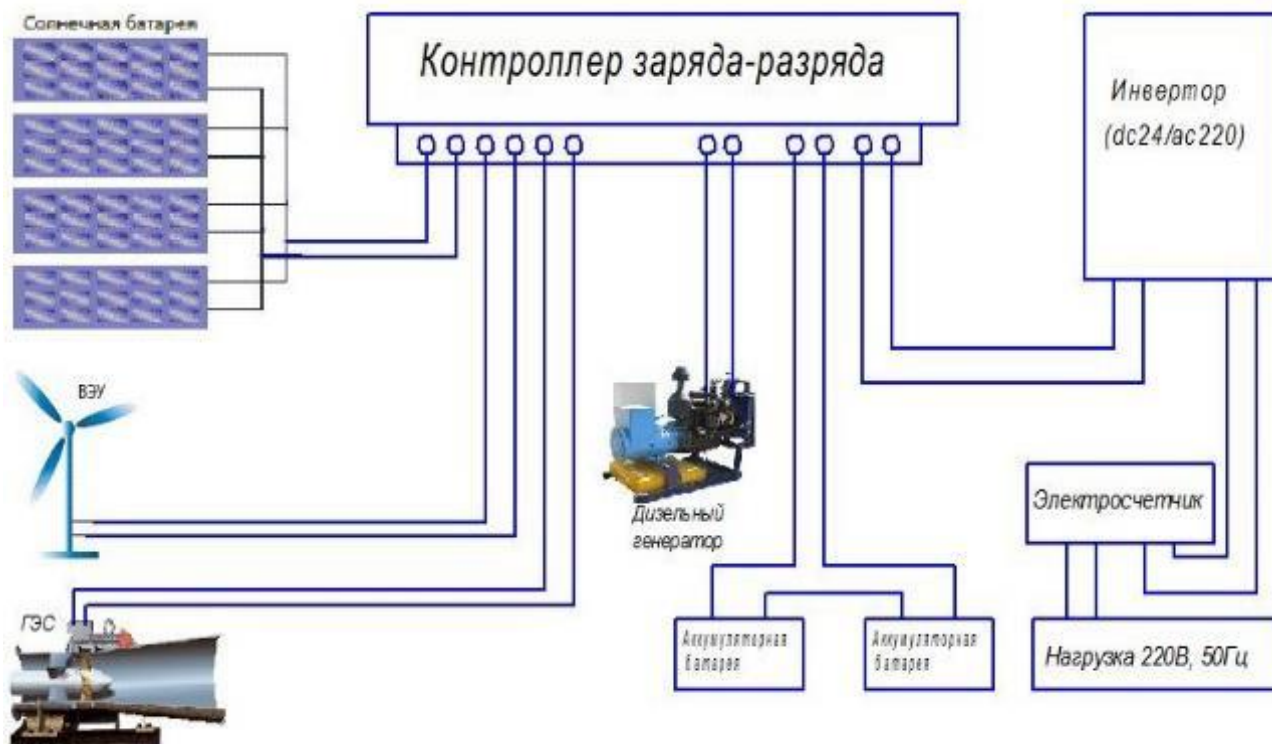
Климат в районе резко-континентальный, засушливый. Зимние периоды достаточно суровые, ветряные и малоснежные. Сильные ветра вызывают затяжные метели в отдельных случаях снежные бури. Снежный покров маломощный и устанавливается в первых числах декабря. Осенние и весенние периоды непродолжительные, сопровождаются ветряной и неустойчивой погодой. Отмечается быстрый переход от летнего тепла к холоду, и от холодного периода к летним показателям. Лето в районе жаркое и засушливое. Ветра вызывают мощные сушеи и пыльные бури. Редкие проливные дожди и грозы в основном приходятся на конец июня месяца. Среднегодовая норма осадков составляет 350 мм[2].

Нами выбрано несколько участков, на которых может использоваться комбинированная система. Один из них представлен на рис 1.



**Рисунок 1. Снимок фермерского хозяйства «Комплекс» и переливной плотины:  
1.мини ГЭС; 2.ветрогенератор; 3.солнечные панели.**

Предлагается установить на данном участке комбинированную электростанцию. В ее состав входит солнечная батарея (СБ), аккумуляторная батарея, стабилизационный блок, ветрогенератор, а также электронный блок, который содержит контроллер, следящий за работой батареи, зарядный блок и инвертор преобразования постоянного напряжения в переменное 220 В частотой 50 Гц (рис. 2). Если светит солнце или дует ветер, то происходит электропитание нагрузки и зарядка аккумуляторов, если ветер и солнце отсутствуют (ночью, во время штиля), то нагрузка питается от аккумулятора [3].



**Рисунок 2. Структурная схема комбинированной электростанции**

Главным элементом системы является ветрогенератор. Исходя из суммы мощностей по сезону (таблица 2), выбранный нами ветрогенератор вырабатывает от 2000 до 3000 кВт\*ч и заряжает аккумуляторные батареи. Для того чтобы система не зависела от наличия или отсутствия одного из энергетических ресурсов и работала более стабильно и эффективно, мы добавили фотоэлектрические модули, которые генерируют электроэнергию от солнца и заряжают батареи системы.

Такая «гибридная» ветроэнергетическая электрогенераторная установка работает как автономно – вне электрических сетей, так и с использованием городской сети или сети дизельного генератора.

При отсутствии ветра и солнца, система продолжит снабжать электроэнергией от аккумуляторных батарей, а когда иссякнет заряд батарей, переключится на работу от дизельного генератора, которые обеспечат потребителей электроэнергией, и зарядят батареи.

На рассматриваемом участке есть возможность установки мини ГЭС в переливной плотине реки Большой Узень. Ее использование может позволить увеличить мощность нашей комбинированной энергосистемы в летний период. Но основное ее назначение поможет восстановить или поддерживать существующие лиманы на данном фермерском участке.

Преимущества мини-ГЭС: отсутствует нарушение природного ландшафта и окружающей среды в процессе строительства и на этапе эксплуатации; отсутствует отрицательное влияние на качество воды: она не теряет первоначальных природных свойств и может использоваться для водоснабжения населения; обеспечивается подача потребителю дешевой электроэнергии.

В итоге мы проектируем комбинированную энергосистему в распределении по мощности и сезону (табл.2).

**Таблица 2. -Сумма мощностей по сезонам**

Установка	Зима	Весна	Лето	Осень
Ветрогенератор, кВт*ч	2000-3000	2000-3000	2000-3000	2000-3000
Гидрогенератор, кВт*ч			15	
Солнечные панели, кВт*ч	152	805	1006	432
Дизельный генератор кВт	10			

Несмотря на немалую стоимость, срок окупаемости данной электростанции составляет от 6 до 12 лет, но учитывая положительное влияние на экологическую картину района, полезность не вызывает сомнений.

Предлагаемая система не требует сложного монтажа, при необходимости мощность всегда можно увеличивать.

Отличительные особенности: высокая эффективность и универсальность выработки экологически чистой электроэнергии; безопасность эксплуатации; эксплуатируется во всех климатических зонах; подтвержденная работоспособность при скоростях ветра от 3 до 50 м/с, при температурах от -40 до +50 С.

Одной из областей наиболее эффективного применения комбинированных электростанций является отдаленные от электросетей централизованного электроснабжения: это владельцы домов и фермерских хозяйств, где энергия требуется для обеспечения электричеством в жилых домах бытовой нагрузки и для снабжения электричеством животноводческих ферм и техники, для поддержания оптимальной температуры в животноводческих помещениях[5].

Малая ветро-солнечная система повышенной надежности автономного энергообеспечения состоит из ветрогенератора мощностью 20кВт и 8 кВт солнечных панелей. Такая система предназначена для освещения, использования всех основных бытовых приборов, ЖК телевизора, ноутбука, зарядных устройств, телефонов, чайника и прочих потребляющих приборов средней мощности. Такая система за месяц вырабатывает 2500-4000 кВт\*ч электричества (в зависимости от скорости ветра и облачности). Этого достаточно для обеспечения нужд небольшой или экономно потребляющей энергию семьи. В сочетании с солнечными коллекторами может обеспечить все потребности в электричестве и обогреве воды [1].

В таблице представлен расчет системы на одно фермерское хозяйство.

**Таблица 3. - Параметры проектируемой системы**

Площадь дома (кв м)	100
Площадь животноводческих помещений (кв.м)	600
Качество теплоизоляции здания	нормальное (кирпич 540мм, газоблок с утеплением 50мм, дерево свыше 200мм)
Способ отопления	"теплый пол" + радиаторы
Количество членов семьи	4
Расход горячей воды на человека в день (л)	20
Цена 1 кВтч электроэнергии (руб)	2,8
Цена 1 л. горючего (руб)	32
Расход электроэнергии в месяц (кВт/ч)	1900
Дом (кВт/ч)	600
Перерабатывающий цех в месяц (кВт/ч)	50

Малая энергетика, о которой идет речь в данной работе, является отраслью, новой для нашего района. При помощи комбинированной системы проблема энергообеспечения может быть решена, когда речь идет об удаленных или труднодоступных населенных пунктах.

Проанализирована актуальность применения возобновляемых источников энергии в фермерском хозяйстве «Комплекс» Александрово-Гайском районе Саратовской области. Расположение комбинированного электроснабжения в данном районе имеет большие перспективы. Создается проект, предполагающий использование экологического и энергосберегающего оборудования.

#### **Список литературы:**

1. Агеев В.А. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии МРСУ. 2004. – 174 с.
2. Александров-Гай. Режим доступа [https://ru.wikipedia.org/wiki/Александров\\_Гай](https://ru.wikipedia.org/wiki/Александров_Гай)
3. Ветросолнечная электростанция Томской области. Режим доступа [http://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=5024](http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5024)
4. Гербер Ю.Б. Перспективное использование нетрадиционных источников энергии в сельском хозяйственном производстве. Режим доступа [http://www.info.crimea.edu/crimea/ac/8/1\\_17.html](http://www.info.crimea.edu/crimea/ac/8/1_17.html)
5. Кашкаров А.П. Ветрогенераторы, солнечные батареи и другие полезные конструкции. - М.: ДМК Пресс, 2011. - 144 с.
6. Мини электростанция. Режим доступа <http://miniges.com/variant>

**Ю.Ф. Лыков**

*Самарский государственный технический университет, г. Самара.*

## **ЗАЩИТА ОТ ОДНОФАЗНЫХ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 6-20 кВ**

В настоящее время в России для распределительных сетей среднего напряжения используются шесть режимов нейтрали, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки:

1) Изолированная нейтраль позволяет сохранить на некоторое время в работе присоединение, на котором произошло ОЗЗ - однофазное замыкание на землю (70 – 90 % всех замыканий). Но при задержке отключения ОЗЗ оно обычно переходит в многофазное и приводит к срабатыванию МТЗ. Кроме того, в кабельной сети оно вызывает двух – четырехкратные перенапряжения, обусловленные возникновением «перемежающейся» (многократно загорающейся и гаснущей) дуги.

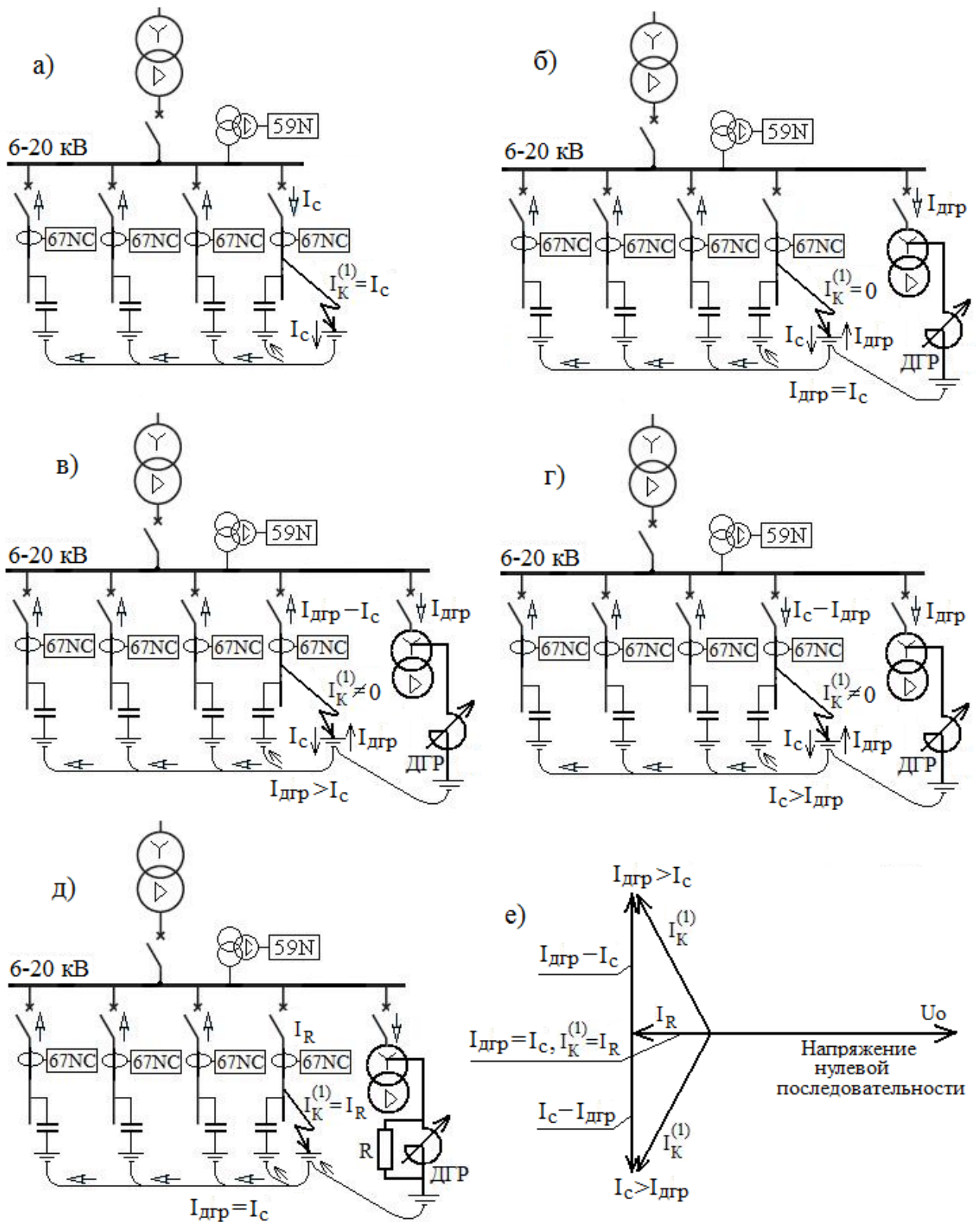
2) Компенсированная нейтраль (нейтраль, заземленная через дугогасящий реактор - ДГР) позволяет резко снизить величину тока однофазного замыкания, но приводит к невозможности выполнения селективной токовой защиты от ОЗЗ. Применяется в разветвленных кабельных сетях с большим емкостным током ОЗЗ.

3) Высокоомное резистивное заземление нейтрали, благодаря низкому току ОЗЗ, обеспечивает длительную работу сети с ОЗЗ (на время поиска и отключения поврежденного присоединения оперативным персоналом), что приводит к снижению перенапряжений и к устранению феррорезонансных явлений.

4) Нейтраль, заземленная через ДГР, шунтированный высокоомным резистором (комбинация типов 2 и 3) также имеет низкое значение тока ОЗЗ, но позволяет применить селективную токовую защиту от ОЗЗ.

5) Низкоомное резистивное заземление нейтрали в России применяется в сетях собственных нужд электростанций. Ток ОЗЗ величиной 40 – 100 А вызывает немедленное селективное отключение поврежденного участка. В сетях 20 кВ Electricité de France (Франция) для кабельных и воздушных сетей приняты токи 1000 и 300 А соответственно. Защита от ОЗЗ при этом упрощается, перенапряжения не возникают, но основное преимущество трех первых режимов (повышенная бесперебойность питания) теряется.

6) Низкоомное индуктивное заземление нейтрали является частным случаем низкоомного резистивного заземления при  $R_3=0$  (при отсутствии заземляющего резистора). Ток ОЗЗ при этом ограничивается путем соответствующего подбора параметров нейтралера (ФМЗО) или заземляющего трансформатора.



**Рисунок 1. Направленная защита от ОЗЗ.**

а) изолированная нейтраль; б) компенсированная нейтраль (КН) и резонансная настройка ДГР (идеальная компенсация); в) КН и перекомпенсация; г) КН и недокомпенсация; д) КН и ДГР шунтированный сопротивлением R; е) векторные диаграммы для случая ДГР+R при разных вариантах компенсации.



Благодаря большой величине тока ОЗЗ в сетях типов 5 и 6, ненаправленная токовая защита обеспечивает хорошую чувствительность.

Трудности с выполнением селективной защиты, реагирующей на токи нулевой последовательности, возникают в сетях с нейтральными типами 1 – 4, где для достижения требуемой чувствительности следует применять направленную защиту на ток нулевой последовательности (рис.1).

Анализ рисунков 1б, 1в и 1г показывает необходимость шунтирования ДГР с целью получения активной составляющей IR тока замыкания, которая при ОЗЗ проходит лишь по поврежденному присоединению и надежно обнаруживается микропроцессорной защитой, укомплектованной качественными ТТНП. В зависимости от требуемой степени бесперебойности питания потребителей защита может действовать на сигнал или на отключение .

#### Список литературы

1. Шабад М.А. Защита от однофазных замыканий на землю в сетях 6–35 кВ. НТФ «Энергопрогресс», «Энергетик», Москва, 2007.

2. Кужеков С.Л. Низкоомное заземление нейтрали в распределительных сетях напряжением 6-20 кВ. «Кабель-news» № 6,2013.

5.

## **ВОЗДЕЙСТВИЕ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ИОНОВ НА СОХРАННОСТЬ КАРТОФЕЛЯ**

**Аннотация:** В статье рассматривается воздействие отрицательными ионами на клубни картофеля с целью снижения потерь массы при хранении. Приведены результаты экспериментальных исследований по определению влияния отрицательных ионов на сохранность картофеля.

**Ключевые слова:** картофель, хранение, хранилище, уменьшение потерь, ионизация воздуха, отрицательные аэроионы.

К основным современным способам хранения картофеля относятся следующие: метод активного вентилирования, использование химических препаратов, получение генномодифицированного (ГМО) картофеля, который не подвержен гниению. Указанные способы хранения картофеля обладают рядом недостатков, которые не удовлетворяют потребителей.

Наиболее интересным и малоизученным является исследование влияния повышенной концентрации отрицательных ионов на сохранность клубней картофеля. В ходе эксперимента решались следующие задачи: установить характер влияния повышенной концентрации отрицательных ионов на клубни картофеля; определить оптимальные параметры электрофизического воздействия на уменьшение массы картофеля; определить динамику изменения массы обработанных клубней картофеля по сравнению с необработанными [1,2].

Во время экспериментальных исследований целые и поврежденные клубни картофеля подвергались электрофизической обработке и закладывались на хранение в пакетах на 16 суток при постоянной температуре воздуха 25 °С и влажности 60 процентов. Во время эксперимента измерялась масса клубней, а у поврежденных клубней площадь и толщина корки.

При проведении эксперимента использовались стандартные методы исследований: метод многофакторного эксперимента, статистический анализ, определение адекватности. Измерительные приборы, используемые в эксперименте, сертифицированы в Российской Федерации. Эффективность обработки оценивалась по остаточной массе клубней [3,4,5].

Обработка клубней картофеля отрицательными аэроионами происходила следующим образом: в закрытую емкость укладывался картофель и устанавливался генератор отрицательных аэроионов, генератор включался на время от 1 мин. до 15 мин., концентрация ионов составляла 1900 ион/см<sup>3</sup>. В процессе эксперимента установлено, что наибольшая потеря массы составляет 39 процентов и наблюдается у необработанного контроля. Оптимальным режимом обработки является время равное 5 минутам или близкое к нему; при данном значении потери массы картофеля составляет 12 процентов [6,7].



Исследования влияния электрофизических параметров на растения, фрукты, овощи установили положительное воздействие, однако, на сегодняшний момент, отсутствует четкое теоретическое обоснование, позволяющее окончательно выяснить механизм этого влияния. Существует ряд гипотез, построенных в основном на влиянии электрофизического воздействия на воду, содержащуюся в растениях, которые дают неполную оценку результатов эксперимента [8,9,10].

Для подтверждения или опровержения указанных выше гипотез, а также для выдвижения собственной научной гипотезы, у клубней картофеля были выполнены срезы мякоти и исследованы под микроскопом при одинаковом увеличении. Срезы проводились перед обработкой и после окончания эксперимента. Сравнения проводились для необработанных клубней, клубней с минимальными и максимальными потерями массы [11].

Результаты исследований позволили установить, что в результате электромагнитного воздействия в клубне картофеля происходят структурированные изменения, выражающиеся в варьировании концентрации и размеров солей крахмала и частиц влаги. Для опытного образца клубня картофеля с минимальными потерями массы это выражается в увеличении размеров частиц крахмала и в их большей концентрации на удельную единицу площади. Для опытного образца клубня картофеля с максимальными потерями массы концентрация частиц крахмала на единицу площади меньше, что наблюдается визуально. Отсюда, предполагается, что концентрация и размеры частиц крахмала и влаги оказывают существенное влияние на сохранность массы картофеля даже при повышенной температуре хранения.

В целом, можно заключить следующее:

проведенные экспериментальные исследования подтвердили возможность использования повышенной концентрации отрицательных ионов для сохранения массы картофеля и улучшения его лежкости;

повышенная концентрация отрицательных ионов оказывает воздействие на внутреннюю структуру картофеля, изменяя концентрацию и размеры частиц крахмала, что, в свою очередь, отражается на массе картофеля.

#### **Список литературы**

1. Лысаков А.А., Самарин Ф.Ф. Современные технологии хранения картофеля // Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве: сб. науч. тр. Ставрополь: АГРУС. 2010. С. 185-188.

2. Никитенко Г.В., Лысаков А.А., Самарин Ф.Ф. Использование электрофизических способов обработки картофеля для уменьшения его потерь // Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве: сб. науч. тр. Ставрополь: АГРУС. 2010. С. 189-191.

3. Никитенко Г.В., Лысаков А.А., Самарин Ф.Ф. Электромагнитное устройство для уменьшения потерь картофеля при хранении // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 9. С. 71-72.

4. Лысаков А.А. Новые способы хранения картофеля // Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве: сб. науч. тр. Ставрополь: АГРУС. 2011. С. 168-171.

5. Лысаков А.А. Воздействие физических факторов на сохранность картофеля // Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве: сб. науч. тр. Ставрополь: АГРУС. 2011. С. 172-175.

6. Лысаков А.А. Влияние различных физических факторов на сохранность картофеля // Вестник АПК Ставрополя. 2012. № 1. С. 14-16.
7. Лысаков А.А. Влияние электромагнитного поля на сохранность клубней картофеля // Сборник научных докладов ВИМ. 2012. Т. 1. С. 766-770.
8. Лысаков А.А. Разработка ряда аппаратов магнитной обработки поливной воды с использованием теории нелинейного подобию: дис. ... канд. техн. наук / Ставропольский государственный аграрный университет. Ставрополь, 2003. 184 с.
9. Лысаков А.А. Разработка ряда аппаратов магнитной обработки поливной воды с использованием теории нелинейного подобию: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия. зерноград, 2004. 18 с.
10. Лысаков А.А. Влияние воздействия отрицательных ионов на сохранность картофеля. // Перспективы развития науки и образования: Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 5 частях. Часть 4. М.: «АР-Консалт». 2014. С. 97-98.
11. Лысаков А.А. Новые способы уменьшения потерь картофеля при его хранении. // Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве: сб. науч. тр. Ставрополь: АГРУС. 2013. С. 165-171.

*Л.А. Лягина, А.С. Кудрявцев*

*Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, г. Саратов*

## ОСНОВНЫЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ ИНФРАКРАСНОЙ СУШКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

**Ключевые слова:** *объем сушеного материала, теплообмен, поверхность нагрева материала.*

Соблюдение условий, обеспечивающих соответствие высушиваемого продукта требуемым технологическим свойствам, является одной из главных задач при выборе режимов процесса сушки.

Внутри коллоидно-капиллярно-пористых тел, имеющих сложную структуру, перенос влаги и теплоты происходит за счет разнообразных механизмов, действующих очень часто одновременно. Теория процесса внутреннего тепло- и массопереноса основана на использовании понятия общего потенциала влагопереноса, который включает в себя все возможные потенциалы элементарных переносов влаги [1].

На основе выше сказанного приведем основные дифференциальные уравнения инфракрасной сушки растительного сырья [2].

Дифференциальное уравнение теплопроводности

$$\frac{dt}{d\tau} = \alpha \nabla^2 t + \frac{q_{uz}}{c\gamma R} e^{-bx} \quad (1)$$

где  $q_{uz}$  – количество тепла, передаваемого излучением;  $b$  – коэффициент поглощения;  $x$  – глубина проникновения лучей;  $dt$  – бесконечно малое приращение температуры материала за элемент времени  $d\tau$ ;  $\alpha$  – коэффициент конвективного теплообмена материала с окружающим воздухом,  $\text{кДж/м}^2 \cdot \text{°C} \cdot \text{с}$ ;  $c$  – удельная теплоемкость сушеного материала,  $\text{кДж/кг} \cdot \text{°C}$ ;  $\gamma$  – удельная плотность материала,  $\text{кг/м}^3$ ;  $R$  – удельная теплота испарения влаги с материала,  $\text{кДж/кг}$ ;  $\nabla^2 t$  – оператор Лапласа.

Дифференциальное уравнение влагопроводности определяется как баланс массообмена, выражающего собой закон сохранения вещества для произвольно выделенного объема, ограниченного поверхностью

$$\iiint_V \gamma_0 \frac{du}{d\tau} dV = \iint_F i \cdot dF \quad (2)$$

где  $i$  – плотность потока влаги, перемещаемой за единицу времени, через единичную поверхность материала,  $\text{кг/м}^2 \cdot \text{с}$ ;  $dF$  – элементарная площадь поверхности нагрева материала;  $V$  – объем сушеного материала,  $\text{м}^3$ ;  $\gamma_0$  – удельная плотность абсолютно сухого материала,  $\text{кг/м}^3$ ;  $u$  – среднее влагосодержание материала,  $\text{кг/кг}$ .

Поток влаги через единицу поверхности определяется соотношением

$$i = -k\gamma_0 \nabla u - k\gamma_0 \delta \nabla t \quad (3)$$

где  $k$  – коэффициент теплопроводности, м<sup>2</sup>/ч;  $\delta$  – термоградиентный коэффициент, кг/кг·°С.

Дифференциальное уравнение тепло- и массообмена может быть выражена следующим образом:

если генерируемая теплота расходуется частично на прогрев материала, испарение влаги, потери тепла в окружающую среду

$$Q = \iiint_V C\gamma \left( \frac{dt}{d\tau} \right) dV + r_T M \left( \frac{du}{d\tau} \right) + \iint_F \alpha (t_m - t_o) dF \quad (4)$$

где  $C$  – удельная теплоемкость сушеного материала, кДж/кг·°С;  $\gamma$  – удельная плотность материала, кг/м<sup>3</sup>;  $r_T$  – удельная теплота испарения влаги с материала, кДж/кг;  $\alpha$  – коэффициент конвективного теплообмена материала с окружающим воздухом, кДж/м<sup>2</sup>·°С·с;  $M$  – масса сушеного материала, кг;  $t_m$ ,  $t_o$  – температуры материала и окружающего воздуха, °С;  $dt$  – бесконечно малое приращение температуры материала за элемент времени  $d\tau$ .

Интегрирование уравнения (4) по объему  $dV$  и площади  $dF$  представляющее собой решение трехмерной задачи, весьма громоздко, трудно анализируемое. В целях упрощения дальнейших выводов целесообразно рассматривать тепло- и массообмен, как одномерную задачу, считая, что перемещение влаги от центра идет в направлении нормали к поверхности материала, что фактически и происходит на практике [3].

#### Список литературы

1. Фролов, В.Ф. Моделирование сушки дисперсных материалов [текст]/В.Ф. Фролов. –Л.: Химия, 1987. – С. 206.
2. Лебедев, П.Д. Сушка инфракрасными лучами. –М.: ГОСЭНЕРГОИЗ-ДАТ, 1955. –С. 232.
3. Лягина, Л.А. Повышение эффективности сушки продуктов растительного происхождения за счет инфракрасно-конвективного воздействия: Автореф. дис. ...канд. техн. наук. Саратов, 2010. 23 с.

*Л.А. Лягина, А.С. Кудрявцев*

*Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, г. Саратов*

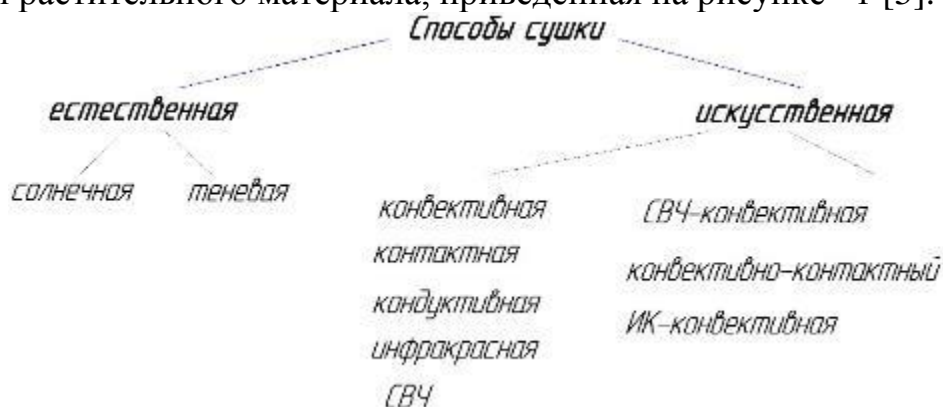
## СПОСОБЫ СУШКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

**Ключевые слова:** растительное сырье, способы сушки, материал, влажность.

Растительное сырье – весьма неоднородный материал не только по своим физико-механическим свойствам, но и по активно действующим веществам. В отдельных частях растительного сырья содержатся разные количества витаминов, дубильных, минеральных, эфиромасличных веществ. Это зависит от вида растений, плодородия почвы, влажности воздуха и т.д. [1].

Под сушкой понимается процесс удаления жидкости (в любой фазе) из материала. В результате сушки продуктов растительного происхождения влага в виде пара уходит в окружающую среду [2].

Существует большое количество различных способов сушки продуктов растительного происхождения. При создании технологического сушильного оборудования необходимо выполнить следующие требования, это: универсальность сушилки, равномерный нагрев сушимого сырья, достаточная производительность, малая энергоемкость сушки, сушильное производство должно быть экологически чистым. На основе проведенного аналитического обзора [3,4] различных способов сушки растений и технологического сушильного оборудования малой и средней производительности, нами предложена классификационная схема сушки растительного материала, приведенная на рисунке 1 [5].



**Рисунок 1 – Классификация способов сушки растительного материала**

Таким образом, при всём многообразии способов воздействия оборудования для сушки и разнообразии источников энергии все они характеризуются одним и тем же способом поверхностного подвода теплоты (энергии). Комбинированные способы сушки – перспективный путь к решению проблем сушильных технологий в перерабатывающей промышленности и в сельском хозяйстве.

### Список литературы:

1. Валушис, В.Ю. Основы высокотемпературной сушки кормов. –М.: «Колос», 1977. – 291 с.
2. Круглов, Г.А. Теплотехника [текст] / Г.А. Круглов, Р.И. Булгакова, Е.С. Круглова // – СПб.: Лань, 2010. – с. 208.:ил. – ISBN 978-5-8114-1017-0.
3. <http://www.greenrussia.ru/apteka.php.url=zagotovka>.
4. Драгилев, А.И. Технологические машины и аппараты пищевых производств [текст] / А.И Драгилев, В.С. Дроздов. –М.: «Колос», 1999.
5. Лягина, Л.А. Повышение эффективности сушки продуктов растительного происхождения за счет инфракрасно-конвективного воздействия: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Саратов, 2010. 23 с.

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПЛАЗМЕННЫХ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВОК**

Плазма это полностью или частично ионизированный газ, являющийся в целом электронейтральным.

Если средние температуры всех компонентов плазмы (ионов, электронов, нейтральных частиц) близки между собой, то такую плазму считают изотермической. Изотермическая плазма является источником большого числа активных частиц и может служить хорошим энергоносителем. Поэтому для большинства крупнотоннажных плазмохимических процессов используют именно этот тип плазмы.

Плазмохимические процессы характеризуются рядом достоинств, делающих их перспективными и конкурентоспособными по сравнению с другими процессами получения целевых продуктов.

1. Возможность осуществления процессов, которые при низких температурах не протекают и требуют значительного подвода энергии.

2. Увеличение производительности химического реактора и уменьшение его габаритов. Продолжительность плазмохимических процессов составляет

$10^{-4} - 10^{-1}$  с, что обуславливает снижение размеров реактора и капитальных затрат в него.

3. Сокращение числа технологических стадий.

4. Использование дешевого сырья, в том числе промышленных и бытовых отходов.

5. Возможность снижения температуры стенки реактора, так как плазмохимические процессы позволяют подводить энергию внутрь реактора с помощью плазменной струи, поддерживая невысокую температуру стенок.

6. Безинерционность процесса, широкий диапазон варьируемых параметров и удобство автоматизированного управления.

Плазмохимический пиролиз углеродосодержащих соединений используют с целью получения непредельных соединений (ацетилена ( $C_2H_2$ ), этилена ( $C_2H_4$ ), пропилена ( $C_3H_6$ )), сажи и технического углерода. В последнее время в связи с ростом цен на нефть и газ и дефицитом легких нефтепродуктов повысилось внимание к ацетилену ( $C_2H_2$ ) – как химическому сырью.

Номенклатура плазменных устройств очень широка, их мощность составляет от десятков до 50000кВт и выше. В России разработаны и исследованы схемы и оборудование мощных плазменных энерготехнологических блоков, использующих канско-ачинские угли, волжские сланцы и другое углеводородное сырье.

При изучении рассматриваемых процессов автором были разработаны энерготехнологическая установка с плазменной переработкой низкосортного

твердого топлива /1/ и способ получения водорода ( $H_2$ ) и электроэнергии из низкосортного твердого топлива в плазменной энерготехнологической установке и установка для его осуществления /2/.

Энерготехнологическая установка с плазменной переработкой волжского сланца включает в себя: плазмохимический реактор переработки низкосортного твердого топлива, плазмохимический реактор переработки метана ( $CH_4$ ) в ацетилен ( $C_2H_2$ ), закалочный аппарат с кипящим слоем со встроенными парогенерирующими поверхностями нагрева, турбогенератор для выработки дополнительной электроэнергии, энергетическую установку, состоящую из парогенератора сжигающего синтез - газ, и турбогенератора, вырабатывающего электроэнергию и отпускающего пар для плазмохимического процесса в реакторе.

Способ получения водорода ( $H_2$ ) и электроэнергии из твердого топлива в плазменной энерготехнологической установке состоит в том, что синтез газ (3% -  $CH_4$ , 8% -  $H_2$ , 89% -  $CO$ ), полученный в результате плазменной переработки сланца, после сжатия в компрессоре направляют в узел разделения, состоящий из двух последовательно включенных мембранных установок с компрессором между ними. В первой мембранной установке выделяют метан ( $CH_4$ ), а синтез – газ ( $CO+H_2$ ) направляют на сжигание в парогенератор, а во второй мембранной установке из синтез – газа получают водород ( $H_2$ ) который отдают потребителям, либо частично направляют в плазмохимический реактор.

Данные изобретения имеют следующие технические характеристики. Плазмохимический процесс в реакторе идет при температуре 1400 – 1500К и давлении 2МПа. Для его осуществления в реактор направляют водяной пар из турбины энерготехнологической установки с температурой 600К.

Разложение метана ( $CH_4$ ) во втором плазмохимическом реакторе с целью получения ацетилена ( $C_2H_2$ ) осуществляют при температуре 1900К. При этом концентрация ацетилена ( $C_2H_2$ ) в конечных продуктах составляет 0,8 от максимальной, а степень превращения метана ( $CH_4$ ) в ацетилен ( $C_2H_2$ ) достигает 70%. Поскольку целевой продукт ацетилен ( $C_2H_2$ ) является промежуточным на пути системы к равновесию, то для его максимального выхода производят закалку (быстрое охлаждение) конечных продуктов плазмохимического процесса. Закалку продуктов плазмохимической переработки метана ( $CH_4$ ) производят в аппарате с кипящим слоем твердых частиц со скоростью ( $10^5 - 10^7$ ) К/с. Для интенсификации закалки в слой помещают охлажденные поверхности теплообмена. В компрессорах узла разделения синтез – газ на метан ( $CH_4$ ) и водород ( $H_2$ ) давление равно 4МПа.

В качестве примера была рассмотрена энерготехнологическая установка с плазменной переработкой волжского сланца электрической мощностью 800МВт. Состав основного оборудования: парогенератор ПП – 2650 – 255ГМ, турбогенератор К – 800 – 240. Кроме электрической энергии установка отдает потребителям синтез – газ, ацетилен ( $C_2H_2$ ), водород ( $H_2$ ), серосодержащий продукт (серу-S).

Оценка экономической эффективности применения плазменных энерготехнологических установок выполнена по укрупненным показателям. Оптовая цена

ацетилена ( $C_2H_4$ ) превышает оптовую цену синтез – газа в 15-20 раз, цена водорода ( $H_2$ ) превышает цену синтез – газа в 2 -5 раз /3/, водяной пар для плазмохимического процесса отбирают из промежуточных отборов турбины, что термодинамически выгодно. Поэтому включение в схему энерготехнологической установки плазмохимического реактора получения ацетилена ( $C_2H_2$ ) и разделительной установки для получения водорода ( $H_2$ ), несмотря на дополнительные капитальные и эксплуатационные затраты, обеспечивает экономический эффект по сравнению с известными плазменными энерготехнологическими установками.

Однако, следует отметить, что в связи со значительной энергоемкостью плазмохимических процессов разработанные энерготехнологические установки могут быть конкурентоспособными в районах с дешевой электроэнергией при использовании недорогого сырья.

#### **Список литературы.**

1. Малов В.Т., Попов А.И., Лукашук Д.А., Энерготехнологическая установка с плазменной переработкой низкосортного твердого топлива. А.с. СССР № 1744101, Б.И. № 24, 1992.
2. Малов В.Т., Онищенко В.Я., Малов И.Т., Батьков В.Г. Способ получения водорода и электроэнергии из низкосортного твердого топлива в плазменной энерготехнологической установке и установка для его осуществления. Патент Р.Ф. № 2055091, Б.И. №6, 1996.
3. Мракин А.Н. Эффективность энергетических комплексов на основе поточных газификаторов твердого топлива с парокислородным дутьем... Автореферат дисс. канд. техн.наук. ГОУ ВПО СГТУ им. Гагарина Ю.А. – Саратов, 20012.



**А.М. Марадудин, В.А. Каргин, Д.П. Щербаков**

*Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, г. Саратов*

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ИМПУЛЬСНЫХ МАШИН

В статье проведена оценка эффективности охлаждения электромагнитных двигателей импульсных машин с использованием коэффициентов эффективности способа охлаждения, коэффициентов качества конструкции системы охлаждения и коэффициентов экономичности охлаждения.

**Ключевые слова:** линейные электромагнитные двигатели, импульсные машины, тепловые режимы, теплопередача, эффективность охлаждения.

Использование ЛЭМД в импульсных машинах с интенсивным потреблением электроэнергии, например, для погружения металлических стержней в грунт, пресах, представляется эффективным [1,2]. При этом повышенные значения ударной мощности таких машин обеспечивается при условии форсированного потребления энергии от аккумуляторов или емкостных накопителей [3]. Из-за сравнительно низкого напряжения эти источники отдают в обмотку ЛЭМД во время рабочего цикла значительные токи (120...200 А). Величина соотношения между потерями и полезной энергией машины существенна, что ограничивает возможности создания на базе импульсных ЛЭМД с естественным охлаждением частотударных машин с продолжительным режимом работы. Таким образом, интенсификация процесса охлаждения ЛЭМД ударных машин представляется важной.

В статье проведена оценка эффективности охлаждения электромагнитных двигателей импульсных машин с использованием коэффициентов эффективности способа охлаждения, коэффициентов качества конструкции системы охлаждения и коэффициентов экономичности охлаждения.

Среди многообразия способов интенсификации охлаждения ЛЭМД можно выделить основные [4,5,6]:

- оребрение боковой поверхности корпуса ЛЭМД;
- использование в ЛЭМД самовентиляции;
- установка на ЛЭМД систем принудительного охлаждения.

Для оценки эффективности способов охлаждения ЛЭМД используем набор коэффициентов, предложенных А.И. Борисенко [7], которые в целом можно разделить на три группы: коэффициенты эффективности способа охлаждения, коэффициенты качества конструкции системы охлаждения и коэффициенты экономичности охлаждения.

К первой группе относятся следующие коэффициенты [7].

Коэффициент интенсивности охлаждения  $k_{инт.охл}$  и коэффициент использования охладителя  $k_{исп.охл}$ :

$$k_{инт.охл} = \frac{\alpha P_o}{Q_{max} \theta}, \quad (1)$$

$$k_{исп.охл} = \frac{Q_{min}}{Q_{max}}, \quad (2)$$

где  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи,  $P_o$  – потери в обмотки ЛЭМД,  $\theta$  – подогрев охладителя,  $Q_{min}$ ,  $Q_{max}$  – минимальный и максимальный расходы охладителя [7].

Коэффициент теплоотдачи определяется как сумма коэффициентов теплоотдачи излучением  $\alpha_{из}$  и конвекцией  $\alpha_{кон}$  [7]. Так как  $\alpha_{из} \ll \alpha_{кон}$ , запишем

$$\alpha = \alpha_{кон} = k_n \sqrt[4]{\frac{\theta_k - \theta_{окр}}{L}}, \quad (3)$$

где  $k_n$  – поправочный коэффициент;  $\theta_k$  – температура корпуса,  $\theta_{окр}$  – температура окружающей среды;  $L$  – определяющий размер.

Потери  $P_o$  в обмотке ЛЭМД определим по выражению:

$$\Delta P_m = I^2 r = I^2 \rho \frac{l}{S}, \quad (4)$$

где  $\rho = \rho_{293} [1 + \beta(T - 293)]$  – удельное сопротивление медного проводника;  $\rho_{293}$  – удельное сопротивление медного проводника при  $T=293$  К;  $\beta$  – температурный коэффициент сопротивления;  $T$  – температура обмотки;  $l$  – длина проводника;  $S$  – поперечное сечение проводника [7].

Подогрев охладителя  $\theta$  рассчитаем по формуле:

$$\theta = k \frac{\sum P}{2C_o \rho_o Q}, \quad (5)$$

где  $\sum P = P_o + P_c$  – сумма потерь в ЛЭМД,  $P_c$  – потери в стали,  $C_o$  и  $\rho_o$  – теплоемкость и плотность охладителя соответственно.

Расход воздуха для двигателя с принудительной системой охлаждения определяется по [7].

Расход воздуха для ЛЭМД с самовентиляцией рассчитаем по выражению.

$$Q_c = \frac{\pi \delta}{4t_p} (d_c^2 - d_y^2), \quad (6)$$

где  $\delta$  – величина рабочего хода якоря, м;  $t_p$  – продолжительность одного рабочего цикла ЛЭМД, с;  $d_c$  – внутренний диаметр статора в надобмоточном пространстве, м;  $d_y$  – диаметр якоря.

Ко второй группе относятся коэффициент равномерности нагрева  $k_{p.н}$ , коэффициент близости теплостока  $k_{б.мс}$  и коэффициент использования поверхности  $k_{исп.пов}$ :

$$k_{p.н} = \frac{\theta_{ср}}{\theta_{max}}; \quad (7)$$

$$k_{б.мс} = \frac{R_\alpha}{R_\alpha + R_\lambda}; \quad (8)$$

$$k_{исп.пов} = \frac{S_{охл}}{S_a}, \quad (9)$$

где  $\theta_{ср}$  и  $\theta_{max}$  – средняя и максимальная температуры обмотки [8];  $R_\lambda$  и  $R_\alpha$  – термические сопротивления при передаче теплоты теплопроводностью и конвекцией соответственно [5];  $S_{охл}$  и  $S_a$  – площади охлаждаемой поверхности и поверхности активных частей.

Площадь охлаждаемой поверхности  $S_{охл1}$  при отсутствии дополнительного охлаждения будет равна площади внешней поверхности ЛЭМД, которую условно можно представить в виде суммы площадей боковой поверхности электродвигателя, его верхней и нижней крышек [5].

$$S_{охл1} = 2\pi R(h + R), \quad (10)$$

где  $R$  и  $h$  – внешний радиус и высота ЛЭМД.

В случае выполнения поверхности корпуса ЛЭМД ребристой, площадь охлаждаемой поверхности  $S_{охл2}$  определим по формуле:

$$S_{охл2} = 2\pi R(h + R)k_F, \quad (11)$$

где  $k_F$  – коэффициент оребрения ( $k_F=2,5$  [6]).

Для ЛЭМД с искусственным охлаждением  $S_{охл3}$  определяется по выражению:

$$S_{охл3} = 2\pi R(h + R) + S_{дон}, \quad (12)$$

где  $S_{дон}$  – площадь внутренней поверхности статора и обмотки, охлаждаемая искусственно; определяется исходя из способа искусственного охлаждения и конструктивного исполнения охлаждающей системы.

К третьей группе относятся энергетический коэффициент экономичности  $k_{ээ}$  и массовый коэффициент экономичности  $k_{эм}$ :

$$k_{ээ} = \frac{P_o}{P_o + P_{охл}}; \quad (13)$$

$$k_{эм} = \frac{M_o}{M_o + M_{охл}}, \quad (14)$$

где  $P_{охл}$  – потери мощности на охлаждение;  $M_o$  – масса обмотки ЛЭМД,  $M_{охл}$  – масса системы охлаждения.

В [7] предложены «обобщенные критерии», оценивающие: эффективность способа охлаждения:

$$K_c = k_{инт.охл} k_{исп.охл};$$

качество конструкции системы охлаждения

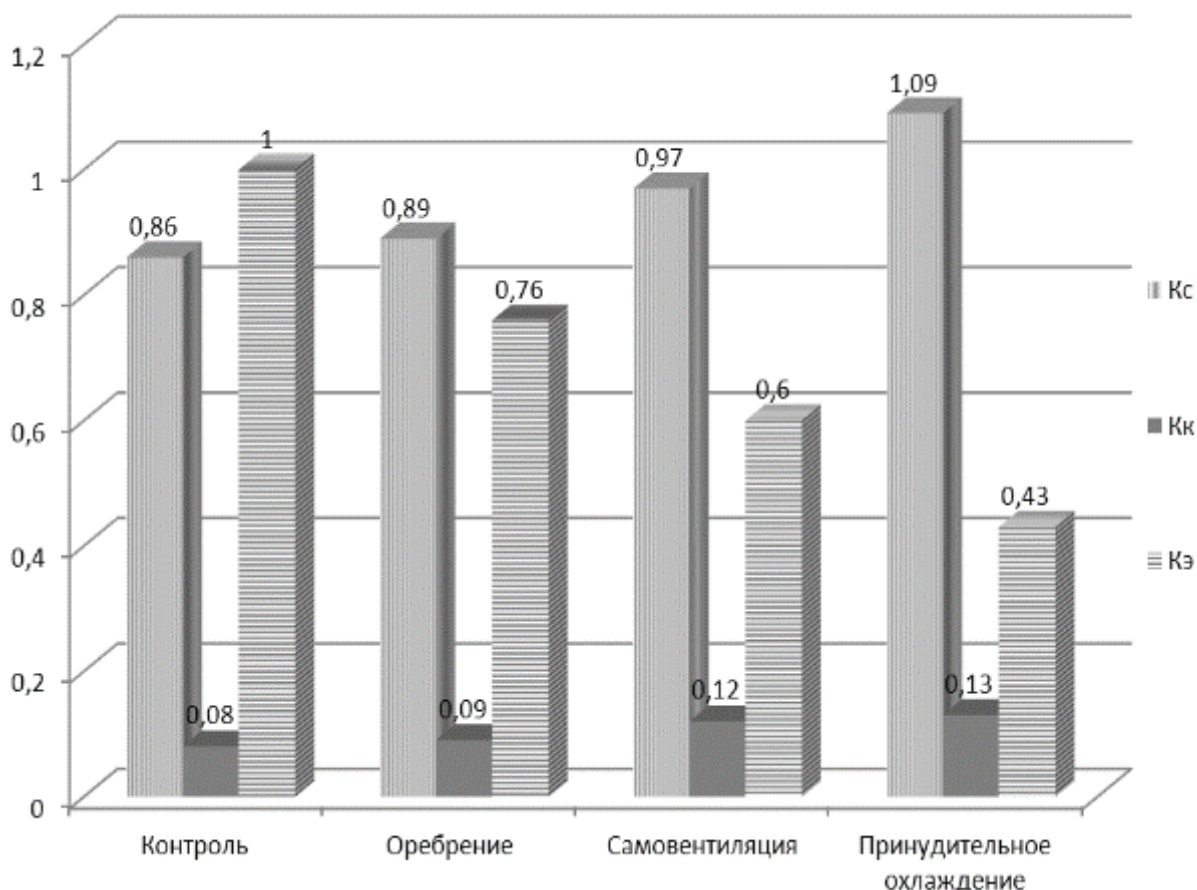
$$K_k = k_{р.н} k_{б.мс} k_{исп.пов};$$

экономичность охлаждения машины

$$K_э = k_{э,э} \cdot k_{э,м}.$$

Оценим эффективность различных способов охлаждения двигателей, используя «обобщенные критерии» [7]. При этом за базисный (контроль) примем ЛЭМД без увеличенной теплоотдающей поверхности, самовентиляции и дополнительных охлаждающих вентиляторов. Результаты расчета представим в виде гистограммы (рис.1)

На основе анализа представленных данных можно сделать вывод, что наиболее эффективным способом является принудительное охлаждение ЛЭМД. Также данный способ превосходит остальные по качеству конструкции, но уступает в экономичности. Наиболее экономичным из рассматриваемых способов является увеличение теплоотдающей поверхности ЛЭМД, однако данный способ имеет сравнительно невысокие показатели эффективности и качества конструкции.



**Рисунок 1 Оценка эффективности способов охлаждения ЛЭМД**

Предлагаемая система коэффициентов позволяет разносторонне охарактеризовать любой способ охлаждения ЛЭМД и оценить эффективность его применения в зависимости от конструктивных и режимных параметров линейных электромагнитных двигателей импульсных машин.

#### Список литературы

1. Усанов, К.М. Силовая электромагнитная импульсная система для погружения стержневых элементов в грунт [Текст] / К.М. Усанов, В.А. Каргин // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова, № 3, 2005. – С.59–61.
2. Нейман, В.Ю. Новые типы конструкций линейных электромагнитных устройств для вибрационных технологий / В.Ю. Нейман, Л.А. Нейман, О.В. Рогова // Актуальные проблемы в машиностроении: материалы первой международной научно-практической конференции. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2014. – С. 260-263.
3. Усанов, К.М. Линейный импульсный электромагнитный привод машин с автономным питанием: Монография [Текст] / К.М. Усанов, В.И. Мошкин, Г.Г. Угаров. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2006. – 284 с.
4. Усанов, К.М. Способы интенсификации охлаждения линейных электромагнитных двигателей / К.М. Усанов, В.А. Каргин, И.В. Трубенкова // Наука в информационном пространстве: материалы VII Междунар. науч.-практ. конф., 2011, Т.1. – Д.: Изд-во Била К.О. – С.42-45.
5. Усанов, К.М. Интенсификация охлаждения импульсных машин с линейными электромагнитными двигателями [Текст] / К.М. Усанов, В.А. Каргин, А.С. Козлов // Техника в сельском хозяйстве, № 1, 2013. – С.16-17.
6. Усанов, К.М. Интенсификация процесса теплопередачи в импульсных электромагнитных машинах / К.М. Усанов, В.А. Каргин, Т.А. Филимонова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета – 2010. – № 9(71). – С.75-78.
7. Борисенко, А.И. Охлаждение промышленных электрических машин / А.И. Борисенко, О.Н. Костиков, А.И. Яковлев. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 296 с.
8. Буткевич, Г.В. Задачник по электрическим аппаратам: Учебное пособие для вузов по специальности "Электрические аппараты" / Г.В. Буткевич, В.Г. Дегтярь, А.Г. Сливинская. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1987. – 231 с.

*A.Kh. Massad<sup>1</sup>, G.G. Ugarov<sup>2</sup>, V.I. Moshkin<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Head of Electrical and Mechanical Engineering Department at An-Najah University, in Palestine.

<sup>2</sup>Saratov state technical university, in Russia.

<sup>3</sup>Kurgan State University in Russia.

## **THE INFLUENCE OF HOLDING DEVICE ANCHOR PARAMETERS ON THE HOLDING FORCE MAGNITUDE, OF AN INTEGRATED LINEAR ELECTROMAGNETIC MOTOR**

*Abstract* – This paper investigates the influence of the design parameters of the upper ferromagnetic shunt, namely the value of the holding area  $S_H$ , that creates a holding force  $F_H$ , equal to that in breakaway stage in magnitude of this holding force at the breakaway stage. The design of an integrated circuit and the equivalent magnetic circuit of the integrated LEMM on breakaway stage was built, mathematical models of system were laid out. The most acceptable range of these ranges of magnitude of holding area is  $S_H^* \geq 0.2...0.4$ , and this happens when  $\Phi_{ush}^* = 0.2...0.4$ . The resulting holding force will vary in range of (0.05...0.15) to (0.2...0.55).

*Index Terms* – Holding force, holding area, holding device, break away stage, upper shunt, lower shunt, anchor.

### **1. INTRODUCTION**

One way of increasing specific power and energy performance of pulsed electromagnetic linear motors (LEMM) reciprocation that implement multiple pulse technology is forced accumulation of magnetic energy in the working clearances pulse LEMM on the breakaway anchors (armature) stage due to the delay (retention) of its movement. In this case, the appearance and increase of the current in the windings of the motor anchor stay for a while in a stationary state, in spite of the increasing tractive force of working clearances due to static loading motor, the anchor is held by electromagnetic device. Anchor starts to move with increased initial tractive force. The holding force  $F_H$  regulation achieved by motor design, is quite simple and has a wide range of  $F_H$  available by changing current in the coil of the holding electromagnet device supplied from a separate source [1,2,3].

The desire to simplify the design of pulse LEMM while increasing its specific power and energy performance, have led to the idea of integrated design of the motor, through better holding device of anchor based on the same magnetic core and the same magnetic motive force mmf [4,5,6].

### **2. PROBLEM STATEMENT**

In such motor design, anchor on breakaway stage is held by its own magnetic field ferromagnetic guide housing 2 Fig.1, which is called an upper magnetic shunt relative to the upper running clearance  $\delta_u$ . Lower magnetic shunt is a ferromagnetic anchor guide 3. Thus, the LEMM in this design has two working clearances shunted by motor parts design - the upper and lower magnetic shunts. During operation in this LEMM with holding device (holding device integrated in design), both shunts saturate an eventually affect motor performance. Experimental studies of such integrated LEMM showed that the regulation of holding force is difficult because it depends on several design parameters of the motor.

This paper investigates the influence of the design parameters of the upper ferromagnetic shunt, namely the value of the holding area  $S_H$ , that creates a holding force, equal to that in breakaway stage in magnitude of this holding force at the breakaway stage. In this LEMM design, holding force  $F_H$  occurs between mating surfaces, which is formed by the upper part of the flat anchor 1 and the top of the inside of the ferromagnetic shunt (2) when they are in contact or almost in contact the gap  $\delta_0$ .

### 3. MATHEMATICAL MODELS OF SYSTEM

In such a motor design, when we connect the coil to the power supply for the first time and until the initial magnetic field has not yet unfolded, both the magnetic shunts are also not saturated and have small magnetic reluctance  $R_{ush}$   $R_{Lsh}$ , hence  $R_{ush} = R_{ush1} + R_{ush2}$ .

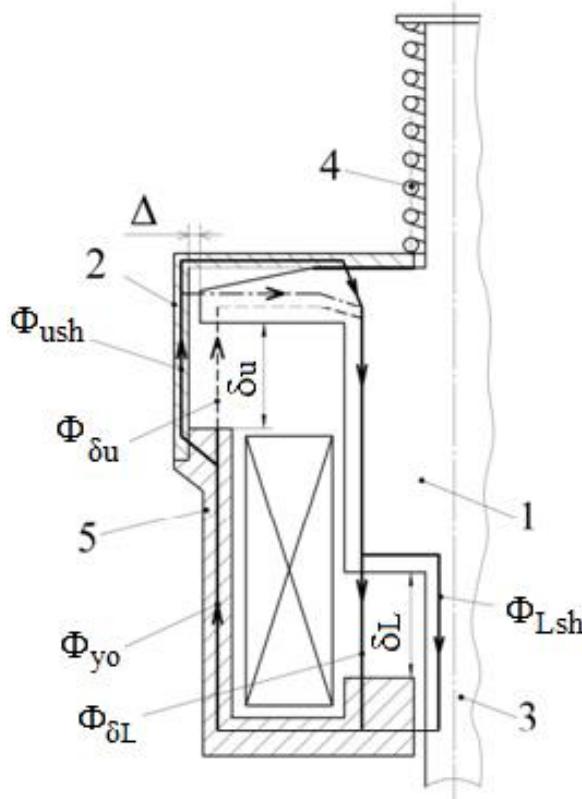


Fig. 1. The design of an integrated circuit LEMM

From the equivalent of the magnetic circuit LEMM and with neglecting the leakage flux Fig.2 which is corresponding to the design scheme in Fig. 1, the magnetic flux  $\Phi_{yo}$  yoke 5 appears as two components:

$$\Phi_{yo} = \Phi_{ush} + \Phi_{\delta u} = \Phi_{Lsh} + \Phi_{\delta L} \quad (1)$$

these two components pass in the anchor LEMM almost entirely through the upper shunt ( $R_{ush}$  and  $R_{up\delta}$ ), bypassing the upper working clearances  $\delta_u$ , which in this case have much bigger reluctance  $R_{\delta u}$  compared to the reluctance of the upper branch of the  $R_{ub}$  shunt Fig.2 and the technological gap  $\Delta$ :

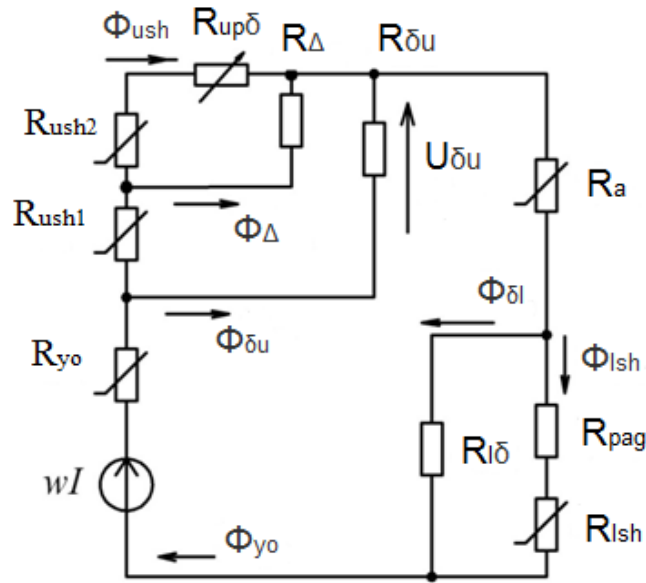
$$R_{ub} = R_{ush} + R_{up\delta}, \quad (2)$$

$$R_{up\delta} = \frac{\delta_{up}}{\mu_0 S_H}, \quad (3)$$

$$R_{\Delta} = \frac{\Delta}{\mu_0 S_{upsh}}. \quad (4)$$

Where  $R_{up\delta}$ , the reluctance of the air gap  $\delta_{up}$ , creates the holding force and forms mating surfaces of the upper shunt and the top of the anchor 1.

$R_{up\delta}$  at a given moment is much smaller than shunt  $R_{ush}$ ; due to minimal value of air gap  $\delta_{up}$ , which is selected in the initial state of a return spring 4 and smaller than the reluctance technological gap  $R_{\Delta}$ .



**Fig. 2. The equivalent magnetic circuit of the integrated LEMM on breakaway stage**

Therefore, the expressions (1) and (2) can be written as:

$$\Phi_{yo} \approx \Phi_{ush}, \quad R_{ub} = R_{ush}.$$

Then by the electromagnetic holding force which occurs between the upper shunt and the upper shunt of part anchor, the anchor is attracted to the stationary shunt, and despite the increase of the current in the coil anchor it is held in this position. The magnitude of holding force  $F_H$  in this case depends on the magnitude of the magnetic flux of the upper shunt  $\Phi_{ush}$  and its contact area with the flat part of the anchor - (Holding area)  $S_H$  (in Fig.1 shows a heavy line). The magnitude  $\Phi_{ush}$  with a certain saturation induction  $B_0$  material of the guide housing (upper shunt) is determined by its cross-sectional area  $S_{ush}$ . Accordingly, the value of holding force under these conditions will be a function of two design parameters - area  $S_H$  and area  $S_{ush}$ .

With increasing mmf winding  $wi$  on breakaway anchors stage, the magnetic flux of the upper shunt  $\Phi_{ush}$  also increases. Thus, the holding force increases and saturates this ferromagnetic shunt, and reluctance  $R_{ush}$  begins to increase. As a result, shunt flux slowdown and a simultaneous redistribution of  $\Phi_{ush}$  and  $\Phi_{\delta u}$  occurs according to equation (1). That is, all the bulk of the flux in the yoke  $\Phi_{yo}$  in particular the flux component  $\Phi_{\delta u}$  extends through upper working clearance (the dotted line in Fig.1) which is represented by  $R_{\delta u}$  element in the equivalent magnetic circuit (Fig.2), that creates additional tractive force down, acting on a combined anchor 1 motor. Similar

processes occur in the lower shunt with the difference that it is saturated before the upper shunt, and the reluctance of the parasitic air gap  $R_{pag}$  Fig.2 remains unchanged when the motor is operated and accordingly the tractive force in the parasitic air gap is not created.

Anchor LEMM is pulled out from the holding area of upper shunt and begins to move when the sum of traction forces of the upper  $F_{\delta u}$  and lower  $F_{\delta l}$  running clearances (excluding leakage flux) exceeds the holding force of the upper shunt  $F_H$  :

$$F_H < F_{\delta u} + F_{\delta l}. \quad (5)$$

To assess the effect of parameters design of the upper shunt at breakaway moment of anchor, and to express each of the components (5) we use Maxwell formula for one working air clearance . Then (5) takes the form:

$$\frac{\Phi_{ush}^2}{2\mu_0 S_H} < \frac{\Phi_{\delta u}^2}{2\mu_0 S_{\delta u}} + \frac{\Phi_{\delta l}^2}{2\mu_0 S_{\delta l}}, \quad (6)$$

where  $S_{\delta u}$ ,  $S_{\delta l}$  are the areas of the upper and lower working clearances of LEMM respectively.

Substitute flux  $\Phi_{\delta u} = \Phi_{yo} - \Phi_{ush}$  in equation (6). Assuming  $S_{\delta u} = S_{\delta l} = S_{yo} = S_a$  and fluxes  $\Phi_{\delta u} = \Phi_{yo}$  result in the following equation :

$$\frac{\Phi_{ush}^2}{S_H} < \frac{(\Phi_{yo} - \Phi_{ush})^2}{S_{yo}} + \frac{\Phi_{yo}^2}{S_{yo}}. \quad (7)$$

Approximately fluxes  $\Phi_{\delta l} = \Phi_{yo}$  are equal when lower shunt is saturated. Overstating tractive force in the lower working clearance is justified by the fact that, the leakage fluxes, which are neglected in the analysis, participate in the creation of tractive force of the motor in the breakaway stage.

Taking  $\Phi_{ush}$ , relative to  $\Phi_{yo}$  and  $S_{ush}$ ,  $S_H$  relative to the  $S_{yo}$  the following equation results:

$$\Phi_{ush}^* = \frac{\Phi_{ush}}{\Phi_{yo}}, S_{ush}^* = \frac{S_{ush}}{S_{yo}}, S_H^* = \frac{S_H}{S_{yo}}.$$

Solving this equation with respect to  $\Phi_{ush}^*$  we get:

$$\Phi_{ush}^* < \frac{-1 + \sqrt{\frac{2}{S_H^*} - 1}}{\frac{1}{S_H^*} - 1}. \quad (8)$$

An expression similar to equation (8) is obtained in [7].

From equation (8), it is clear that the dependence of holding force  $F_H$  upper shunt on the value of the holding area  $S_H$  through various values of the saturated flux of the upper shunt  $\Phi_{ush}$  .

To express the holding force  $F_H$  in relative terms  $F_H^* = \frac{F_H}{F_{bas}}$  it is appropriate to use a tractive force of LEMM with two working clearances based on Maxwell formula.



The tractive force in Maxwells equation is equal twice the value of traction force of one of the working air gaps, in the upper shunt or lower.

The upper shunt is used in following equation

$$F_{bas} = 2F_{\delta u} = \frac{\Phi_{\delta u}^2}{\mu_0 S_{yo}}$$

Then the holding force is expressed as:

$$F_H^* = \frac{F_H}{F_{bas}} = \frac{\Phi_{ush}^2 \mu_0 S_{yo}}{2\mu_0 S_H \Phi_{\delta u}^2} = \frac{\Phi_{ush}^2 S_{yo}}{2S_H (\Phi_{yo} - \Phi_{ush})^2}$$

After the rearranging above equation we get :

$$F_H^* = \frac{\Phi_{ush}^2 S_{yo}}{2S_H^* (1 - \Phi_{ush}^*)^2} \quad (9)$$

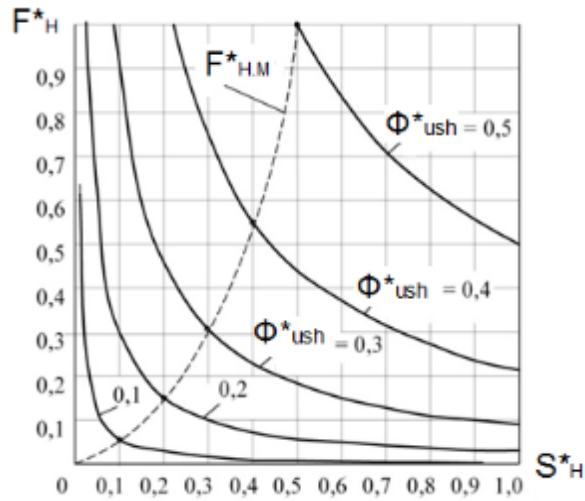
In formula (9), parameter  $\Phi_{ush}^* = \frac{\Phi_{ush}}{\Phi_{yo}}$  can be considered as saturation flux which occurs in the upper shunt .

As shown in Fig.3 and with reference to equation (9),  $F_H^* = f(S_H^*)$  when  $\Phi_{ush}^* = const$  , which clarify the influence of the values of holding area of the upper shunt on holding force, when upper shunt is saturated.

The analysis shows that with increasing the magnitude of  $S_H^*$  , the holding force  $F_H^*$  decrease and thus becomes more stable. This is due to the decrease of the magnetic induction in the air clearance. The magnetic induction in the air clearance influence the force  $F_H$  more than  $S_H$  .

It is evident from each curve in Fig. 3 which correspond to a small change of magnitude of shunt saturation flux ,  $\Phi_{ush}^* = 0.1...0.2$  , that with small portion of shunt  $S_{ush}^*$  , there are two different changeable sizes for  $F_H^*$  , such that when you change  $S_H^*$  there will be two areas one represents significant change and the other represents negligible one in the curve  $F_H^*$  .

From Fig.3 , it is indicated that the first portion of changes in  $F_H^*$  cannot be used for the purpose of regulating the energy stroke LEMM, but it is possible to use  $\Phi_{ush}^* > 0.2$  for this purpose.



**Fig. 3. The influence of magnitude of holding area  $S_H$  and magnetic flux shunt  $\Phi_{ush}$  on holding force anchor  $F_H$ .**

During the process of regulating the energy of the LEMM working stroke the holding force should be less than tractive force, therefore, the area of the graph in Fig.3, corresponds to  $F_H^* > 1$ , should not be used.

Since the magnetic flux lines  $\Phi_{ush}$  on breakaway anchor stage LEMM, include portions of a ferromagnetic guide housing 1 and holding area 2 with cross-sections  $S_{ush}$  and  $S_H$ , then, taking the induction values  $B_0 = B_H$  of these sections we obtain the same flux  $\Phi_{ush}$  for the same values of cross-sections  $S_H = S_{ush}$ .

As indicated by the next equation, the values expressed in relative terms will be equal:

$$\Phi_{ush}^* = S_H^* = S_{ush}^* \quad (10)$$

Solving equation (9) for  $F_H^*$ , to determine the maximum holding force under the condition implemented in equation (10) the following equation results:

$$F_{H.M}^* = \frac{0.5S_H^*}{(1 - S_H^*)^2} \quad (11)$$

Equation (10) gives the range for design parameters values for holding device of the motor. The maximum value for the holding force is shown as a dotted line in Fig.3

To the left of the dotted line in fig.3 combination of parameters  $S_H^*$ ,  $\Phi_{ush}^*$  and  $S_H^*$  cannot be calculated, because of the saturation of the magnetic shunt and the holding area. This saturation leads to a decrease in  $F_H$ , therefore it is advised to saturate the holding area after ferromagnetic guide housing, by the means of greater inductions and magnetic flux respectively [9].

This can be achieved either by overstating section  $S_H$  ( $S_H > S_{ush}$ ), or by higher saturation magnetic flux density of the material area at the same section  $S_H$ . For these reasons, the combination of parameters is possible to the right of the dotted line. Thus holding force can be regulated by using, for example, a removable washer as proposed in [4, 5].

The most acceptable range of the magnitude of holding area is  $S_H^* \geq 0.2...0.4$ , and this happens when  $\Phi_{ush}^* = 0.2...0.4$ . The resulting holding force will vary in the range of  $(0.05...0.15) t_0$  to  $(0.2...0.55)$ , above values for holding area will allow regulating the energy in working stroke of pulse LEMM at high efficiency during the static loading of the motor [8]. The relations obtained are used in the design calculations of pulse LEMM with an integrated holding device of anchor.

#### 4. CONCLUSION

Implementation of the forced accumulation of magnetic energy in an integrated LEMM on breakaway anchor stage can be achieved only by certain range of parameters of the holding device anchor and the shunt.

The ranges of the magnitude of holding area is  $S_H^* \geq 0.2...0.4$ , and this happens when  $\Phi_{ush}^* = 0.2...0.4$ . The resulting holding force will vary in the range of  $(0.05...0.15) t_0$  to  $(0.2...0.55)$ .

Increasing sectional area of the upper shunt  $S_{ush}^*$  and decreasing the magnitude of holding area  $S_H^*$  according to above ranges of parameters will increase the magnetic induction of the yoke, starting the anchor to move with increased initial value of the tractive force LEMM.

#### REFERENCES

1. Ryashentsev N.P., Ugarov G.G., Lvytsin A.B. "Electromagnetic press", Nauka Publishers, sibirsk branch, Novosibirsk, 1989.- 216p.
2. Patent RU2018652, E21C 3/16. Electric hammer. / A.F Maer, V. I Moshkin, IP Popov (Russian Federation). 4712733/03; appl. 07.03.89, publ. 30.08.1994.
3. Usanov K.M., Kargin V. A. Power electromagnetic pulse system for inserting rod elements into the soil // Journal of Saratov State Vavilov Agrarian University, № 3, 2005 – p. 59-61.
4. Patent RU2084071, HO2K 33/02. The linear electromagnetic motor / G.G Ugov VY Neumann (Russian Federation). 95110459/07; appl. 22.06.1995, publ. 10.07.1997.
5. Neiman V.Y. "Integrated linear electromagnetic motors for pulse technology", Electrical Engineering, 2003. November 9. pp. 25-30.
6. Moshkin V.I. and. Ugarov G.G. "Estimation of parameters of the device forced accumulation of magnetic energy of a linear electromagnetic motor," Innovative technology in teaching and production. Proceedings of the VI All-Russian scientific-practical conference Kamishyn, 15-16 December 2009 Volume 2. - Volgograd Volgograd State Technical University Publishing House, 2010. - pp 75-78.
7. Husainov I.M. and Massad A.Kh. "The accelerated accumulation of magnetic energy in the pulse electromechanical transducer", Problems of the electric power industry. Inter-college. scientific collection - Saratov: Saratov State Technical University in 2003. pp.36-38.
8. Moshkin V.I. Egorov A.A and Ugarov G.G. "The study of the forced modes of magnetic energy storage in pulse linear electromagnetic motors", Vestnik of the Saratov State Technical University. - Saratov: SSTU 2006, № 1 (10), no.1. - pp. 39-44.
9. Usanov K.M., Kargin V.A., Volgin A.V. An assessment of efficiency of power transformations in the electromagnetic shock car with an elastic returnable element//Works of the Kuban state agrarian university, No. 3, 2008. – P. 86-87.

**Б.К. Мергенова<sup>1</sup>, Г.Г. Угарова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Западно-Казахстанский инженерно-технологический университет, г. Уральск, Казахстан

<sup>2</sup>Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина, г. Саратов

## **ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ И РЕЖИМНЫХ ФАКТОРОВ НА ПАРАМЕТРЫ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИИ. СПОСОБЫ ПЛАВКИ ГОЛОЛЕДА**

Отложение гололеда, изморози и мокрого снега представляют большую опасность для нормальной эксплуатации воздушных линий электропередачи (ВЛ). Они могут вызывать:

разрегулировку проводов и тросов и их сближение между собой;

сближение проводов и тросов при подскоке, вследствие одновременного сброса гололеда;

интенсивную пляску, вызывающую короткие замыкания между проводами и между проводами и тросами, ожоги проводов и тросов, а некоторых случаях повреждение линейной арматуры и креплений;

значительную перегрузку проводов и тросов и их обрывы, особенно при ожогах проводов и тросов электрической дугой;

перегрузку и поломку траверс;

разрушение опор в результате обрыва проводов и тросов при перегрузке от гололеда, когда возникающие неуравновешенные тяжения на опоры от оставшихся целыми проводов и тросов значительно превышают расчетные, а также при сочетании гололеда с сильным ветром.

Учитывая чрезвычайно тяжелый характер гололедных аварий, могущих привести к дезорганизации электроснабжения целых районов, необходимо принимать решительные меры по их предотвращению путем своевременной плавки гололедно-изморозевых образований на проводах и тросах электрическим током.

Плавка гололеда является наиболее эффективным средством для предупреждения аварий. Она позволяет удалить гололед на десятках километров линий в течение 0,5-1 часа, предупредить опасную перегрузку и ликвидировать пляску проводов.

При проектировании ВЛ, трассы которых проходят IV и особом районах гололедности, а также в районах интенсивной и частой пляски проводов, плавка гололеда рекомендуется на проводах линий напряжением до 220 кВ включительно. Плавка гололеда на тросах линий должна предусматриваться, если возможно опасное приближение освобождающихся от гололеда проводов к тросам, покрытым гололедом.

На линиях 330 кВ и выше в указанных районах, а также на ВЛ 35-220 кВ в III районе гололедности вопрос об организации плавки гололеда должен решаться на основе технико-экономического анализа целесообразности ее применения.

Эффективность плавки в большей степени определяется своевременностью ее проведения.

Запоздалая плавка гололеда может не дать должных результатов и даже способствовать развитию аварий. Это может быть, например, при сильных ожогах проводов, обусловленных перекрытиями из-за гололеда. Прохождение большого тока при плавке приводит к сильному перегреву ослабленных мест проводов, потере механической прочности и обрыву. Кроме того, при сильной перегрузке на линиях с вертикальным расположением проводов и небольшим горизонтальном смещении возможны приближения и ожоги проводов вследствие одновременного сброса гололеда на отдельных фазах.

При определении гололедных нагрузок, по достижении которых необходимо прибегнуть к плавке гололеда, следует учитывать не только опасность перегрузки, но также сближение между проводами и тросами и нарушения габаритов, особенно на пересечениях.

Рекомендуется начинать плавку при достижении расчетных нагрузок и продолжающемся нарастании гололеда, если только нет данных от гидрометеорологической службы о предстоящем (в пределах суток) прекращении гололедообразования. Более высокие нагрузки от гололеда могут быть допущены также, если проведенные расчеты показывают, что фактические запасы прочности в траверсах, проводах и тросах допускают повышение гололедных нагрузок, и при одновременном опадании гололеда не возникает опасность перекрытий между проводами и тросами (имеется горизонтальное смещение, соответствующее требованиям пункта П-5-54 – ПУЭ или принятые расстояния по вертикали таковы, что при полном сбросе гололеда на нижних проводах и сохранении половинной нагрузки на верхних, перекрытия при рабочем напряжении линии не произойдет). При этом удельная нагрузка проводов не должна превышать более чем в 1,5 раза наибольшую расчетную.

При необходимости проведения плавки на ряде линий для возможности ее своевременного завершения она может быть начата при нагрузках меньше расчетных.

При плавке на проводах следует проверить опасность их приближения к тросам после удаления гололеда. Перекрытие в подобных условиях особенно опасно, поскольку они концентрируются в одном и том же месте, и получающиеся ожоги приводят к значительному ослаблению прочности проводов и тросов.

Если перекрытия между проводами и тросами оказываются возможными, то для их предупреждения должна быть проведена плавка гололеда на тросах до плавки гололеда на проводах.

При проверке расстояния между проводами, свободными от гололеда, и обследованными тросами учитывается возможность асинхронного раскачивания. Расчет должен быть произведен для скорости ветра, принимаемой в качестве расчетной при гололеде в данной местности. При этом рассматривается самое неблагоприятное взаимное положение провода и троса, когда один из них отклоняется в пределах расчетного угла, а второй – в пределах половины расчетного угла.

Плавка гололеда на тросах должна проводиться также при ожидаемом потеплении; если возникает опасность перекрытий с проводов на тросы при естественном опадании гололеда с линии, поскольку в первую очередь освобождаются от гололеда провода. Особенно это необходимо на линиях с расщепленными фазами, где гололед покрывает провода только с одной стороны и быстро осыпается при потеплении.

При проверке приближения проводов к тросам в анкерных участках, отличающихся значительной неравномерностью гололедообразования, необходимо учитывать отклонение точек крепления троса в направлении пролетов с наибольшими гололедными нагрузками или производить анкеровку троса.

Для плавки гололеда на тросах они должны подвешиваться на изоляторах, что способствует приближению тросов к проводам, особенно при неравномерном отложении гололеда на линии. Таким образом, опасность перекрытий возрастает. Предусматривая плавку гололеда на тросах, необходимо, поэтому обеспечить ее обязательное своевременное проведение. Конструкция тросостоек должна быть выполнена таким образом, чтобы при поперечном ветре расстояние от стойки до троса не сокращалось сверх допустимого, а изоляторы тросовой гирлянды не касались тросстойки.

Для предупреждения ожогов проводов и тросов при коротких замыканиях во время плавки гололеда, на обогреваемых линиях следует применять защиту с минимальной выдержкой времени или работающему мгновенно. При использовании схем плавки, в которых возможно длительное протекание тока через землю при нарушении изоляции провода и троса без увеличения тока от источника плавки должна быть предусмотрена защита от таких повреждений.

Для своевременного предупреждения об опасных нагрузках от гололеда при возникновении метеорологических условий, способствующих его образованию, должны вестись специальные наблюдения. С этой целью заранее должны быть намечены контрольные точки на линии, подвергающиеся сильному обледенению (обычно в наиболее возвышенных местах трассы), по которым можно судить об опасности гололедообразования. Наблюдения могут проводиться непосредственно в пролете линии электропередачи или на специально смонтированном проводе. При труднодоступности наиболее гололедных участков трассы такие провода могут устанавливаться поблизости от монтерских пунктов в местах, условия гололедообразования в которых близки к опасным точкам на трассе линии.

Помимо организации наблюдений за гололедообразованием на ответственных линиях, где может быть гололед с толщиной стенки 15 мм и более, рекомендуется устанавливать автоматические сигнализаторы, которые передают на подстанцию сигнал о появлении гололеда определенного веса в пролетах, подверженных сильному обледенению. Исправность и правильная работа сигнализаторов должны проверяться перед гололедным сезоном.

В проектах линий, на которых предусматривается плавка гололеда, должна быть также разработана организация системы наблюдений за гололедом, включающая при надобности, применение специальных сигнализаторов.

Плавка гололеда на линиях, подверженных пляске, служит для удаления одностороннего осадка, обуславливающая аэродинамическую неустойчивость провода и пляску при поперечном к линии ветре достаточной силы (более 8м/сек.).

Величина опасного гололеда невелика, и он образуется очень быстро.

Плавка гололеда для предотвращения пляски проводов после образования одностороннего осадка на линиях, подверженных интенсивной пляске, должна проводиться, сообразуясь с опытом эксплуатации и во всех случаях, когда по данным гидрометеорологической службы в районе трассы ожидается сильный ветер поперек линии.

На линиях, где предусматривается плавка, перед гололедным сезоном необходимо произвести тщательный осмотр проводов, тросов и соединителей в цепи

плавки. При наличии повреждений на части повивов должны быть наложены бандажки; болтовые соединения проветрить по сопротивлению и при надобности подтянуть. Должны быть также проверены и улучшены контакты выключателей и разъединителей.

Успешное проведение плавки требует быстрой и оперативной работы по ее организации.

Как правило, схема плавки гололеда должна вводиться в работу не позднее чем за 0,5-1 часа после команды диспетчера о применении плавки.

С этой целью должна быть заранее проработана последовательность всех операций по сборке схемы плавки и мероприятия, обеспечивающие их быстрое завершение. Как правило, для сборки схемы плавки должны использоваться коммутационные аппараты (выключатели, разъединители, отделители) с дистанционным управлением и лишь в отдельных случаях – с применением ручных приводов. Применение шлейфов, накладок, закороток и т.п., собираемых на болтах, как правило, не допускается. При их использовании должны быть применены меры, позволяющие ввести схему плавки в работу в соответствии с указанными выше требованиями.

Сборка и разборка схем плавки гололеда производится по программам – технологическим картам, предусматривающим выдачу диспетчером комплексных оперативных заданий с учетом максимально возможной одновременности производства операций.

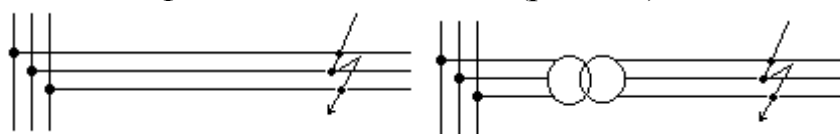
Сборка схемы с поэтапным выполнением операций и докладом после каждой из них может быть разрешена как исключение, если по местным условиям проведение группы операций не может быть допущено. Все такие случаи энергосистемы должны согласовать с Главным техническим управлением по эксплуатации энергосистем. Вопрос о проведении плавки гололеда должен решать главный инженер сетевого предприятия или специально выделенное им лицо.

### 1. Плавка гололеда переменным током

#### Плавка по способу короткого замыкания

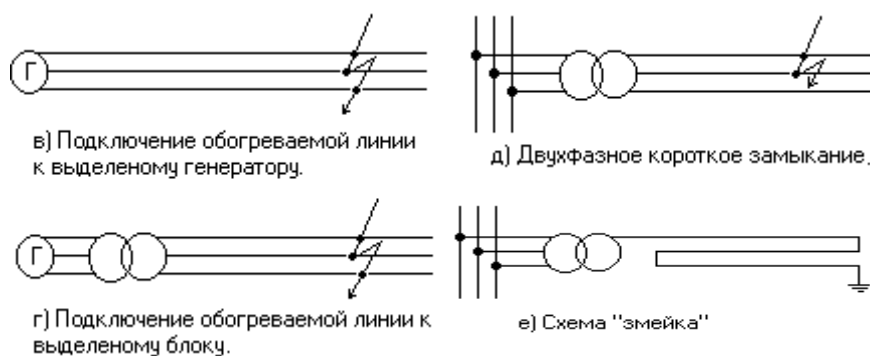
При плавке гололеда по способу короткого замыкания обогреваемая линия закорачивается с одного конца, а с другого к ней подводится напряжение достаточное, чтобы обеспечить протекание по проводам требуемого для плавки тока (рис. 1). Плавка гололеда может проводиться по способу: трехфазного короткого замыкания (рис. 1 а, б, в, г.) двухфазного короткого замыкания (рис. 1 д.)

3) однофазного короткого замыкания при последовательном соединении проводов всех фаз – схема «змейка» (рис. 1 е.)



а) Подключение обогреваемой линии непосредственно к шинам системы.

б) Подключение обогреваемой линии к шинам системы через трансформатор.



**Рисунок 1: Схемы плавки гололеда способом короткого замыкания**  
Ток плавки может быть соответственно определен по формулам:

$$I_n = \frac{U_L}{\sqrt{3} \cdot Z} \quad (1)$$

$$I_n = \frac{U_L}{2 \cdot Z} \quad (2)$$

$$I_n = \frac{U_L}{\sqrt{3} \cdot (Z_0 + R_3)} \quad (3)$$

Где  $U_L$  - линейное напряжение;  
 $Z_0$  - сопротивление обогреваемой линии;

$$Z_0 = \sqrt{R^2 + X_0^2} \quad (4)$$

где  $X_0$  - может быть принято равным сопротивлением нулевой последовательности линии;

$R_3$  - сопротивление заземления.

Метод трехфазного короткого замыкания является простым и удобным, поскольку плавка производится сразу на всех фазах.

По способу двухфазного короткого замыкания плавка на линии производится сначала на двух, а затем на третьей в сочетании с одним из освободившихся от гололеда проводов. Этот способ требует вдвое больше времени, чем при трехфазном коротком замыкании. Он применяется только в случае дефицита трансформаторной мощности, так как при том же напряжении ток плавки снижается на 14% по сравнению с плавкой по способу трехфазного короткого замыкания. Схема «змейка» применяется на коротких линиях, когда имеющиеся напряжения слишком велики для плавки по методу трехфазного короткого замыкания.

Подбирая напряжение источника и длину обогреваемой линии, обеспечивается требуемый ток плавки. Большие возможности регулирования напряжения достигаются при выделении для плавки специального генератора (или нескольких генераторов), это позволяет в широких пределах изменять ток и длину линий, на которых проводят плавку. При выделении для плавки отдельного трансформатора, возможно, произвести регулировку напряжения во всем диапазоне трансформаторов (автотрансформаторов) и плюс, минус 15% для трансформаторов, снабженных устройствами для регулирования коэффициента трансформации под нагрузкой.



Если плавка производится от шин сети, то напряжение может изменяться в ограниченных пределах. Соответственно ограниченно меняется длина обогреваемой линии.

При трудности сочетать имеющиеся на подстанции напряжения с длиной линии, требующей плавки, возможно, включать последовательно участки линий (не требующие обогрева), реакторы или устанавливать закоротку на линии. Если в последнем случае часть линии, на которой требуется плавка, оказывается вне обогреваемого участка, необходимо предусматривать плавку с двух сторон, причем напряжения источников могут быть различными.

Установка закоротки на линии нежелательна с точки зрения обеспечения оперативности плавки. Для ускорения сборки схемы и последующего восстановления нормальной работы при установке закоротки на линии в выбранном месте необходимо заранее смонтировать разъединитель, к которому перед гололедным сезоном присоединяются шлейфы с проводов. Должна быть также обеспечена связь (например, по рации) между точкой установки закоротки и одной из подстанций.

Плавка гололеда по способу короткого замыкания очень проста, делает маловероятные ошибки при производстве переключений и позволяет быстро собрать схему. Она может применяться для линий напряжением до 500 кВ.

## **2. Плавка, по способу встречного включения фаз**

Плавка по способу встречного включения фаз заключается в том, что на одном конце провода обогреваемой линии присоединяются к фазам А,В и С, а на другом – соответственно к фазам В,С и А или С,А и В.

Таким образом, на обогреваемую линию подается не фазное напряжение источника тока плавки, как при способе короткого замыкания, а линейное. Это позволяет увеличить длину линий, на которых производится плавка, на 70% или увеличить ток плавки.

## **3. Плавка по способу перераспределения нагрузок**

Основным преимуществом способа плавки гололеда путем перераспределения нагрузок является сохранение обогреваемой линии в нормальной эксплуатации при ее номинальных напряжениях. Однако осуществить необходимое для плавки значительное повышение токовых нагрузок не во всех случаях оказывается практически возможным. Кроме того, оно обычно требует отключения других линий и сопровождается некоторым понижением напряжения в части сети, примыкающей к обогреваемой линии

## **4. Плавка по способу наложения токов**

При способе наложения токов на рабочий ток накладывается дополнительный ток, создаваемый в контуре, частью которого является обогреваемая линия. Для этого в контур включается источник э.д.с., величина и фаза которой подбираются таким образом, чтобы увеличить ток до требуемого.

Для наложения токов могут быть использованы кольцевые участки сети и параллельные линии.

## **5. Плавка гололеда постоянным током.**

Для плавки гололеда постоянным током используются специальные установки. Выпрямительные агрегаты тяговых подстанций электрифицированных железных дорог могут применяться для обогрева сравнительно коротких линий.

В специальных выпрямительных установках для плавки гололеда рекомендуется использовать твердые преобразователи, которые могут быть смонтированы на открытой подстанции без специального помещения. Кроме того, твердые выпрямители не требуют систематической формовки, чем существенно упрощают эксплуатацию и наладку по сравнению с ртутными выпрямителями.

Специальные выпрямительные установки рекомендуется использовать на подстанциях, от которых плавка может производиться на нескольких линиях.

Для плавки гололеда постоянным током могут быть использованы схемы, представленные на рисунке 3.

Токи плавки определяются по формуле:

$$I = \frac{U}{R_{\text{л}} + R_{\text{ззз}}} \quad (5)$$

где  $U$  – напряжение источника постоянного тока;

$R_{\text{л}}$  – сопротивление обогреваемых проводов в цепи плавки;

$R_{\text{ззз}}$  – сопротивление заземлений, через которые протекает ток, если плавка производится через землю.

При расчете тока плавки следует считаться с повышением сопротивления проводов в процессе плавки (на участках линии, свободных от гололеда или освободившихся в начальный период плавки). При наличии данных о длине участков с чистыми проводами и покрытых гололедом может быть сделан соответствующий расчет. При отсутствии таких сведений расчет токов плавки следует производить, принимая среднее сопротивление проводов при температуре 20° С. По этому току определяется требуемое время плавки.

Регулирование тока плавки достигается соответствующим выбором напряжения выпрямительного агрегата, изменением коэффициента трансформации трансформатора, питающего выпрямительную установку, и подбором сопротивления заземления.

При плавке постоянным током через землю может быть использован один из заземлителей подстанции, к которому должен быть подведен отрицательный полюс выпрямительной установки.

С противоположного конца линии должно быть установлено специальное заземление, которое необходимо вынести с территории подстанции на расстояние порядка 50-100 м, чтобы предупредить затекание постоянного тока в контур заземления этой подстанции. На подстанции, заземление которой работает в цепи плавки, должен быть обеспечен надежный контакт всех металлических частей подземных коммуникаций с контуром заземления и во избежание несчастного случая при возможном повышении его потенциала обеспечены требования безопасности на период плавки гололеда, для чего должны быть составлены специальные инструкции.

### **Расчет плавки гололеда**

Рассматриваем расчет плавки гололеда на примере ВЛ-35кВ Федоровка-Придорожный по методу трехфазного к.з.

Марка провода – АС-70,  $R_0 = 0,46$   $X_0 = 0,4$   $l = 36,9$  .

Активное сопротивление линии:

$$R = R_0 \cdot l \quad (6)$$

$$R = 0,46 \cdot 36,9 = 17 \text{ Ом}$$

$$X = X_0 \cdot l \quad (7)$$

$$X = 0,4 \cdot 36,9 = 14,76 \text{ Ом}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} \quad (8)$$

$$Z = \sqrt{17^2 + 14,76^2} = 22,5 \text{ Ом}$$

при  $V = 8$  м/с,  $t = 0^\circ\text{C}$  для АС-70.

Допустимый ток плавки – 280 А.

Плавку осуществляем от ячейки плавки гололеда (10,0 кВ).

$$I = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z} \quad (9)$$

$$I = \frac{10,5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 22,5} = 270 \text{ А}$$

$$270 < 280$$

Условие выполняется.

Мощность требуемая для плавки;

Полная:

$$S = \sqrt{3}UI \quad (10)$$

$$S = \sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,270 = 4,68 \text{ МВт}$$

Реактивная:

$$Q = 3 \cdot I^2 \cdot X \quad (11)$$

$$Q = 3 \cdot 0,27^2 \cdot 14,76 = 3,23 \text{ МВар}$$

Активная:

$$P = \sqrt{S^2 - Q^2} \quad (12)$$

$$P = \sqrt{4,68^2 - 3,23^2} = 3,4 \text{ МВт}$$

Экономическая эффективность плавки гололеда

Технико-экономический расчет плавки гололеда питающей сети подстанции «Федоровка» /.

Рассмотрим первый вариант при котором плавка гололеда не ведется.

Ожидаемые затраты на 1 км. линии в гололедно-ветровых режимах:

$$Z_{z1} = \Gamma_1 \cdot Z_{z1} + \Gamma_2 \cdot Z_{z2} + \Gamma_2 \cdot U_{z2} \quad (13)$$

где  $\Gamma$  – вероятное годовое число гололедно-ветровых аварий при отсутствии плавки, отнесенное к 1 км. линии,  $\Gamma = 0,011$ ;

$\Gamma_1$  – вероятное годовое число гололедно-ветровых аварий, отнесенному к 1 км. линии, связанное с разрушением опор;

$Z_{z1}$  – значительные ежегодные затраты на восстановление 1 км поврежденной линии;

$\Gamma_2 = \Gamma - \Gamma_1$  – вероятное число гололедно-ветровых аварий, отнесенных к 1 км линии, связанное только с обрывом проводов;

$Z_{в2}$  – незначительные ожидаемые затраты на восстановление 1 км. поврежденной линии;

$У_{Г1}$ ,  $У_{Г2}$  – средний ущерб в результате отключения потребителей, вызванного повреждением участка рассматриваемой линии длиной в 1 км. соответственно с разрушением и без разрушения опор.

Для вероятных значений аварийности линии в гололедно-ветровых режимах, общей и связанной с восстановлением разрушенных опор:

$$\Gamma_1 = A \cdot \Gamma \quad (14)$$

где  $A$  – отношение длины поврежденных участков, связанных с восстановлением опор, к общей длине поврежденных участков,  $A = 0,8$ ;

Тогда:

$$Z_{з1} = \Gamma \cdot L \cdot (A \cdot Z_{з1} + (1 - A) \cdot Z_{з2}) + \Gamma \cdot L \cdot (A \cdot Y_{з1} + (1 - A) \cdot Y_{з2}) \quad (15)$$

где  $L$  – длина линий, км.

Эквивалентные затраты на восстановление 1 км. поврежденной линии, учитывающие повреждения различного характера и соответственно эквивалентные ущербы от отключения потребителей в результате повреждения 1 км. линии:

$$Z_{з} = A \cdot Z_{з1} + (1 - A) \cdot Z_{з2} \quad (16)$$

$$Y_{з} = A \cdot Y_{з1} + (1 - A) \cdot Y_{з2} \quad (17)$$

Тогда:

$$Z_{з1} = \Gamma \cdot L \cdot (Z_{з} + Y_{з}) \quad (18)$$

Исходные данные:

$A = 0,8$  – за последние 5 лет;

$\Gamma = 0,011$  – на основе опытных данных;

$Z_{в1} = 1000$  т.тг.;

$Z_{в2} = 20\% \cdot Z_{в1} = 200$  т.тг.;

$L = 15,54$  км.;

$У_{Г1} = 100$  т.тг.

$У_{Г2} = 40$  т.тг.

$P = 0,315$  МВт.;

Повреждение ВЛ – 10 кВ устраняется за 5-6 часов.

Стоимость 1 кВт \* ч ущерба 250 тг.;

Количество аварий – 20 в год.

$$Y_{з} = Y_{уд} \cdot P \cdot (h \cdot n) \cdot q \quad (19)$$

$$O_{а} = 50 \cdot 315 \cdot 6 \cdot 20 \cdot \frac{4982,6}{8760} = 5375 \text{ т.тг}$$

$$C_{а} = 0,8 \cdot 200 + (1 - 0,8) \cdot 40 = 840 \text{ т.тг}$$

$$C_{а1} = 0,011 \cdot 11,4 \cdot (200 + 1075) = 799,425 \text{ т.тг}$$

Рассматриваем второй вариант при котором плавка гололеда ведется.

Обеспечение лавки гололеда требует первоначальных капитальных вложений ( $K_{пс}$ ), которые могут быть отнесены к суммарной протяженности охватываемых плавкой линий.

Тогда капитальные вложения для плавки 1 км. линии определяются:

$$K_{пс} = K_n \cdot l \quad (20)$$

где  $l$  – длина линии;

$$K_{\text{п}} = 1,5$$

Ежегодные издержки на эксплуатацию плавки также можно принять пропорциональными капитальным вложениям  $B_{\text{кп}}$ .

При ежегодном количестве плавков, приведенные затраты, связанные с плавкой составят:

$$Z_{\text{з2}} = K_{\text{нс}} \cdot (P_{\text{н}} + P_{\text{а}} + P_{\text{э}}) + n \cdot I_{\text{п}} + n \cdot Y_{\text{п}} \quad (21)$$

где  $I_{\text{п}}$  – ожидаемые издержки на покрытие определенных затрат электроэнергии, при проведении каждой плавки, т.тг.;

$Y_{\text{п}}$  – ущерб при отключении потребителей на время плавки, т.тг.;

$n$  – количество плавков за сезон.

Первоначальные капитальные вложения включают в себя:

а) стоимость установки ячейки с выключателем на 10 кВ;

б) стоимость установки десяти разъединителей;

в) стоимость установки шинпровода.

$$K_{\text{пс}} = 50 + 10 \cdot 12 + 15 = 185 \text{ т.тг}$$

Нормативные отчисления от капитальных вложений:

$$P_{\text{н}} = 0,12.$$

Амортизационные отчисления от капитальных вложений:

$$P_{\text{а}} = 0,045.$$

Ежегодные издержки на эксплуатацию:

$$P_{\text{э}} = 0,075.$$

Находим потери мощности при плавке гололеда:

$$\Delta P = (S/4)^2 \cdot R = 3I^2 \cdot R \quad (22)$$

$$\Delta P = 3 \cdot 512,7^2 \cdot 10,374 = 8180,769 \text{ кВт}$$

Находим потери энергии при плавке гололеда:

$$\Delta W = \Delta P \cdot t \cdot T \quad (23)$$

где  $T = t \cdot n$ ;

$t$  – время плавки гололеда, мин.  $t = 15$  мин.;

$n$  – количество плавков за год.  $n = 20$ .

$$T = 15 \cdot 20 = 300 \text{ мин.} = 5 \text{ ч}$$

$$\Delta W = 8180,769 \cdot 5 \cdot 0,25 = 10225,691 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

$$\dot{E}_i = \Delta W \cdot t \quad (24)$$

$$\dot{E}_i = 10225,691 \cdot 0,25 = 12,78 \text{ т.тг}$$

Итоговое капитальное вложение:

$$K = K_{\text{пс}} K_{\text{п}} + \dot{E}_i \quad (25)$$

$$K = 185 \cdot 1,5 + 12,78 = 290,28 \text{ т.тг}$$

Ущерб при отключении потребителей на время плавки:

$t_{\text{пл}} = 1$  час – время собрать схему плавки и вернуть в исходное состояние.

$$Y = 5 \cdot 8,180 \cdot 1 = 0,2045 \text{ т.тг}$$

$$Z_{\text{г2}} = 272 \cdot (0,12 + 0,045 + 0,075) + 20 \cdot 2,556 + 20 \cdot 0,0409 = 586,1 \text{ т.тг}$$

Экономический эффект:

$$\dot{E} = Z_{\text{г1}} - Z_{\text{г2}} = 159,885 - 117,22 = 213,325 \text{ т.тг}$$

Из рассмотренных вариантов и произведенных расчетов следует, что плавить гололед эффективнее, чем нести ущерб от аварий.

Срок окупаемости:

$$\dot{O}_{i\dot{e}} = \frac{\dot{E}}{\dot{Y}} \quad (26)$$

$$\dot{O}_{i\dot{e}} = \frac{290,2}{213,3} = 1,36 \text{ Г}$$

*А.П. Моисеев, А.В. Волгин, И.Ю. Лошкарев, А.А. Леонтьев*

*Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И.Вавилова, г. Саратов*

## СИЛОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ДВИГАТЕЛЯ С ОСЕВЫМ КАНАЛОМ

**Аннотация:** в работе приведен расчет статических тяговых характеристик линейного электромагнитного двигателя с осевым каналом

**Ключевые слова:** линейный электромагнитный двигатель, электромагнитный пресс

В настоящее время применение силовых импульсных линейных электромагнитных двигателей (ЛЭМД) с осевым каналом в различных процессах и технологиях АПК признано вполне эффективным [1].

Однако наличие осевого канала несколько уменьшает проводимость рабочих зазоров, магнитные потоки и создаваемые ими усилия  $F_1, F_2$ , и повышает эти показатели для потоков рассеяния.

В настоящей работе отмеченное перераспределение магнитных потоков и усилий рабочих и нерабочих зазоров учтено при расчете эмпирическим коэффициентом  $k_\delta$ . Тогда расчет с использованием методики [2] может быть представлен следующим образом при радиусе направляющего стержня  $r_c$  равным нулю.

Уравнение нейтрали, с помощью которого определяются величины  $l_1$  и  $l_2$

$$l_2^2 (1-n) / \ln r - l_2 (G_1 + nG_2 + 2h / \ln r) + h^2 / \ln r + lG_1 = 0, \quad (1)$$

где  $G_1, G_2$  – относительные значения магнитной проводимости первого и второго рабочих зазоров;

$$h = l_1 + l_2; \quad l = l_0 / r_1 = h + \delta; \quad r = r_2 / r_1; G_1 = 1,04 + (1 - r_c^2) / \delta,$$

(2)

$$G_2 = 0,52r_я + 1,04r + 1/\delta(r_я^2 - r^2) + (\delta/e + 1)^{-1}(1,28r_я + 2,56r),$$

(3)

где  $r_c$  – отношение радиусов стержня и якоря;

$$r_я = r_3 / r_1; n = 1 - (\Phi_C + H\delta G_1) / B, \quad (4)$$

где  $\Phi_C$  – относительный магнитный поток направляющего стержня;  $H$  – относительное значение суммы напряженностей магнитного поля якоря и ярма при  $x=0$ ;  $B=\Phi$  – относительное значение индукции якоря при  $x=0$ ;  $\delta$  – относительное значение рабочего зазора;

$$\Phi_C = r_c^2 B_C, H = H_A / H_B; B = B_A / B_B; \delta = \delta_A / r_1, \quad (5)$$

где  $H_B, B_B$  – базисные значения напряженности и магнитной индукции;  $H_B = B_B / \mu_0$ , где  $\mu_0 = 4\pi 10^{-7}$  Гн/м;  $B_B = IT_l$ .

Введем обозначения:

$$a_1 = l_1^2 / \ln r + l_1^4 r_\mu / 6 \ln^2 r; \quad a_2 = l_1 + l_1^3 r_\mu / 3 \ln r, \quad (6)$$

$$b_1=l_2^2 / \ln r + l_2^4 r_\mu / 6 \ln^2 r; \quad b_2=l_2 + l_2^3 r_\mu / 3 \ln r, \quad (7)$$

где  $r_\mu=dH/d\Phi$ .

Относительное значение удельной МДС обмотки:

$$f = B / (b_1 + b_2 G_2) + H. \quad (8)$$

Абсолютное значение тока обмотки

$$I_A = (B_\delta I_0 / \mu_0 W) f, \quad (9)$$

где  $W$  – число витков обмотки.

Тяговые усилия для первого и второго воздушных зазоров:

$$F_1 = -1/2 \varphi^2 a_2^2 (dG_1 / d\delta), \quad (10)$$

$$F_2 = -1/2 \varphi^2 b_2^2 (dG_2 / d\delta), \quad (11)$$

где  $\varphi = B / (b_1 + b_2 G)$ .

Тяговое усилие, обусловленное потоками рассеяния:

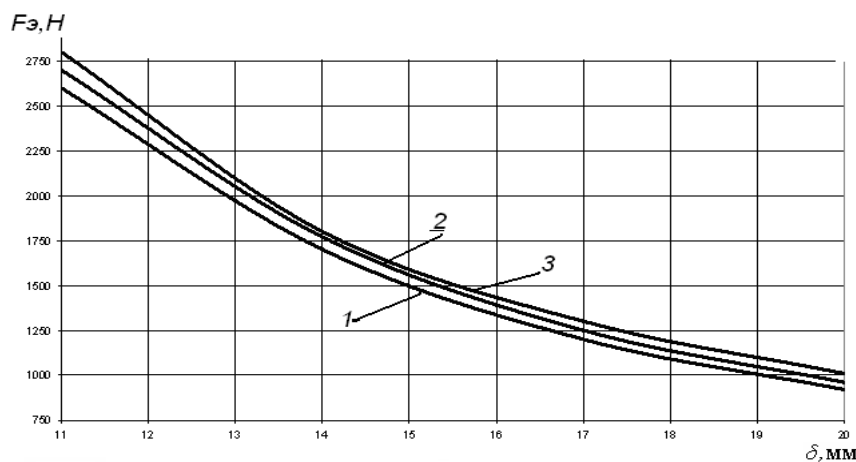
$$F_3 = f \varphi a_1. \quad (12)$$

Суммарная сила тяги:

$$F_\Sigma = k_\delta (F_1 + F_2 + F_3), \quad (13)$$

где  $k_\delta$  – эмпирический коэффициент:  $k_\delta = 0,85 \dots 0,9$ .

На рис.1 приведены статические тяговые характеристики исследованного ЛЭМД с осевым каналом  $d_{o.к.} = (0,14)D_\delta$  в диапазоне рабочего хода якоря  $\delta = (0,6 \div 1)\delta_{max}$ , где  $\delta_{max} = 0,33D_\delta$ .



**Рисунок 1.** Статические тяговые характеристики ЛЭМД с осевым каналом: экспериментальная ( $I=12A$ ); 2 – расчетная

### Список литературы

1. Усанов К.М., Моисеев А.П.. Электромагнитные машины с осевым каналом в процессах и технологиях АПК / Ж. «Механизация и электрификация сельского хозяйства», №5, 2008. – С. 31–33
2. Ряшенцев Н.П., Угаров Г.Г., Львицын А.В. Электромагнитные прессы. - Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1989. - 216 с.



## СИЛОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛИНЕЙНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ДВИГАТЕЛЯ С КОНДЕНСАТОРНЫМ ПИТАНИЕМ

*В работе показано влияние параметров емкостного накопителя на силовые характеристики линейного электромагнитного двигателя*

*Ключевые слова:* линейный электромагнитный двигатель, конденсаторное питание, емкостный накопитель

В настоящее время применение линейных электромагнитных двигателей (ЛЭМД) в приводе машин для переработки плодов на сок, погружения стержневых элементов в грунт, кормораздаточных транспортеров и др., признано вполне эффективным [1].

При эксплуатации таких машин на удаленных сельскохозяйственных объектах с низким качеством или отсутствием стационарной электросети применяют автономные аккумуляторные источники. При этом применение промежуточных конденсаторных накопителей позволяет увеличить ресурс аккумуляторных батарей, их надежность, снизить число и номинальную емкость аккумуляторов [2].

В работах [2,3] показано, что цикл энергопреобразования ЛЭМД критичен к параметрам конденсаторного источника(КИ) и для повышения эффективности за счет согласования разрядного процесса с динамическими в нагрузке необходим их соответствующий выбор.

В настоящей работе показано влияние параметров КИ емкости  $C_n$ , и напряжения  $U_n$  – на силовые характеристики ЛЭМД  $F_{\delta} = f(\delta)$ , где  $\delta$  – ход якоря при неизменной начальной энергии в накопителе и варьируемых емкости и напряжении заряда -  $W = 0,5CU^2 = const$ ,  $C_n = var$ ,  $U_n = var$ .

При исследовании режимов работы силовой импульсной системы с линейным электромагнитным двигателем привода тросошайбовых (штанго – дисковых) транспортеров, использовался универсальный динамометр серии ДОУ–3–50И (с S–образным тензодатчиком YZ101В и индикатором R320), позволяющий регистрировать пиковые (максимальные) значения силы и считывать значения для получения временной характеристики  $F_{\delta m} = f(t)$ .

При подключении к устройству питания и управления ЛЭМД, при различных режимах и переменных параметрах можно регистрировать максимальные значения электромагнитной силы, сравнивая с условием (1). Для отображения величины усилия пользуемся диалоговым окном *Display* программного обеспечения «View 300» (рис.1), запоминающее и показывающее, при многократной подачи импульса напряжения, пиковое значение тяги (в килоньютонах).

Итак, при экспериментальном исследовании силовой импульсной системы с ЛЭМД в режиме отличном от статического, меняя величину воздушного зазора  $\delta$ , и фиксируя силу на *Display*, получим  $F_{эм}^{max} = f(\delta)$  при токе  $I=var$ . (рис. 2).

Оценим влияние параметров при режиме с конденсаторным питанием, измеряя величину тяговой силы в зависимости от зазора (рис.1).

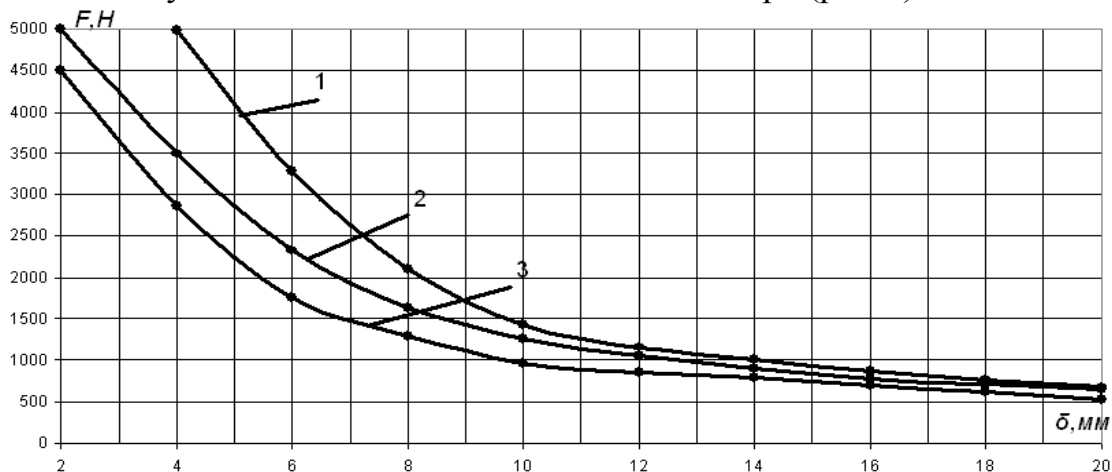


Рисунок 1 Характеристики ЛЭМД с  $W = 100 Дж$ , кривые: 1–  $U=95В$ ,  $C=22000 мкФ$ ; 2–  $U=163В$ ,  $C=7500 мкФ$ ; 3–  $U=270В$ ,  $C=2750 мкФ$ .

Установлено (рис.1.), что при малых напряжениях  $U_n$  и повышенной емкостью накопителя  $C_n$  тяговое усилие на этапе трогания выше на 15–25%, чем при малой емкостью  $C_n$  и повышенным напряжением  $U_n$ .

При снятии динамических характеристик регистрируем разряд на обмотку ЛЭМД предварительно заряженной до напряжения  $U_n$  емкости  $C_n$ , который начинается в момент  $t_0$  (рис.2). Уравнения электрического и механического равновесия, определяющие ток, напряжения и перемещение якоря ЛЭМД имеют вид [3]

$$U_n = Ri + \frac{d\psi}{dt}; m \frac{d^2x}{dt} = F + F_f; F_f = \frac{d}{dx} \int id\psi,$$

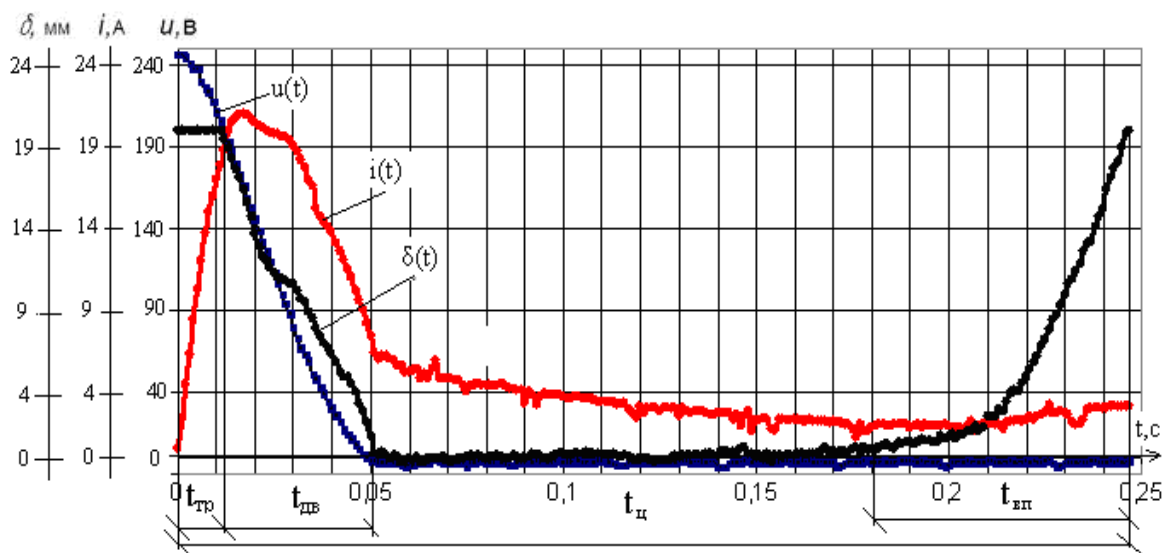
где  $U_n$  – напряжение накопителя;  $\psi$  – потокосцепление ЛЭМД;  $F_f$ ,  $F$  – электромагнитная и противодействующая силы;  $x$  – координата якоря.

Энергетический баланс питаемого однополярными импульсами электро-механического преобразователя при пренебрежении потерями на трение и гистерезис на бесконечно малом интервале  $dt$  представим [3]:

$$dW_{ист} = dW_{маг} + dW_{мех} + dW_{пр} + d_{\Delta}W_m + d_{\Delta}W_{ст}, (1)$$

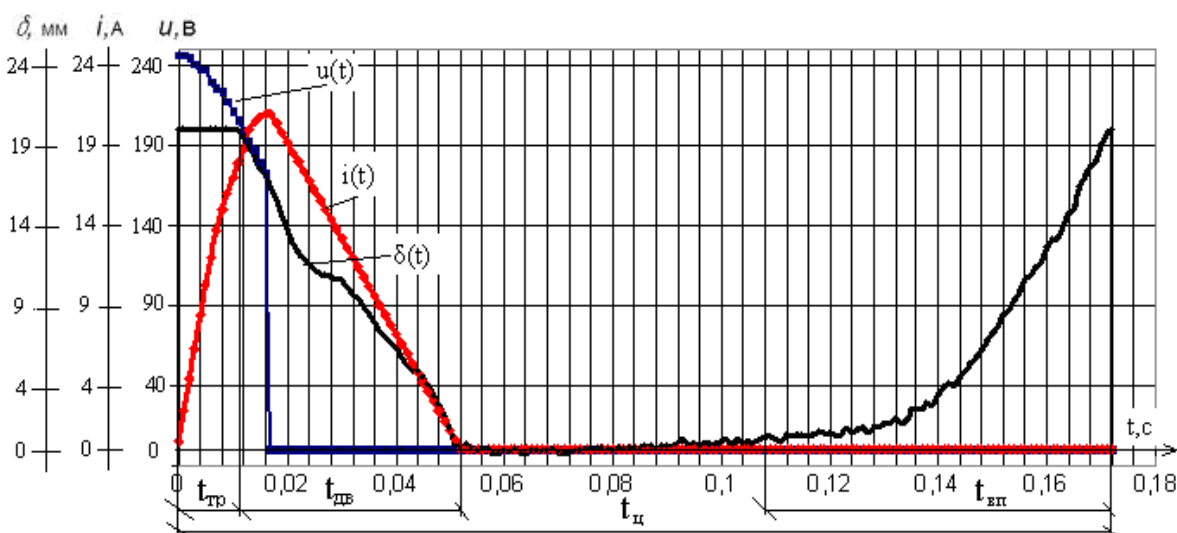
где  $W_{ист}$  – энергия, поступившая от источника;  $W_{маг}$  – энергия магнитного поля ЛЭМД;  $W_{мех}$  – механическая энергия;  $W_{пр}$  – энергия на деформацию пружины;  $_{\Delta}W_m$  – потери в меди;  $_{\Delta}W_{ст}$  – потери в стали.

При определении динамических характеристик (рис.2) видно, что время единичного цикла превышает требуемое, что ведет к снижению скорости рабочего органа и соответственно производительности кормораздатчика.



**Рисунок 2** Динамические характеристики ЛЭМД

Для устранения приведенных недостатков воспользуемся методом, предложенным в работе [4], который реализует характерный для силовых электромагнитов магнитный цикл, близкий к  $\psi = const$  (рис.3).



**Рисунок 3** Динамические характеристики ЛЭМД с элементарным магнитным циклом  $\psi=const$

Он предполагает быстрый разряд импульсного источника на обмотку для интенсивного аккумулирования энергии в ЛЭМД и требует повышенного напряжения  $U_n$  и уменьшенной, как правило, ёмкости  $C_n$  накопителя. При этом, импульсы тока  $i(t)$  и напряжения  $u(t)$  имеют значительную амплитуду и крутизну фронтов, что снижает время цикла  $t_u$ .

Таким образом, проведенный анализ, сопоставление представленных на рис.2,3 зависимостей позволяют выбрать параметры емкостного накопителя и реализовать цикл  $\psi(i)=const$  при котором повышается быстродействие и эффективность реализации накопленной магнитной энергии в двигателе, что исключает необходимость гашения поля и рекуперации и упрощает схему источника питания.

### Список литературы

1. Усанов К.М. Совершенствование технических средств и технологий АПК системами с электромагнитными импульсными машинами: автореф. дисс. ... докт. техн. наук / Усанов К.М. – Саратов, ФГОУ ВПО СГАУ им. Вавилова Н.И., 2009. – 36 с.
2. Усанов К.М., Моисеев А.П.. Электромагнитные машины с осевым каналом в процессах и технологиях АПК / Ж. «Механизация и электрификация сельского хозяйства», №5, 2008. – С. 31–33.
3. Усанов К.М., Каргин В.А. Электрический преобразователь с емкостным накопителем энергии для питания электромагнитной ударной машины // Механизация и электрификация сельского хозяйства: Материалы конференции, посвященной 119-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова, Саратов: СГАУ, 2006. – 81–85 с.
4. Усанов К.М., Угаров Г.Г., Волгин А.В., Каргин В.А. Энергетические показатели линейного электромагнитного двигателя в режиме энергопреобразования при постоянном потокоцеплении // Проблемы электротехники, электроэнергетики и электротехнологии: Труды Всероссийской научно-технической конференции. – Тольятти: ТГУ, 2004. – С. 27–30.

*А.Е. Макаренко, В.А. Стрельников*

*Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, г. Саратов*

## **МИКРОКЛИМАТ В ТОРГОВОМ ЗАЛЕ САДОВОГО ЦЕНТРА**

В настоящее время складывается тенденция к открытию новых торговых учреждений. Вместе с ростом количества торговых учреждений, увеличивается и их масштабность, то есть помимо небольших магазинов практикуется строительство больших торговых центров, гипермаркетов. И в связи с этим, создание микроклимата в торговых залах и помещениях торговых центров должно обеспечиваться зачастую сложными и значительными инженерными системами климатизации. Данные системы помимо прямой задачи: обеспечение параметров воздушной среды для комфортного пребывания людей в рабочей зоне, должны отвечать требованиям безопасности, энергоэффективности и энергосбережения, а также возможным технологическим требованиям, которые могут предъявляться при хранении и реализации определенных видов продукции.

В частности возникает вопрос сбалансированности инженерных решений по обеспечению параметров микроклимата для комфортного пребывания покупателей и рабочего персонала в торговых залах и параметров необходимых для хранения (в том числе сохранности товарного вида) и реализации определенных видов продукции.

В качестве конкретного случая рассмотрим оптово-розничный садовый центр, специализирующийся на реализации садовых и комнатных растений. Для обеспечения микроклимата в торговом зале применено решение с комбинированной системой отопления и вентиляции. Суть её заключается в том, что системы теплоснабжения и вентиляции павильонов совмещены с воздушным отоплением и кондиционированием.

Данная система рассчитана на обеспечение параметров воздушной среды в рабочей зоне согласно ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях», СП 60.13330.2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» и СНиП 31-06-2009 «Общественные здания и сооружения».

Однако следует отметить, что все перечисленные выше документы, регламентирующие параметры воздушной среды и микроклимата в общественных зданиях, направлены на поддержание максимально комфортных условий среды пребывания человека в рабочей зоне, а не обеспечение сохранности растений в торговом зале.

Упомянутые нормативные документы предполагают определенные пределы изменения параметров, характеризующих микроклимат в помещении, однако комфортные условия для человека, могут зависеть от факторов, определяющих конкретные условия труда.

Так, определяющим фактором в определении параметров микроклимата в СП 60.13330.2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование» (СНиП 41-01-2003), ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» и СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» является категория тяжести работ, характеризующая энергозатраты человека.

В ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях» параметры микроклимата определяются в зависимости от категории помещения, характеризующей одежду, время пребывания и вид занятия, труда людей. Кроме того, данный ГОСТ имеет аналогичное соотношение параметров микроклимата из условий теплового комфорта с показателями микроклимата в международном стандарте ISO 7730 [6]. И оптимальные параметры по ГОСТ 30494-2011 полностью отвечают этому понятию и по ISO 7730[6].

Тем не менее, помимо параметров воздушной среды, определяющих комфортное и безопасное состояние человека и являющимися первоочередными в помещениях общественных зданий, следует обратить внимание на параметры микроклимата, влияющие на обеспечение технологических задач. В рассматриваемом примере такой задачей является достижение максимальной сохранности живых растений на период реализации в продаже.

Для создания благоприятных условий для растений необходимо знать их физиологические особенности и особенности их природной среды обитания, и ориентируясь на которые можно максимально приблизить условия выращивания и хранения. Жизненно важными факторами для растения являются почва, температурный, световой и влажностный режимы. Эти параметры тесно связаны между собой, так как избыток или недостаток одного приводит к изменению другого[8].

Оптимальный температурный режим в помещении в различное время года должен быть различным в зависимости от фазы роста и особенностей роста растения. Отрицательными факторами, влияющими на растение, является не только повышенная или пониженная температура воздуха, но и перепад температур, что может стать причиной скручивания и опадения зеленых листьев, а также появление пятен на поверхности листьев. Такого рода явления рассмотрены Сааковым С.Г. в [9].

Кроме того, на процесс фотосинтеза влияют температурный режим воздуха и содержание  $\text{CO}_2$ . Так  $\text{CO}_2$  является источником углерода в процессе фотосинтеза, температура - фактором, влияющим на активность ферментов [10].

Таким образом, с учетом многообразия видов растений, выбор оптимальных параметров среды следует делать, исходя из рекомендаций, приведенных в справочной литературе и с учетом конкретного вида растения.

#### **Список литературы:**

1. ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.– М.: ФГУП Стандартинформ, 2013.–11 с.
2. СП 60.13330.2012. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Нормы проектирования. – М.:Минрегион России, 2012. – 75 с

3. СНиП 31-06-2009. Общественные здания и сооружения. Нормы проектирования. – М.: Минрегион России, 2009. – 41 с
4. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. Система стандартов безопасности труда.– М.: ФГУП Стандартинформ, 2005.–48 с.
5. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997.
6. International standard. Moderate thermal environments - Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. ISO 7730. Second edition. 1994-12-15.
7. Малявина, Е.Г. Новый ГОСТ на параметры микроклимата жилых и общественных зданий/Е.Г. Малявина// АВОК.-1999.- №5- С.5-12.
8. Головкин Б.Н. Комнатные растения: справочник / Б.Н. Головкин, В.Н. Чеканова, Г.И. Шахова и др. – М.: Лесн. пром-сть, 1989. – 431 с.
9. Сааков С.Г. Оранжерейные и комнатные растения и уход за ними. – М.: Наука, 1985. – 621 с.
10. Якушкина Н.И. Физиология растений: учебник для студентов ВУЗов/ Н.И. Якушкина, Е.Ю. Бахтенко. – М.: Владос, 2004. - 464 с.

**А.Е. Макаренко**

*Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, г. Саратов*

## **ЗНАЧИМОСТЬ ПРОЦЕССА ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЖБИ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО РЫНКА**

Железобетон и железобетонные изделия (ЖБИ) прочно вошли строительную отрасль. Железобетонные изделия повсеместно применяются в современном строительстве. Это обуславливается преимущественными эксплуатационными и техническими показателями бетона и железобетона по сравнению с другими строительными материалами и конструкциями. Главным образом, эти преимущества заключаются в значительном сроке службы материала, в устойчивости к воздействию огня и атмосферных явлений, а также высокая несущая способность конструкций из железобетона.

С каждым годом в России увеличивается объем производства железобетонных изделий, и, соответственно, данный сегмент рынка имеет тенденцию к росту и развитию. Так по итогам исследования рынка железобетонных изделий по состоянию на 2014 год, проведенных независимой аналитической компанией «Alto Consulting Group» следует, что наблюдается подъем производства железобетонных конструкций и изделий в течении последних трех лет. В 2013 году в России произведено 26691,05 тыс.м<sup>3</sup> железобетонных изделий. В 2014 году производство выросло на 7,4% к уровню 2013года[1].

Следует отметить, что на рынке ЖБИ продукция практически полностью представлена отечественными производителями.

Значительным фактором, влияющим на качество железобетонного или бетонного изделия, являются условия, при которых протекает процесс твердения и созревания бетона. Данный процесс самый длительный в линии производства ЖБИ. Созревание, набор прочности и непосредственно твердение бетона происходит и в естественных условиях. Однако, железобетонное изделие, согласно нормативам, должно поставляться потребителю с отпускной прочностью 70% от его марочной прочности. Данный показатель в естественных условиях твердения бетона в зависимости от марки и температуры среды достигается в среднем через 7-14 суток. Что, соответственно, влечет увеличение сроков производства изделия, увеличение складских площадей, а также зависимость производства от метеоусловий, времени года (как факторов влияющих на качество бетона при уличном хранении).

Для ускорения процесса твердения и набора прочности бетона применяют тепловую и тепловлажностную обработку. Данный вид обработки позволяет сократить время полного цикла производства изделия, поскольку при определенных параметрах температуры и влажности процесс набора прочности бетона значительно сокращается. Однако, в настоящее время все больше производителей отказываются от тепловой обработки бетона, заменяя её внесением в бетон ускорителей твердения бетона и других химических добавок, некоторые из которых



улучшая одни характеристики бетона, могут ухудшить другие. Но перспективным является совместное применение тепловой обработки и современных химических добавок, позволяющее оптимизировать технологический процесс производства.

Одним из наиболее распространенных методов тепловлажностной обработки бетонных и железобетонных изделий является пропаривание. Вместе с тем пропаривание является одним из наиболее энергозатратных методов. До 80-90% энергозатрат на предприятиях стройиндустрии стран СНГ приходится на производство пара для тепловой обработки железобетонных изделий, прогрева инертных материалов. А высокая стоимость производства пара соответственно ведет к увеличению себестоимости продукции. Следует учитывать, что высокая стоимость производства пара зачастую связано с устаревшим энергетическим оборудованием[2]. Замена устаревшего оборудования на современные парогенераторы и тем более отказ от централизованного теплоснабжения дает положительный экономический эффект, достигая сокращения потребления природного газа при производстве ЖБИ в среднем в 3 раза[2].

Также перспективным методом тепловлажностной обработки бетона является обработка бетона продуктами сгорания природного газа. Применение такого способа уменьшает теплотребление в 2-3 раза[3]. Однако при этом способе необходимо прибегать к дополнительному увлажнению газозооушной смеси. Исследования показывают, что при обработке бетона продуктами сгорания природного газа сокращается время обработки до получения заданной прочности на 3 часа по сравнению с пропариванием, кроме того прочностные показатели бетона при такой обработке более высокие, чем при пропаривании[3].

Существуют и ряд других видов тепловой обработки ЖБИ. Часто применяется электрообогрев изделия высоко- и низкотемпературными нагревателями (ТЭНы, термоизлучатели, проволочные нагреватели, греющие шнуры и т.д.). Также существуют индукционные способы обработки, обогрев инфракрасным излучением и т.д.

Таким образом, при всем многообразии способов тепловой обработки бетонных изделий, научно-технический уровень реализации в производстве в России находится на достаточно низком уровне.

#### **Список литературы:**

1. Компания «Alto Consulting Group»// Рынок железобетонных изделий (ЖБИ). Текущая ситуация и прогноз 2014-2018 гг.-Пермь, 2014г.
2. Богомолов О.В., Малышев А.А. Как радикально повысить энергоэффективность теплоснабжения технологических процессов производства ЖБИ // Технологии бетонов. 2014 №8, С. 33-35.
3. Корнеев А.Д., Губарев В.Я., Синельников Д.С., Соловьев В.Г. Экспериментальные исследования тепловлажностной обработки бетона продуктами сгорания природного газа// Технологии и материалы №1, январь 2007, С.30-31.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ «PROPANE AIR» В РОССИИ

Основные факторы риска для систем, использующих природный газ в качестве топлива: прекращение подачи газа, вызванное аварией на трубопроводе, или падение давления в трубопроводе, обусловленное повышенным газопотреблением. В этих и других подобных случаях бесперебойное функционирование систем энергоснабжения должно обеспечивать резервное топливо.

Использование сжиженного углеводородного газа (СУГ) в качестве резервного топлива целесообразно по многим причинам. К числу несомненных преимуществ данного вида топлива относится его экологическая чистота, удобство транспортировки и хранения. С технической точки зрения, недостатком пропан-бутана как резервного топлива является его отличие от природного газа по физико-химическим свойствам, из-за чего оборудование, предназначенное для работы на природном газе, не может быть «напрямую» переведено на использование пропан-бутана. Эта проблема имеет эффективное технологическое решение: смешение СУГ с воздухом.

Важным преимуществом пропан-бутановоздушных смесей является их взаимозаменяемость с природным газом. Газы считаются взаимозаменяемыми, если при их использовании обеспечивается постоянство теплового потока в газоиспользующих агрегатах без переналадки газогорелочных устройств и без изменения режима давления в газовых сетях. Оптимальный состав пропан-бутановоздушной смеси, взаимозаменяемой с природным газом с числом Воббе  $W_{ном} = 47315$  кДж/м<sup>3</sup>, а также допустимый состав смеси, исходя из возможного отклонения числа Воббе в пределах  $\pm 5\%$ , показан в таблице.

**Таблица. -Состав пропан-бутановоздушной смеси, взаимозаменяемой с природным газом [2]**

Содержание бутана в пропан-бутановой смеси, масс. %	Оптимальное содержание пропан-бутана в ПБВС, об. %	Допустимое содержание пропан-бутана в ПБВС, об. %
100	49,5	46,5-52,5
60	53,9	50,8-57,0
25	57,3	54,2-60,9
0	59,9	56,5-63,5

Взаимозаменяемость пропан-бутановоздушных смесей с природным газом позволяет использовать их как резервное топливо для покрытия пиковых и ава-

рийных нагрузок у потребителей природного газа, а также дает возможность организовать газоснабжение населенных пунктов с учетом перспективного перехода на природный газ.

Технология получения пропан-бутановоздушных смесей широко используется за рубежом и получила название «Propane-Air». Пропан-бутановоздухосмесительные установки включают следующие элементы: хранилище сжиженных углеводородных газов, систему их регазификации (установки для перевода СУГ из жидкой фазы в газовую перед подачей на вход смесительной установки), воздухонагнетательные устройства, смесители газа с воздухом, средства контроля и автоматики. Подача воздуха, необходимого для приготовления пропан-бутановоздушной смеси, может осуществляться с помощью воздухонагнетательных устройств (компрессоров, вентиляторов) и за счет использования энергии сжиженных газов (инжекционный метод).

Расчет затрат, связанных с сооружением и эксплуатацией системы «Propane-Air», и выгоды от ее использования осуществляется на стадии выполнения конкретного проекта. Эти показатели зависят как от масштаба проектируемой системы и специфики потребителя, так и от комплекса внешних условий, среди которых главным фактором является динамика цен на СУГ и природный газ.

Многие промышленные потребители газа за рубежом переходят на пропан-бутановоздушную смесь для покрытия избыточных (превышающих контрактные объемы поставок природного газа) потребностей в газовом топливе. Многие контракты, заключаемые зарубежными поставщиками природного газа с промышленными предприятиями, также предусматривают полное отключение их от газораспределительных сетей в периоды наиболее интенсивного потребления природного газа населением. В эти периоды используется вторичное газовое топливо, при этом в остальное время природный газ поставляется по льготной цене.

На сегодняшний день системы резервного топливообеспечения, использующие пропан-бутановоздухосмесительные установки для получения эквивалентного по свойствам заменителя природного газа, применяются практически по всему миру. Современные технологии и материалы, используемые при изготовлении оборудования для таких систем, гарантируют надежность их работы в различных климатических условиях.

В России данная технология еще не получила распространения хотя исследования в этом направлении проводились в свое время в институте «Гипрониигаз» (г. Саратов) [1] и в МИСИ им. Куйбышева (г. Москва). Природный газ является наиболее широко используемым в нашей стране видом топлива, занимающим первое место в структуре потребления топливно-энергетических ресурсов, но вопросу о его эффективной замене на случай возможных аварий или перебоев с его поставкой не уделяется достаточного внимания. Однако растущее потребление природного газа неизбежно приведет к избыточной нагрузке на систему централизованного газоснабжения, при этом многие участки газораспреде-

тельных сетей в России изношены, а при увеличении транспортной нагрузки вероятность аварий увеличивается, что требует интенсивного внедрения технологий резервного топливообеспечения, таких, как системы на пропан-бутане.

Накопление опыта эксплуатации систем резервного топливообеспечения, построенных на современной технологической базе, включающей технологию «Propane-Air», должно привести к росту популярности таких систем в нашей стране, что, в свою очередь, должно послужить стимулом к развитию рынка СУГ в России.

#### **Список литературы:**

1. Никитин, Н.И. Укрупненные газозвоздусмесительные установки / Н.И. Никитин, С.В.Рубинштейн, Н.Н. Морозова // Э.И. Сер. Подготовка, переработка и использование газа.-М.: ВНИИЭгазпром, 1987, №2, с.13-16.
2. Морозова Н.Н. Перспективы применения пропан-бутановоздушных смесей в системах газопотребления / Н.Н.Морозова // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы IV Межд. науч.-практ. конф. / ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ» / Под ред. А.В. Павлова. - Саратов: Изд. Центр «Наука», 2013. - с. 214-217.

**Л.А. Нейман**

*Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск*

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАБОЧЕГО ЦИКЛА НЕУПРАВЛЯЕМОЙ СИНХРОННОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ МАШИНЫ С ИНЕРЦИОННЫМ РЕВЕРСОМ БОЙКА**

*Для повышения эффективности известного рабочего цикла двухкатушечной электромагнитной машины ударного действия с инерционным реверсом бойка предлагается использование нового технического решения направленного на повышение точности синхронизации работы электромеханической системы и настройки машины на оптимальный режим.*

**Ключевые слова:** *электромагнитная машина ударного действия, рабочий цикл машины, синхронная работа, настройка на оптимальный режим.*

При разработке виброударных технологий практическое применение получили синхронные электромагнитные машины ударного действия, для которых частота механических колебаний бойка равна или кратна частоте питающего источника промышленной частоты [1-4]. Тенденция применения различных вариантов схем синхронных электромагнитных машин подробно рассмотрена в [5-7]. Среди вариантов схем наибольшее распространение получили двухкатушечные неуправляемые синхронные электромагнитные машины с инерционным реверсом бойка. По данному варианту схемы выполнены ударные узлы электромагнитных молотков и перфораторов ИЭ-4207, ИЭ-4210, ИЭ-4709, ИЭ-4724, ERP-1000, используемые при проведении строительно-монтажных работ [8, 9]. Основы рационального конструирования электромагнитных машин, а также совершенствование инженерных методик по их расчету по-прежнему сохраняют свою актуальность [10-17]. Несмотря на то, что данный вариант схемы давно известен и широко применялся, значительным конструктивным изменениям он не подвергался с конца 70-ых годов прошлого столетия.

Один из возможных вариантов исполнения ударного узла неуправляемой синхронной электромагнитной машины приведен на рис. 1. Машина содержит корпус 1 с размещенными внутри секциями статора, включающими магнитопровод 2 с катушкой 3 прямого хода и магнитопровод 4 с катушкой 5 обратного хода, направляющую втулку 6 с установленным в ней бойком 7 с возможностью осевого перемещения и взаимодействия с рабочим инструментом 8 и инерционным буфером 9, а также отдельно установленный блок питания 10. Направляющая втулка 6 жестко соединена с буксой 11 и корпусом буфера 12. Между буфером 9 и примыкающей к корпусу крышкой размещена пружина 13. На направляющей втулке установлен запорный механизм крепления секций статора, содержащий упор 14, стопорное кольцо 15, пружину 16 и упор 17. Между упором 17 и магнитопроводами 2 и 4 установлены различные по толщине съемные кольца 18 и 19.

Блок питания 10 формирует импульсы напряжения, поочередно подаваемые на катушки 3, 5 прямого и обратного хода.

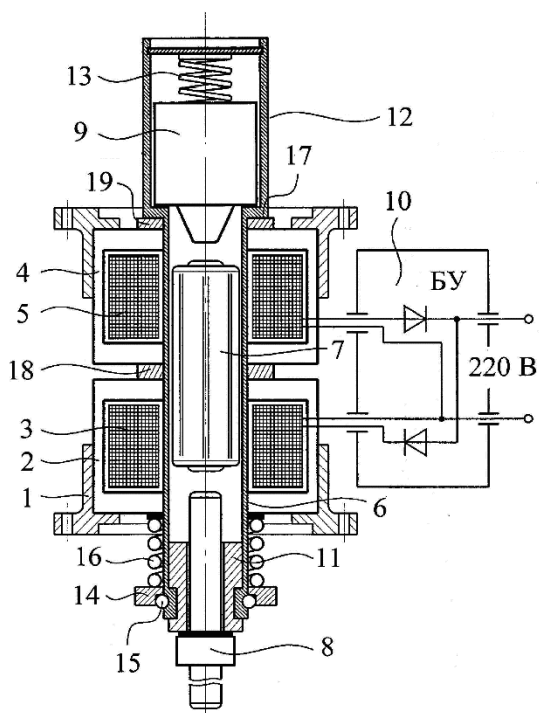


Рисунок 1. Двухкатушечная синхронная электромагнитная машина с инерционным реверсом бойка

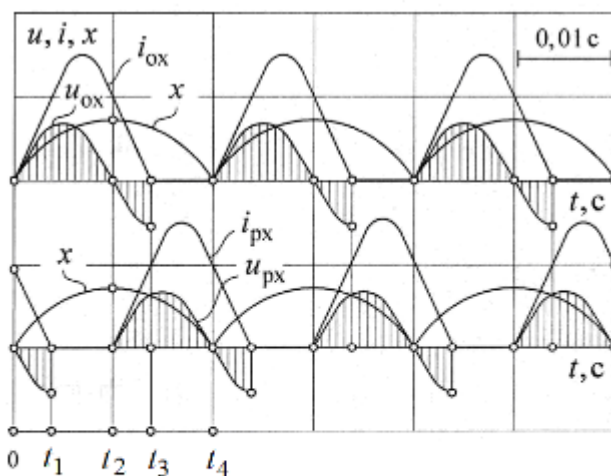


Рисунок 2. Диаграмма рабочего цикла управляемой электромагнитной машины

$u_{ox}, i_{ox}$  - напряжение и ток катушки обратного хода;  
 $u_{px}, i_{px}$  - напряжение и ток катушки рабочего хода;  
 $x$  - ход бойка.

Диаграмма рабочего процесса машины приведена на рис. 2. Полный рабочий цикл машины осуществляется за время одного периода напряжения питающего источника, что при частоте  $f = 50$  Гц обеспечивает синхронную частоту ударов бойка  $n_{уд} = 3000$  уд/мин. Принцип работы электромагнитной машины и процесс энергопреобразования за полный рабочий цикл подробно рассмотрены в работах [3, 8]. Следует отметить, что рабочий процесс электромагнитной машины осуществляется в режиме вынужденных колебаний и собственная частота механических колебаний системы согласуется с частотой и длительностью импульсов тока. При этом установлено, что время движения бойка и длительность протекания тока по катушкам может отличаться от оптимального режима работы. Особенностью рабочего цикла такой машины является то, что при обратном ходе бойка в направлении инерционного преобразователя на интервале времени  $0 \dots t_1$  энергия, поступающая из сети, расходуется на компенсацию внешней силы электромагнитного торможения бойка катушкой рабочего хода. Для интервала времени  $0 \dots t_2$  (рис. 2) уравнение баланса энергий катушки обратного хода:

$$\int_0^{t_2} (u_{ox} i_{ox} - i_{ox}^2 R_{ox}) dt + \frac{mv_0^2}{2} = \int_{v=0}^{v_1} mv dv + \int_0^{t_1} f_{эм.рх} v dt + \Delta w_{м.ох}(x, t),$$

где  $u_{\text{ох}} i_{\text{ох}}$  - мощность источника;  $i_{\text{ох}}^2 R_{\text{ох}}$  - мощность тепловых потерь катушки обратного хода;  $\frac{mv_0^2}{2}$  - кинетическая энергия бойка при отскоке от рабочего инструмента;  $m, v_0$  - соответственно масса бойка и его начальная скорость;  $v_1$  - скорость бойка в момент времени  $t_2$ ,  $\Delta w_{\text{эм.ох}}(x, t)$  - приращение энергии магнитного поля катушки обратного хода.

В уравнении баланса составляющая  $\int_0^{t_1} f_{\text{эм.рх}} v dt$  определяет энергию, затраченную на компенсацию усилия электромагнитного торможения бойка катушкой рабочего хода, а составляющая  $\int_{v=0}^{v_1} mv dv$  определяет кинетическую энергию бойка в конце интервала на момент времени  $t_2$ .

Аналогичная потеря энергии за счет торможения бойка катушкой обратного хода возникает на промежутке времени  $t_2 \dots t_3$  при движении бойка в направлении рабочего инструмента (рис.2) [8]. Вызванное рабочим процессом электромагнитное торможение бойка, за счет перекрытия времени действия тяговых усилий катушек рабочего и обратного хода, приводит к потере энергии и снижению коэффициента полезного действия ударного узла. Также время движения бойка и длительность протекания тока по катушкам может отличаться от оптимального режима работы или изменяться с течением срока эксплуатации, что может отразиться на увеличении времени электромагнитного торможения.

Так как, конструктивное исполнение не обеспечивает отдельной регулировки по согласованию длительности протекания тока в отдельно взятых катушках и времени движения бойка под действием электромагнитных сил, созданных катушками, то это приводит к снижению КПД машины в целом.

В предлагаемом автором техническом решении (см. патент РФ № 2508980) [18] повышение эффективности в использовании рабочего цикла достигается тем, что статор электромагнитной машины выполнен из двух отдельных и прилегающих друг к другу независимых секций 2 и 4 (рис.1). При этом запорный механизм, упоры и секции статора связаны между собой посредством различных по толщине съемных колец 18 и 19, установленных с возможностью точной фиксации взаимного положения секций статора относительно друг друга и упоров (рис. 1)

Это позволяет изменять положение секций статоров по оси направляющей втулки 6, относительно друг к другу, и относительно фиксированных положений упоров 14, 17 и осуществлять точную настройку на оптимальный режим.

Таким образом, конструкция нового устройства обеспечивает независимую регулировку положений секций статора и точную настройку механической системы на оптимальный режим при прямом и обратном ходе бойка. Использование нового технического решения позволяет улучшить энергоэффективность известной синхронной электромагнитной машины ударного действия с инерционным реверсом бойка.

## Список литературы

1. *Нейман Л.А., Нейман В.Ю.* Низкочастотные ударные электромагнитные машины и технологии // Актуальные проблемы в машиностроении: материалы первой международной научно-практической конференции / под ред. В.Ю. Скибы. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2014. – С. 256–259.
2. *Нейман Л.А., Нейман В.Ю.* Рабочий цикл двухкатушечной синхронной электромагнитной машины со свободным выбегом бойка // Известия вузов. Электромеханика. – 2013. – № 6. – С. 48–52.
3. *Нейман Л.А., Нейман В.Ю.* Линейные синхронные электромагнитные машины для низкочастотных ударных технологий // Электротехника. – 2014. – № 12. – С. 45–49.
4. *Нейман Л.А.* Синхронный электромагнитный механизм для виброударного технологического оборудования // Справочник. Инженерный журнал с приложением. – 2014. – № 6 (207). – С. 17–19.
5. *Нейман В.Ю., Нейман Л.А., Скотников А.А.* Тенденции в развитии конструкций синхронных двухобмоточных электромагнитных машин для импульсных технологий // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II междунар. науч.-практ. конф. Саратов: ФГОУ ВПО Саратовский ГАУ. – 2011. – С. 209–211.
6. *Нейман В.Ю., Нейман Л.А., Скотников А.А.* Структурный анализ синхронных электромагнитных машин ударного действия // Автоматизированные электромеханические системы: сб. науч. тр. Под общ. ред. В.Н. Аносова. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. – С. 106–120.
7. *Нейман Л.А.* Оценка конструктивного совершенства систем охлаждения синхронных электромагнитных машин ударного действия // Научный вестник НГТУ. – 2013. – № 4. – С. 177–183.
8. *Нейман Л.А.* Анализ процессов энергопреобразования в двухкатушечной синхронной электромагнитной машине с инерционным реверсом бойка // Известия Томского политехнического университета. Томск. Изд-во ТПУ, 2014. – № 4, Т. 325. – С. 157–163.
9. *Нейман Л.А., Нейман В.Ю., Шабанов А.С.* Упрощенный расчет электромагнитного ударного привода в повторно-кратковременном режиме работы // Электротехника. – 2014. – № 12. – С. 50–53.
10. *Нейман Л.А., Скотников А.А., Нейман В.Ю.* Исследование нагрева электромагнитного двигателя в переходных режимах // Известия вузов. Электромеханика. – 2012. – № 6. – С. 50–54.
11. *Нейман В.Ю., Нейман Л.А., Петрова А.А.* Сравнение геометрически подобных систем электромагнитов по условию постоянства теплового критерия // Электротехника. – 2011. – № 12. – С. 14а–16.
12. *Соловейчик Ю.Г., Нейман В.Ю., Персова М.Г., Рояк М.Э., Смирнова Ю.Б., Петров Р.В.* Оптимизация геометрии линейных электромагнитных двигателей с использованием конечно-элементного моделирования магнитного поля // Известия вузов. Электромеханика. – 2005. – № 2. – С. 24–28.
13. *Нейман Л.А.* К решению задачи рационального выбора электромагнитного двигателя заданного габарита и веса на основе численного эксперимента // Научный вестник НГТУ. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2013. № 4. – С. 184–190.
14. *Петрова А.А., Нейман В.Ю.* Моделирование в FEMM магнитного поля для расчета тяговых характеристик электромагнитных двигателей постоянного тока // Сборник научных трудов Новосибирского государственного технического университета. – 2008. – № 2. – С. 101–108.
15. *Нейман Л.А., Петрова А.А., Нейман В.Ю.* К оценке выбора типа электромагнита по значению конструктивного фактора // Известия вузов. Электромеханика. – 2012. – № 6. – С. 62–64.
16. *Нейман В.Ю., Нейман Л.А., Петрова А.А., Скотников А.А., Рогова О.В.* К вопросу учета главных размеров при выборе типа электромагнита по значению конструктивного фактора // Электротехника. – 2011. – № 6. – С. 50а–53.
17. *Нейман В.Ю., Нейман Л.А., Петрова А.А.* О методике к выбору типа электромагнита по значениям конструктивного фактора // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2011. – № 2. – С. 310–313.
18. Патент № 2508980 РФ МКИ В25D 13/00 Синхронная электромагнитная машина ударного действия / Л.А. Нейман, В.Ю. Нейман, Е.Ю. Артебякина; опубл. 10.03.2014. Бюл. № 7.



**В.Ю. Нейман**

*Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск*

## **ИМПУЛЬСНЫЙ ЛИНЕЙНЫЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ПРИВОД С ИНТЕГРИРОВАННОЙ СТРУКТУРОЙ**

*Рассматриваются актуальные вопросы по решению проблемы повышения энергии удара и КПД импульсного линейного электромагнитного привода пресса интегрированного с устройством бесконтактного электромагнитного удержания якоря. Приведены некоторые результаты по разработке оборудования с интегрированным приводом, которое в отличие от известного имеет более высокую надежность и стабильность энергии удара.*

*Ключевые слова: интегрированный электромагнитный привод, повышение стабильности и энергии удара, устройство удержания якоря, электромагнитный пресс*

Для механизации различных технологических процессов холодной механической обработки ударом практическое применение получили импульсные линейные электромагнитные машины непосредственного привода, обеспечивающие в ряде случаев наилучшие условия совместимости приводного двигателя и рабочего органа машины [1–3].

Несмотря на то, что к настоящему времени накоплен достаточный опыт в использовании электромагнитных машин вопросы, связанные с энергопреобразованием машин, а также с совершенствованием методик по их расчету и оптимальному проектированию по-прежнему сохраняют свою актуальность [4–18].

Также по-прежнему актуальны вопросы по созданию и совершенствованию самих машин, которые связаны с увеличением их удельных показателей, снижением энергопотребления, повышением надежности и т.д. [19–21].

В проводимых исследованиях предлагается использование нового технического решения по проблеме повышения стабильности энергии удара при одновременном увеличении КПД и надежности электромагнитного двигателя используемого в качестве привода прессового оборудования.

Известно, что удержание якоря специальными устройствами на начальном этапе его движения позволяет повысить амплитудное значение тока намагничивающей обмотки катушки и тем самым увеличить энергию удара и КПД электромагнитного привода [22, 24]. Для искусственного удержания якоря используются механические и электромагнитные защелки. Это позволяет на начальном этапе трогания якоря аккумулировать некоторый запас магнитной энергии и осуществлять движение с большим ускорением.

Однако принцип работы существующих устройств удержания требует использования дополнительных вспомогательных механизмов в виде механических защелок или управляемых электромагнитов.

Отмеченные недостатки частично устраняются в конструкции интегрированного линейного электромагнитного привода с контактным электромагнитным удержанием якоря [24].

Однако наличие остаточного магнетизма между контактирующими поверхностями приводит к нестабильности энергии удара, а также низкой надежности за счет неизбежных соударений при возврате якоря и механическом контакте с направляющим корпусом.

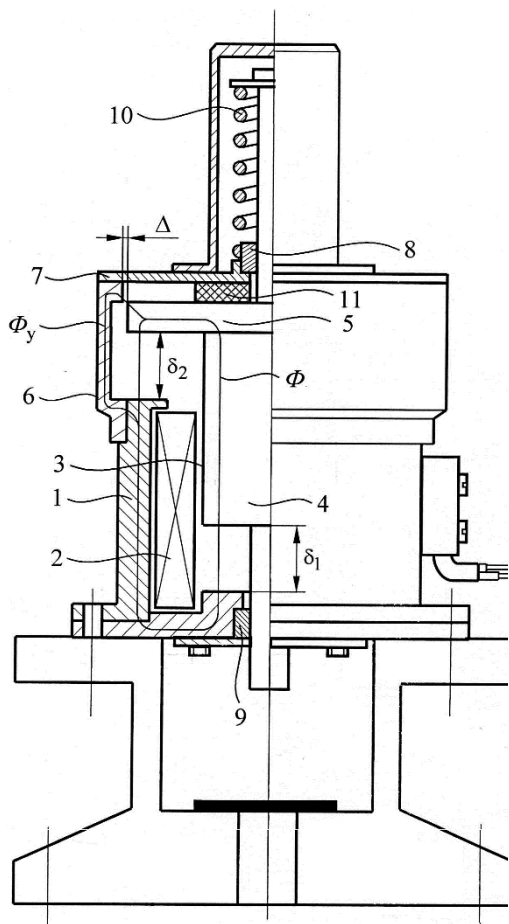
Решение обозначенной проблемы достигается тем, что в линейном электромагнитном приводе пресса (рис. 1), направляющий корпус установлен с возможностью бесконтактного электромагнитного взаимодействия с боковой поверхностью дисковой части якоря. Такое конструктивное решение позволяет обеспечить постоянство усилия удержания якоря и стабилизировать энергию удара [25].

На рис. 1 в разрезе показана конструкция линейного электромагнитного привода с бесконтактным электромагнитным удержанием якоря. Электромагнитный привод (рис. 1) содержит цилиндрический статор 1 с размещенной внутри катушкой 2 и комбинированным якорем 3, состоящим из цилиндрической 4 и дисковой 5 частей, примыкающий к статору направляющий корпус 6 выполненный с меньшей площадью поперечного сечения по отношению к статору 1. Привод также содержит крышку направляющего корпуса 7, подшипники скольжения 8, 9, возвратную пружину 10 и демпфирующую шайбу 11. Направляющий корпус 6 в верхней части примыкающей к крышке 7 имеет внутренний кольцевой выступ, обеспечивающий бесконтактное электромагнитное взаимодействие с боковой поверхностью дисковой части 5 якоря 3 через технологический зазор  $\Delta$ . Внешняя торцевая поверхность цилиндрической части 4 якоря 3 и внутренняя торцевая поверхность дисковой части 5 якоря 3 образуют со статором рабочие воздушные зазоры  $\delta_1$  и  $\delta_2$ . Технологический зазор  $\Delta$  устраняет механический контакт внутреннего кольцевого выступа и боковой поверхности дисковой части якоря в местах их сопряжения.

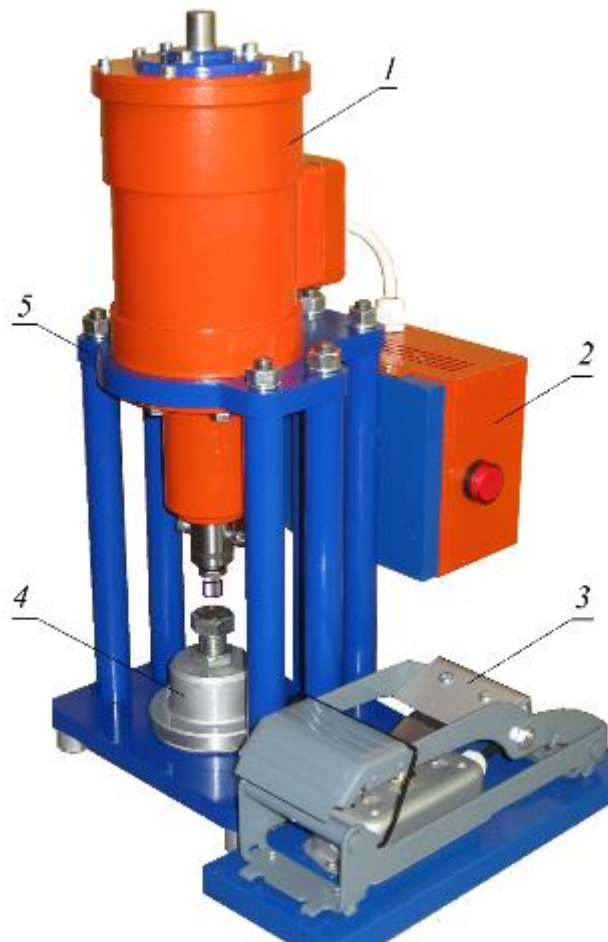
Линейный электромагнитный привод работает следующим образом. В исходном состоянии комбинированный якорь 3 под действием усилия возвратной пружины 10 находится в крайнем верхнем положении, т.е. внешняя дисковая часть 5 якоря 3 плотно поджата к демпфирующей шайбе 11.

При подаче на катушку 2 импульса напряжения по мере нарастания тока в магнитной цепи возбуждается магнитный поток  $\Phi$ , который последовательно замыкается через сечения цилиндрической 4 и дисковой 5 частями якоря 3, направляющего корпуса 6, цилиндрического статора 1, технологического зазора  $\Delta$  и рабочих воздушных зазоров  $\delta_1$  и  $\delta_2$ .

В начальный момент времени протекания тока по катушке 2 усилие удержания возникающее между частями кольцевого выступа и боковой поверхности дисковой части якоря превышает усилие в рабочих воздушных зазорах  $\delta_1$  и  $\delta_2$ , т.е.  $F_{\delta_1} + F_{\delta_2} > F_y$ , и комбинированный якорь 3 остается неподвижным. На рис. 2 указано положение комбинированного якоря 3, при котором усилие удержания  $F_y$  достигает максимального значения. Основной магнитный поток  $\Phi$  замыкается по контуру: цилиндрический статор 1, направляющий корпус 6, технологический зазор  $\Delta$ , дисковая часть 5 и цилиндрическая часть 4 якоря 3, рабочий воздушный зазор  $\delta_1$ , цилиндрический статор 1 и частично через воздушный зазор  $\delta_2$ .



**Рисунок 1. Линейный электромагнитный привод с бесконтактным электромагнитным удержанием якоря**



**Рисунок 2. Электромагнитный пресс с интегрированным приводом**

По мере нарастания тока в цепи катушки 2 и увеличения основного магнитного потока  $\Phi$  происходит насыщение участка цепи с направляющим корпусом 6, вследствие конструктивного исполнения его с меньшей площадью поперечного сечения по отношению к статору 1. Это приводит к увеличению его магнитного сопротивления и перераспределению пути замыкания основной части магнитного потока  $\Phi$ : статор 1, рабочий воздушный зазор  $\delta_2$ , дисковая часть 5 и цилиндрическая часть 4 комбинированного якоря 3, рабочий воздушный зазор  $\delta_1$ , статор 1. Начиная с момента времени, когда усилие в рабочих зазорах  $\delta_1$  и  $\delta_2$ , превысит усилие удержания,  $F_{\delta_1} + F_{\delta_2} > F_y$ , а магнитная система двигателя обеспечит необходимый запас магнитной энергии, происходит отрыв комбинированного якоря 3 и ускоренное его перемещение. При отключении импульса напряжения после завершения рабочего хода якорь 3, под действием усилия пружины 10, якорь возвращается в исходное состояние.

Кинетическая энергия при возврате якоря гасится в демпфирующей шайбе 11, что снижает механические нагрузки и уровень шума при возврате якоря.

Введение ферромагнитного направляющего корпуса с внутренним кольцевым выступом обеспечивает на этапе трогания прохождение основной части магнитного потока через боковую поверхность дисковой части комбинированного якоря, что обеспечивает бесконтактное удержание якоря на этапе трогания.

Рассмотренное техническое решение получило применение конструкции экспозиционного варианта ударного пресса, изготовлен в рамках реализуемой программы стратегического развития Новосибирского государственного технического университета, проект: «Развитие объектов инновационной инфраструктуры и подготовка кадров в сфере инновационного предпринимательства». В стандартной комплектации электромагнитный пресс (рис. 2) содержит интегрированный с устройством удержания линейный электромагнитный двигатель 1, блок питания и управления 2, пульт управления 3 и формообразующее устройство 4, которые размещены на станине 5.

Таким образом, предлагаемое новое техническое решение позволяет сохранить усилие удержания на требуемом технологическом процессе уровне вне зависимости от магнитного состояния ферромагнитных элементов линейного электромагнитного преобразователя, т.е. стабилизировать его энергию удара. Отсутствие смазочных материалов и вредных выбросов в окружающую среду обеспечивает экологически безопасное производство на протяжении всего срока эксплуатации.

Применение указанного технического решения [25] позволяет на практике снизить энергоемкость штамповочных производств, повысить надежность, улучшить технико-экономические и экологические показатели существующего оборудования.

#### Список литературы:

1. *Усанов К.М.* Совершенствование технических средств и технологий АПК системами с электромагнитными импульсными машинами: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.02. – Саратов, 2009. – 33 с.
2. *Нейман Л.А.* Синхронный электромагнитный механизм для виброударного технологического оборудования // Справочник. Инженерный журнал с приложением. – 2014. – № 6 (207). – С. 17–19.
3. *Нейман Л.А., Нейман В.Ю.* Линейные синхронные электромагнитные машины для низкочастотных ударных технологий // Электротехника. – 2014. – № 12. – С. 45–49.
4. *Малинин Л.И., Нейман В.Ю.* Предельные силовые характеристики электромагнитных двигателей постоянного тока // Электротехника. – 2009. – № 12. – С. 61–67.
5. *Нейман В.Ю.* Анализ процессов энергопреобразования линейных электромагнитных машин с предварительным аккумулярованием магнитной энергии в динамических режимах // Электротехника. – 2003. – № 2. – С. 30–36.
6. *Нейман Л.А.* Исследование перегрузочной способности циклического электромагнитного привода в зависимости от начального превышения температуры в переходных тепловых режимах // Электротехника. – 2014. – № 7. – С. 7–12.
7. *Нейман Л.А.* Оценка перегрузочной способности ударного электромагнитного привода по средней температуре перегрева в переходных режимах // Известия вузов. Электромеханика. – 2013. – № 6. – С. 58–61.
8. *Нейман Л.А.* Приближенный расчет циклического электромагнитного привода с учтенным начальным превышением температуры в переходном тепловом процессе нагрева // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. – 2014. – № 1 (22). – С. 113–122.
9. *Соловейчик Ю.Г., Нейман В.Ю., Персова М.Г., Рояк М.Э., Смирнова Ю.Б., Петров Р.В.* Оптимизация геометрии линейных электромагнитных двигателей с использованием конечно-элементного моделирования магнитного поля // Известия вузов. Электромеханика. – 2005. – № 2. – С. 24–28.
10. *Нейман В.Ю., Нейман Л.А., Петрова А.А.* Сравнение геометрически подобных систем электромагнитов по условию постоянства теплового критерия // Электротехника. – 2011. – № 12. – С. 14а–16.
11. *Нейман В.Ю., Нейман Л.А., Петрова А.А., Скотников А.А., Рогова О.В.* К вопросу учета главных размеров при выборе типа электромагнита по значению конструктивного фактора // Электротехника. – 2011. – № 6. – С. 50а–53.

12. *Петрова А.А., Нейман В.Ю.* Моделирование в FEMM магнитного поля для расчета тяговых характеристик электромагнитных двигателей постоянного тока // Сборник научных трудов Новосибирского государственного технического университета. – 2008. – № 2. – С. 101–108.
13. *Нейман Л.А., Скотников А.А., Нейман В.Ю.* Исследование нагрева электромагнитного двигателя в переходных режимах // Известия вузов. Электромеханика. – 2012. – № 6. – С. 50–54.
14. *Нейман Л.А., Петрова А.А., Нейман В.Ю.* К оценке выбора типа электромагнита по значению конструктивного фактора / Известия вузов. Электромеханика. – 2012. – № 6. – С. 62–64.
15. *Нейман Л.А., Нейман В.Ю., Шабанов А.С.* Упрощенный расчет электромагнитного ударного привода в повторно-кратковременном режиме работы // Электротехника. – 2014. – № 12. – С. 50–53.
16. *Нейман Л.А.* Анализ процессов энергопреобразования в однокатушечной синхронной электромагнитной машине с двухсторонним выбегом бойка // Известия Томского политехнического университета. – Томск. Изд-во ТПУ, 2013. – № 4, Т323. – С. 112–116.
17. *Нейман Л.А., Нейман В.Ю.* Рабочий цикл двухкатушечной синхронной электромагнитной машины со свободным выбегом бойка // Известия вузов. Электромеханика. – 2013. – № 6. – С. 48–52.
18. *Нейман Л.А.* Анализ процессов энергопреобразования в двухкатушечной синхронной электромагнитной машине с инерционным реверсом бойка // Известия Томского политехнического университета. Томск. Изд-во ТПУ, 2014. – № 4, Т. 325. – С. 157–163.
19. *Нейман Л.А.* Оценка конструктивного совершенства систем охлаждения синхронных электромагнитных машин ударного действия // Научный вестник НГТУ. – 2013. – № 4. – С. 177–183.
20. *Нейман В.Ю., Скотников А.А., Нейман Л.А.* Тенденции в развитии конструкций синхронных двухобмоточных электромагнитных машин для импульсных технологий // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II междунар. науч.-практ. конф. – Саратов: ФГОУ ВПО Саратовский ГАУ. – 2011. – С. 209–211.
21. *Нейман В.Ю., Скотников А.А., Нейман Л.А.* Структурный анализ синхронных электромагнитных машин ударного действия // Автоматизированные электромеханические системы: сб. науч. тр. Под общ. ред. В.Н. Аносова. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. – С. 106–120.
22. *Нейман В.Ю.* Интегрированные линейные электромагнитные двигатели для импульсных технологий // Электротехника. – 2003. – № 9. – С. 25–30.
23. *Нейман В.Ю., Евреинов Д.М., Нейман Л.А., Скотников А.А., Смирнова Ю.Б.* Способы повышения энергетических показателей однообмоточных импульсных устройств с электромагнитным возбуждением // Транспорт: Наука, техника, управление: Научный информационный сборник. – М.: Изд-во ВИНТИ. – 2010. – № 8. – С. 29–31.
24. Патент № 2084071 РФ, МКИ H02K 33/02, H01F 7/16, B21J 7/30. Линейный электромагнитный двигатель / Г.Г. Угаров, В.Ю. Нейман; заявл. 22.06.1995. – опубл. 10.07.1997, Бюл. № 19.
25. Патент № 2405237 РФ, МКИ H02K 33/02, H01F 7/16. Линейный электромагнитный двигатель / В.Ю. Нейман, Ю.Б. Смирнова, А.А. Петрова, Д.М. Евреинов; заявл. 27.05.2009. – опубл. 27.11.2010, Бюл. № 33.

*Г.В. Никитенко, Е.В. Коноплев, П.В. Коноплев, А.В. Бобрышев, И.В. Деведеркин*

*Ставропольский государственный аграрный университет, г. Ставрополь*

## **СИСТЕМА АВТОНОМНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИМ АККУМУЛЯТОРОМ**

В последнее время наблюдается интенсивное развитие малых хозяйств, их электрооснащенности, увеличение потребления электроэнергии для технологических процессов. Установленная мощность таких потребителей, как правило, не превышает 3 кВт. Удаление хозяйств от электрических сетей делает автономное электроснабжение единственным приемлемым вариантом. В настоящее время для автономного электроснабжения малых хозяйств в подавляющем большинстве используют передвижные дизельные или бензиновые электростанции, а так же системы аккумулятор-инвертор. Использование топливных электростанций сдерживается, прежде всего, их высокой стоимостью, необходимостью транспортировки топлива, оборудования мест для безопасного хранения горюче-смазочных материалов, экологическими аспектами. Применение системы аккумулятор-инвертор так же обусловлено высокой стоимостью компонентов. Непрерывный рост цен на ископаемые энергоносители вынуждает искать другие способы электроснабжения, например, использование ветроэнергетических установок для автономного электроснабжения малых хозяйств [1-14].

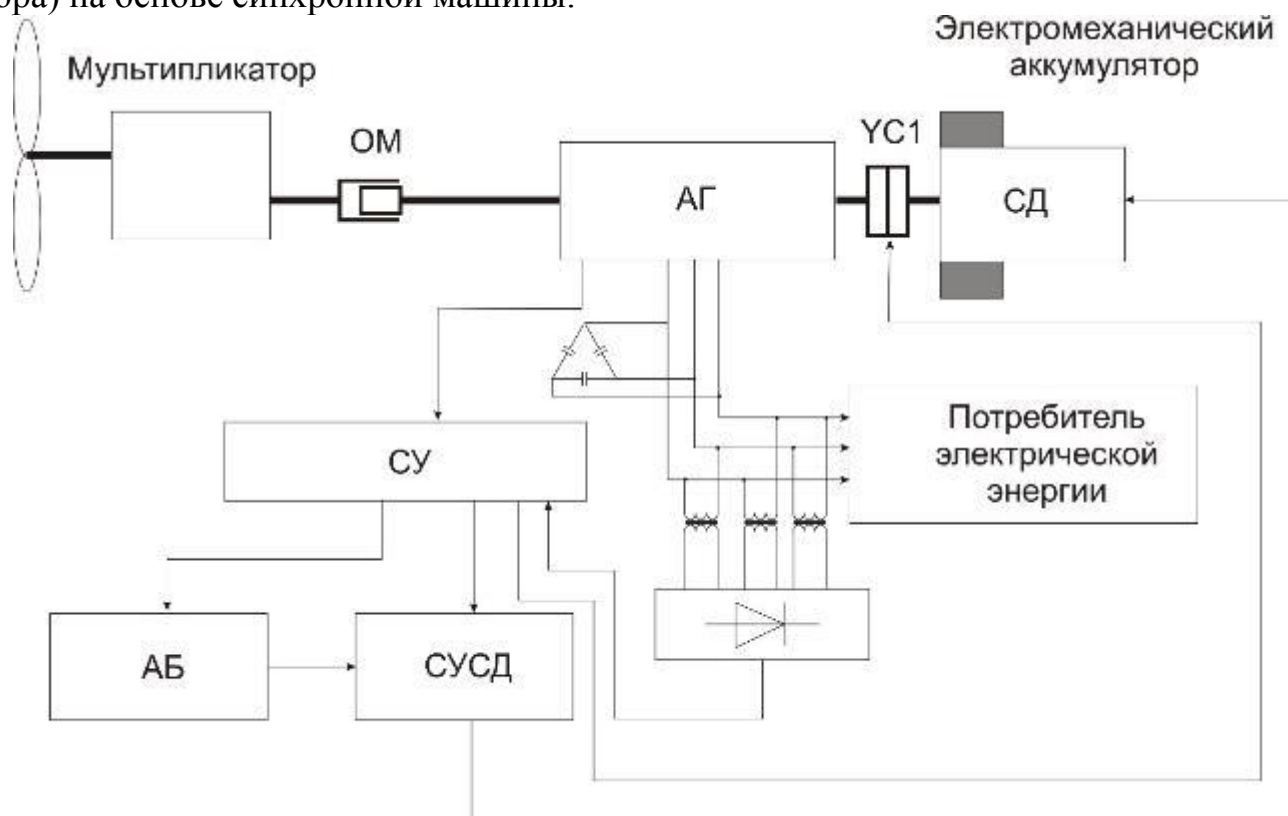
Использование энергии ветра в системах автономного электроснабжения становится актуально, как наиболее распространенного и дешевого источника энергии для удаленных от линий электропередач сельскохозяйственных потребителей небольшой мощности.

Рассматриваемая ветроэнергетическая установка предназначена для автономного электроснабжения потребителей малой мощности (до 3 кВт) с небольшим суточным потреблением электроэнергии (до 12 кВтч).

К потребителям малой мощности могут быть отнесены пасечные хозяйства, домики рыбака, пастбищные выгульные хозяйства и другие потребители, удаленные от электрических сетей и/или с течением времени меняющие свое местоположение.

В качестве преобразователя механической энергии в электрическую в ветроустановке можно использовать асинхронную машину с короткозамкнутым ротором, отличающейся то синхронных генераторов и генераторов постоянного тока более низкой стоимостью, простотой конструкции, надежностью, ремонтнопригодностью и так далее. Однако одной из причин, ограничивающих использование асинхронных генераторов с короткозамкнутым ротором в составе ветроэнергетических установок является зависимости его выходных параметров

(напряжения и частоты питающего тока) от оборотов вращения ротора генератора, которые изменяются как при изменении скорости ветра, так и при изменении мощности нагрузки. Поэтому предлагается осуществление электроснабжения автономных потребителей от асинхронного генератора с короткозамкнутым ротором, входящим в состав ветроэнергетической установки, причем асинхронный генератор имеет сквозной короткозамкнутый ротор, за счет чего возможно механическое подсоединение через мультипликатор ветроколеса с одной стороны ротора, а с другой стороны через электромагнитную муфту скольжения механическое подсоединение электромеханического накопителя энергии (аккумулятора) на основе синхронной машины.



**Рисунок 1 – Структурная схема ветроэнергетической установки (АГ – асинхронный генератор с короткозамкнутым ротором, ОМ – обгонная муфта, СД – синхронный двигатель, СУ – система управления, АБ – аккумуляторная батарея, СУСД – система управления синхронным двигателем, УС1 – электромагнитная муфта скольжения)**

Система автономного электроснабжения имеет следующую структуру (рисунок 1): ветроколесо соединено с мультипликатором, выход которого через обгонную муфту подсоединен к сквозному короткозамкнутому ротору асинхронного генератора, другой конец которого соединен через электромагнитную муфту скольжения с электромеханическим аккумулятором, представляющим собой синхронный двигатель и маховик. Если энергии на валу ветроколеса больше, чем необходимо для электроснабжения потребителей, то эта энергия с асинхронного генератора по средством системы управления синхронным двигателем пе-

редается на синхронный двигатель (имеющий 4 обмотки и возможность регулировки оборотов вращения), который раскручивает маховик, тем самым запасая энергию. Так же предусмотрена возможность запаса энергии на аккумуляторные батареи.

В случае нехватки мощности ветра для электроснабжения потребителей энергия маховика через электромагнитную муфту передается на ротор асинхронного генератора.

Так же энергия электромеханических аккумуляторов используется для стабилизации оборотов вращения ротора асинхронного генератора при порывах ветра и коммутации электрической нагрузки, в соответствии с режимами работы электромагнитной муфты скольжения УС1, что приводит к стабилизации выходных параметров асинхронного генератора с короткозамкнутым ротором.

В случае длительного отсутствия поступления ветровой энергии работу системы автономного электроснабжения обеспечивает синхронный двигатель (входит в состав электромеханического аккумулятора) при замкнутой муфте скольжения, используя энергию, запасенную ранее на аккумуляторные батареи.

Предлагаемая схема ветроэнергетической установки позволяет использовать асинхронный генератор с короткозамкнутым ротором, что влечет за собой снижение как стоимости устройства в целом, стоимости вырабатываемой электроэнергии, так и повышение надежности устройства по сравнению с использованием синхронных генераторов или генераторов постоянного тока.

#### **Список литературы:**

1. Коноплёв Е. В. Применение ветроэнергетической установки в системах автономного электроснабжения сельскохозяйственных потребителей малой мощности : автореф. Дис. ... канд. техн. наук. Зерноград, 2007. 19 с.
2. Никитенко Г. В., Коноплев Е. В., Коноплев П. В. Ветроэнергетическая установка // Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве : сб. науч. тр. по материалам 75-й науч.-практ. конф. электроэнергетического факультета / СтГАУ. Ставрополь, 2011. С. 143–145.
3. Никитенко Г. В., Коноплев Е. В., Коноплев П. В. Ветроэнергетическая установка автономного электроснабжения // Сельский механизатор. 2012. № 2. С. 25.
4. Никитенко Г. В., Коноплев Е. В., Коноплев П. В. Обоснование структуры системы автономного // Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве : сб. науч. тр. по материалам 75-й науч.-практ. конф. электроэнергетического факультета / СтГАУ. Ставрополь, 2011. С. 137–143.
5. Никитенко Г. В., Коноплев Е. В., Коноплев П. В. Оценка вариантов автономного электроснабжения сельскохозяйственных потребителей // Техника в сельском хозяйстве. 2012. № 1. С. 16–17.
6. Никитенко Г. В., Коноплев Е. В., Коноплев П. В. Режимы работы системы автономного электроснабжения потребителей // Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве : сб. науч. тр. по материалам 74-й науч.-практ. конф. / СтГАУ. Ставрополь 2010, С. 167–171.
7. Никитенко Г. В., Коноплев Е. В., Коноплев П. В. Стабилизация частоты вращения генератора ветроустановки // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2012. № 5. С. 24–25.



8. Никитенко Г. В., Коноплев Е. В., Коноплев П. В. Электроснабжение потребителей с использованием автономной ветроэнергетической установки // Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве : сб. науч. тр. по материалам 74-й науч.-практ. конф. / СтГАУ. Ставрополь, 2010, С. 165–167.
9. Никитенко Г. В., Коноплев Е. В., Коноплев П. В. Ветроэнергетическая установка автономного типа // Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве : сб. науч. тр. по материалам 74-й науч.-практ. конф. / СтГАУ. Ставрополь, 2010. С. 171–176.
10. Никитенко Г. В. Коноплев Е. В. Ветроэнергетические установки в системах автономного электроснабжения : монография ; СтГАУ. Ставрополь : АГРУС, 2008. 152 с.
11. Никитенко Г. В., Коноплев Е. В., Коноплев П. В. Стабилизация частоты вращения короткозамкнутого ротора асинхронного генератора ветроэнергетической установки // Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве : сб. науч. тр. по материалам 76-й науч.-практ. конф. (Ставрополь, 10–25 марта 2012 г.) / СтГАУ. Ставрополь, 2012. С. 64–67.
12. Пат. на полезную модель № 113308. Ветроэнергетическая установка для автономного электроснабжения потребителей / Г. В. Никитенко, Е. В. Коноплев, П. В. Коноплев ; опубл. 10.02.2012, Бюл. № 4.
13. Никитенко Г. В., Коноплев Е. В., Деведеркин И. В. Высокоэффективный синхронный генератор для ветроустановок // Сельский механизатор. 2014. № 4 (62). С. 30–32.
14. Научно обоснованные рекомендации по применению ветроэнергетической установки с асинхронным генератором с короткозамкнутым ротором для автономного электроснабжения сельскохозяйственных потребителей мощностью до 5 кВт / Г. В. Никитенко, И. В. Атанов, Е. В. Коноплев, В. Н. Авдеева / Ст.ГАУ. Ставрополь, 2013. 36 с.

**Н.К. Никитина, К.Э. Федулов, С.Ф. Степанов**

*Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина, г. Саратов*

## **СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ЖИЗНЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОРГАНИЗМА С ФУНКЦИЕЙ ОПОВЕЩЕНИЯ**

В настоящее время в России большое внимание уделяется решению вопросов в области здравоохранения.

До недавнего времени для постоянного контроля этих показателей требовались устройства, позволяющие проводить этот контроль только в стенах лечебного учреждения.

С развитием микропроцессорной техники, мини датчиков состояния параметров организма, автономных источников электропитания и ряда других необходимых устройств появилась возможность разработки и создания компактных, надежных индивидуальных систем мониторинга состояния организма человека, имеющих максимально удобную для человека форму, не препятствующих движениям и не создающим дискомфорт. Кроме того, системы должны иметь автономный источник питания, (не требующий постоянной подзарядки) и систему оповещения окружающих, в случае резкого и/или сильного ухудшения самочувствия больного.

Именно такой является разрабатываемая нами система персонального мониторинга и дистанционной диагностики состояния жизненных показателей человека.

Система состоит из перечисленных ниже модулей.

Основной модуль со встроенными в него устройствами:

датчиками (кровяного давления, частоты пульса, частоты дыхания, колебаний магнитного поля (1-2% от постоянного значения для предупреждения о «магнитных бурях»)) с индикаторами; элементом питания; индикатором «SOS»;

блоком установки комфортных и критических значений давления, частоты пульса, частоты дыхания, уровня сахара в крови.



**Элемент питания.** В качестве элемента питания используются аккумуляторные батареи, кроме того, имеется возможность подключить внешний источник питания.

Блок установки комфортных и критических значений датчиков.

Для каждого человека комфортные и критические значения давления, частоты пульса, частоты дыхания индивидуальны, поэтому невозможно установить их в заводских условиях. Блок настройки позволяет выводить данные на внешний гибкий дисплей, что делает работу с блоком значительно более удобной.

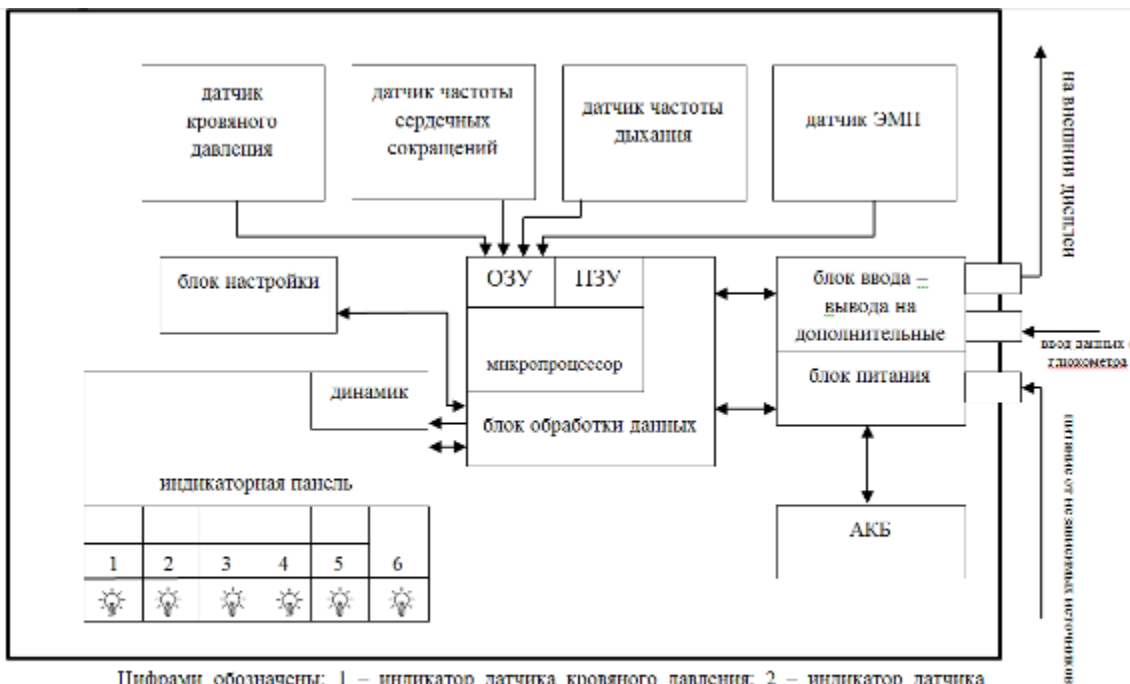
**Гибкий внешний дисплей.** Дисплей размером 5x8 см входит основной комплект системы, но подключать его можно по желанию. Дисплей снабжен креплениями, позволяющими носить его на рукаве, лацкане пиджака и т.п., и позволяет вывести данные с датчиков в числовом виде, что ускорит в случае необходимости оказание требуемой помощи.

**Внешний источник питания.** Кроме стандартных батареек либо аккумуляторов в приборе можно использовать солнечную батарею, а так же подключить специальные электрогенерирующие подушки, размещенные внутри подошвы повседневной обуви.

Данная технология основана на известном эффекте электросмачивания — изменении формы капель жидкости на заряженных поверхностях. Электросмачивание уже имеет множество применений; в частности, в производстве электронной бумаги.

В качестве более далекой перспективы возможно использование электрогенерирующих тканей (разработка японских ученых — со сферическими элементами, встроенными в ткань или разработка американских ученых — фотоэлементы в виде нитей).

Структурная схема предлагаемой нами системы персонального мониторинга и дистанционной диагностики состояния жизненных показателей человека представлена ниже:



Основная целевая группа, на которую ориентирована система персонального мониторинга и дистанционной диагностики состояния жизненных показателей человека – это больные с сердечно-сосудистыми заболеваниями и (или) с сахарным диабетом.

Еще одной целевой группой являются люди, старше трудоспособного возраста. Среди них сердечно – сосудистые заболевания имеет в среднем каждый третий.

Данная система может быть полезна и операторам, работающим с потенциально опасными приборами и механизмами.

Ранняя диагностика и профилактика влияния вредных факторов будут способствовать уменьшению количества профессиональных заболеваний и снижению уровня травматизма на производстве.

Ориентация, в основном, именно на первые две целевые группы обусловила основные конструктивные и функциональные особенности системы.

Использование минимума самых необходимых датчиков обеспечивает низкое энергопотребление системы, как следствие – уменьшение ее веса и цены.

Отсутствие так популярных сегодня средств коммуникации с сотовыми телефонами, планшетами и т.п., а так же интуитивно понятная индикация обеспечивает простоту использования системы.

Уменьшение числа используемых в системе комплектующих обеспечивает не только уменьшение ее цены и веса, но и увеличение надежности.

Возможность использования различных источников питания.

#### Список литературы:

1. Электроэнергетика: сегодня и завтра. - 2013. - № 6. - С. 19 ББК 31.63
2. Новые гибкие аккумуляторы с высокой энергетической эффективностью. Режим доступа: <http://inntec.ru/> (дата обращения 18.09.2014).

**И.В. Новик, В.А. Буторин**

*Челябинская государственная агроинженерная академия, г. Челябинск*

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ**

*В процессе эксплуатации асинхронных электродвигателей в условиях сельского хозяйства происходит чрезмерное увлажнение изоляции обмотки. Данный факт приводит к выводу электродвигателей из строя и наносит предприятию ущерб. В данной работе рассматривается и обосновывается применение способа сушки изоляции асинхронных электродвигателей токами нулевой последовательности.*

**Ключевые слова:** асинхронный двигатель, изоляция, способ, сушка.

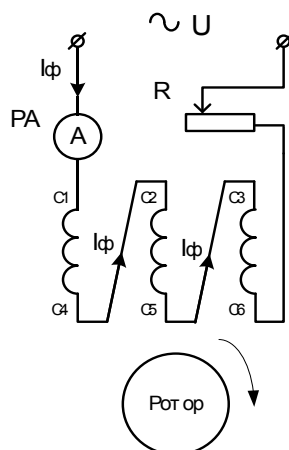
В условиях эксплуатации для повышения сопротивления изоляции обмоток АД используют различные способы сушки. Несмотря на положительный эффект использования этих способов достаточно часто происходит отказ обмотки АД при включении его на сушку [1]. В связи с этим при выборе способа сушки обычно руководствуются критериями минимизации напряжения сушки, обеспечения равномерности сушки и сокращения ее времени. В условиях эксплуатации наиболее эффективным решением являются токовые способы сушки, при этом ни один из них не обеспечивает выполнение всех перечисленных выше критериев.

Нами предлагается использовать способ сушки токами нулевой последовательности для повышения работоспособности АД в условиях эксплуатации. Данный способ реализуется путем подключения обмотки статора, собранной по схеме открытого треугольника, к источнику однофазного тока. Однофазный источник переменного тока в данном способе выбран по причине его доступности, как на месте установки электродвигателя, так и на ремонтном предприятии, где будет осуществляться сушка.

Суть способа заключается в том, что включение трехфазного асинхронного двигателя в однофазную сеть, приводит к несимметричному режиму работы двигателя, а вследствие этого к появлению токов и напряжений прямой, обратной и нулевой последовательностей. Это условие обеспечивает равенство токов протекающих по фазам электродвигателя, что в свою очередь приводит к равномерному нагреву обмотки электродвигателя.

Все известные способы сушки АД предусматривают сушку при неподвижном роторе машины, что создает необходимость в разработке и применении устройств обеспечивающих равномерное распределение тепла внутри машины. Предложенный нами способ, схема реализации которого представлена на рисунке 1, предусматривает проведение сушки при вращающемся роторе машины. Ротор, вращающийся без внешней нагрузки на валу, равномерно распределяет тепловую энергию, выделяющуюся при нагреве обмоток электродвигателя, формируя тем самым тепловые потоки внутри машины. За счет включения электродвигателя на однофазный источник переменного тока, при неизменной схеме соединения обмотки, в три раза увеличивается количество пар полюсов, что приводит к уменьшению в три раза частоты вращения ротора. Уменьшение частоты вращения ротора снижает отвод теплоты с поверхности двигателя, но этот факт

положительным образом влияет на время сушки, за счет увеличения температуры нагрева не превышающей допустимую температуру определенного класса нагревостойкости изоляции электродвигателя.



**Рисунок 1 – Электрическая схема способа сушки**

При этом ток, протекающий по обмотке электродвигателя, создает пульсирующее магнитное поле. Пульсирующее магнитное поле можно разложить на два вращающихся, причем вращение происходит в противоположные стороны с половинной амплитудой [2]. Каждое из этих полей вступая во взаимодействие с токами ротора, создаст свой вращающийся момент, но при неподвижном роторе машины сумма моментов этих полей равна нулю. Такой двигатель не имеет начального пускового момента, который приходится создавать внешним воздействием, что приводит к увеличению трудоемкости процесса сушки и повышению травмоопасности обслуживающего персонала. С целью устранения этого явления нами предлагается создавать начальный пусковой момент, используя устройство из двухполюсного выключателя, которое позволяет схеме открытого треугольника преобразовать в схему трехфазного электродвигателя включенного в однофазную сеть, где роль фазосдвигающего элемента выполняет резистор.

Соединение обмоток электродвигателя по схеме открытого треугольника и включение его в однофазную сеть позволяет снизить напряжение, подводимое к его выводам. Данный факт играет огромную роль при сушке электродвигателей со значительной степенью увлажненности изоляции.

В результате, способ сушки токами нулевой последовательности позволяет производить сушку, как на ремонтных предприятиях, так и на месте установки электродвигателей, при условии отсутствия внешней нагрузки на валу. Дальнейшим этапом исследований будет нахождение оптимальных параметров сушки.

**Список литературы:**

1. С.О. Хомутов, Е.В. Кобозев, П.И. Семичевский Повышение эффективности восстановления изоляции электрических двигателей на основе комплексной оценки воздействующих факторов[Текст]/ С.О. Хомутов, Е.В. Кобозев, П.И. Семичевский // Ползуновский вестник. 2009. – №1. – с. 220-229.
2. Алиев И. И. Асинхронные двигатели в трехфазном и однофазном режимах [Текст]. – М.: РадиоСофт, 2004. – 128 с.: ил. ISBN 5-93037-125-3.

*А.А. Обухова, Н.Н. Клочкова, Ю.В. Обухова*

*Самарский государственный технический университет, г. Самара*

## ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В УСТАНОВКАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЧАСТОТНО РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Современный электропривод осуществляет практически все технологические операции, связанные с преобразованием электрической энергии в механическую, используется во всех сферах хозяйства и потребляет более 65% вырабатываемой электроэнергии [1], причем наиболее энергоемкими потребителями являются насосы, вентиляторы и компрессоры.

Среди перспективных мероприятий, направленных на энергосбережение в электроприводе, первое место уверенно занимает переход от нерегулируемого электропривода к регулируемому.

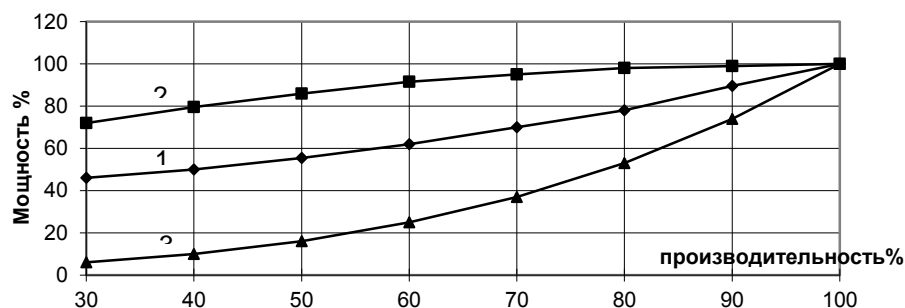
Наиболее перспективным является широкое внедрение частотно регулируемого электропривода (ЧРП), выполненного на прогрессивной элементной базе, с развитой автоматизированной системой управления, позволяющего обеспечить экономию электроэнергии не менее 30% [2].

Область применения частотных регуляторов достаточно обширна: в энергетике; в нефтяной и газовой промышленности; в угольной и горнорудной промышленности; в цементной промышленности; в коммунальном хозяйстве и т.д.

В данной статье ограничимся рассмотрением применения регулируемого электропривода вентиляционных и насосных систем холодного и горячего водоснабжения и отопления коммунального хозяйства.

В вентиляционных и насосных системах возможны следующие способы регулирования: дросселированием, направляющим аппаратом и частотным регулятором.

На рис. 1 приведены сравнительные характеристики мощности привода вентилятора, %, при регулировании подачи дросселированием, направляющим аппаратом и частотным регулятором в зависимости от производительности, %.



**Рисунок 1.** Сравнение мощности привода вентилятора, %, при регулировании: 1 – направляющим аппаратом, 2 – дросселированием, 3 – частотным регулятором Danfos в зависимости от производительности, %.

Из рисунка 1 видно, при производительности, равной 50% номинальной, при регулировании режимов работы вентиляторов с использованием частотно регулируемого привода (3) потребляемая мощность установки составляет – 13% номинальной, с использованием направляющего аппарата (1) – 55%, метода дросселирования (2) – 85%.

Использование частотно регулируемого привода при производительности равной 0,5 от номинального значения позволяет достичь экономию мощности в пределах от 42 до 72% по сравнению с рассмотренными способами регулирования.

Следует отметить, КПД частотно регулируемого преобразователя составляет около 98%.

#### **Список литературы:**

1. Безрученко В.А. Энергосберегающий электропривод.- Электро, 2001, №1.
2. Энергоаудит промышленных и коммунальных предприятий. Справочно-учебное пособие / Б.П. Варнавский, А.И. Колесников, М.Н. Федоров; под ред. Б.П. Варнавского. – М.: Главгосэнергонадзор Минтопэнерго РФ, 1999.



**В.Н. Овсянников<sup>1</sup>, Г.Ж. Левина<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Самарский государственный технический университет, г. Самара

<sup>2</sup>Поволжский государственный колледж, г. Самара

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В МОМЕНТНОМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕ**

В системах электропривода, предъявляющих высокие требования к динамическим и весогабаритным показателям электродвигателя в условиях ограниченного угла поворота ротора, перспективно применение моментных электродвигателей (МД) [1].

Качественное решение вопросов проектирования МД с беспазовым статором и возбуждением от высококоэрцитивных постоянных магнитов требует углубленного исследования их магнитного поля. Авторами были разработаны две математические модели, позволяющие рассчитать магнитное поле, возбуждаемое в МД совместным действием высококоэрцитивных постоянных магнитов и токами в кольцевой обмотке управления (ОУ). В обоих случаях поле предполагается плоскопараллельным, постоянные магниты принимаются изотропными и равномерно намагниченными по всему объему. Расчет коэффициента рассеяния производится по методике, изложенной в [2].

Первая из этих моделей предназначена для предварительного исследования поля аналитическими методами. Для получения аналитического решения принималась следующая система упрощающих допущений: идеализация реальных характеристик намагничивания ферромагнитных материалов сердечников статора и ротора; реальное распределение радиальной и тангенциальной составляющих вектора остаточной индукции в теле магнита по угловой координате представляется в виде усеченного ряда Фурье; реальная ОУ с током заменяется эквивалентной схемой с бесконечно тонкими токовыми слоями с эквивалентной линейной нагрузкой. Рассматриваемая модель является дальнейшим развитием аналитического метода расчета магнитного поля в воздушном зазоре МД, предложенного в [3].

Вторая из разработанных моделей предназначена для детального исследования рассматриваемого поля на основе его численного моделирования методом конечных элементов с учетом реальных характеристик намагничивания ферромагнитных материалов. Для ускорения сходимости итерационного процесса численного решения полевой задачи предусматривается назначение начальных значений векторного магнитного потенциала во всех узлах полярной сетки в области расчета поля, а также начальных значений магнитной проницаемости в узлах, расположенных в пределах ферромагнитных сред, на основании результатов предварительного аналитического исследования этого поля.

Для выявления практических возможностей разработанных математических моделей были сопоставлены кривые распределения радиальной составляющей

индукции в рабочем воздушном зазоре, полученные с применением аналитического подхода к исследованию рассматриваемого поля с аналогичными кривыми, полученными с помощью численного моделирования поля.

На основании проведенных расчетов предложены рекомендации по выбору геометрических размеров МД, размеров магнита, при его проектировании проанализировано влияние угловых размеров магнитов и ОУ на стабильность электромагнитного момента в рабочем диапазоне углов поворота ротора.

**Список литературы:**

1. *Афанасьев А.Ю.* Моментный электропривод. Казань.: Изд-во Казанского ГТУ, 1997. 250 с.
2. *Овсянников В.Н., Макаричев Ю.А.* Метод расчета коэффициента рассеяния моментного двигателя с постоянными магнитами. Изв. Вузov Электромеханика, № 6, 2007, с. 38-41.
3. *Столлов Л.И., Зыков Б.Н.* Моментные двигатели с постоянными магнитами. М: Энергия, 1977. 112 с.

*А.И. Одинец, Л.Д. Федорова, Д.В. Федоров*  
*Омский государственный технический университет, г. Омск*

## **ПРИМЕНЕНИЕ ДАТЧИКОВ МЭМС ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ И ДИАГНОСТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЯ**

Техническая оснащенность автомобилей электронными системами возрастает с каждым годом. Электронные системы автомобилей включают в себя: системы управления автомобилем и двигателем, специализированные бортовые системы и локальные вычислительные сети. Каждая из перечисленных систем решает множество задач. Например, электронные системы управления двигателем обеспечивают впрыск, зажигания и пуск двигателя, его надежную работу и высокий КПД [1]. Кратко перечислим типы датчиков, которые используются в основных системах автомобиля.

1. Антиблокировочная тормозная система (ABS) препятствует блокировке колес автомобиля при торможении. Автомобильное колесо в процессе торможения движется относительно дорожного полотна с проскальзыванием. Степень проскальзывания определяется отношением разности скорости автомобиля и окружной скорости вращения колеса к скорости автомобиля. В состав ABS входят датчики скорости колес и блоки вычислений, управления и контроля исправности.

2. Противобуксовочная система автомобиля (система управления силой тяги) предотвращает потери тяги посредством контроля за пробуксовкой ведущих колес, а также поддерживает курсовую устойчивость автомобиля. В состав системы включены датчики: положения дроссельной заслонки, положения педали акселерометра и угловой скорости колес. Датчики угловых скоростей колес позволяют обнаружить пробуксовку ведущих колес.

3. Система управления курсовой скоростью автомобиля (VDC) позволяет сохранить курсовую устойчивость при движении автомобиля. Система VDC управляет скоростью вокруг вертикальной оси и курсовым углом. В состав системы входят следующие датчики: скорости вращения колес, давления в тормозной системе, положения рулевого колеса, угловой скорости относительно вертикальной оси, поперечного ускорения.

4. Система автоматического управления трансмиссией автомобиля реализуется благодаря появлению автоматических коробок перемены передач (АКПП) и обеспечивает бесступенчатое регулирование крутящего момента. В состав системы входят следующие датчики: скорости, частоты вращения двигателя, расхода воздуха, положения дроссельной заслонки, нагрузки двигателя.

5. Система автоматического управления подвеской автомобиля обеспечивает горизонтальное положение кузова при движении по неровным дорогам. В состав системы входят следующие датчики: скорости, ускорения, угловой скорости относительно вертикальной оси, положения кузова автомобиля.

6. Система бортовой самодиагностики автомобиля предназначена для контроля за исправностью следующих систем автомобиля: топливной, зажигания, рециркуляции отработавших газов, улавливания паров бензина, катализаторов и

др. На вход процессора самодиагностики поступают сигналы с множества датчиков, установленных в автомобиле.

7. Система климат-контроля обеспечивает автоматическое управление климатом в салоне автомобиля. Основным элементом системы является блок отопителя-конденционера, который получает информацию от различных датчиков.

8. Система управления скоростью автомобиля (круиз-контроль) поддерживает заданную водителем скорость независимо от погодных и дорожных условий. С помощью встроенного радара обеспечивается безопасная дистанция до впереди идущего автомобиля.

Широкое распространение получили датчики на основе микроэлектромеханических систем (МЭМС). Их популярность вызвана простотой использования, низкой ценой, высокой надежностью, стабильностью показаний и малыми габаритами. Обычно МЭМС-датчики оснащены схемой цифровой обработки, обеспечивающей предварительную обработку информации. Рассмотрим конструкцию и технические характеристики датчиков, построенных по МЭМС-технологии. Среди них: датчики давления, МЭМС-акселерометры (датчики для измерения ускорения) и МЭМС-гироскопы (приборы для измерения угловой скорости).

**Датчики давления.** По виду измеряемого давления различают абсолютные (для измерения абсолютного давления), дифференциальные (для измерения разности давлений), относительные (для измерения избыточного над атмосферным давлением) и вакуумные (для измерения степени разрежения) датчики давления. Абсолютные датчики работают в диапазоне давлений 100...700 кПа, а дифференциальные - в диапазоне 4... 1000 кПа. К важнейшим техническим характеристикам микродатчиков давления (МДД) относятся рабочий диапазон измерения, чувствительность к измеряемому давлению, выходное напряжение.

Датчики давления [2] (рис. 1) конструктивно состоят из чувствительного элемента 1 (мембраны), воспринимающего давление, и преобразователей (перемещений, деформации, силы), собранных в корпусе 2, соединительного провода 3, кремниевой пластины 4, стальной пластины 5 и гели 6. Чувствительным элементом датчиков давления является тонкая, чаще кремниевая пластинка, которую условно можно назвать мембраной, как правило, прямоугольная или круглая в плане.

Основой чувствительного элемента тензорезистивного датчика избыточного давления [2] типа ДДЭ-060 является круглый плоский кремниевый кристалл, содержащий как интегральные тензорезисторы мостовой схемы, так и не воспринимающий давление терморезистор схемы компенсации ухода чувствительности. Кристалл сформирован по планарной технологии и закреплен в металлическом корпусе с помощью ситаллоцемента. На основе аналогичного решения созданы датчики для измерения давления до 300 МПа, когда толщина кремниевого кристалла составляет 700 мкм.

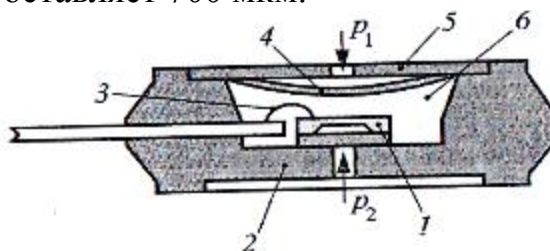


Рисунок 1

В основе конструкции тензорезистивных датчиков абсолютного давления [3] лежат чувствительные элементы, представляющие собой профилированный кристалл, соединенный со стеклянным основанием. При этом образуется герметичная вакуумированная полость опорного давления. В России созданы по технологии МЭМС датчики абсолютного давления типа ЧЭ Э-024.001, диапазон измерений – 0,05-1 МПа, габариты 5 x 5 мм.

Акселерометр — прибор, измеряющий проекцию кажущегося ускорения (разности между истинным ускорением объекта и гравитационным ускорением). Как правило, акселерометр представляет собой чувствительную массу, закреплённую в упругом подвесе. Отклонение массы от её первоначального положения при наличии кажущегося ускорения несёт информацию о величине этого ускорения. Схема простейшего акселерометра приведена на рисунке 2 [4].

Первые образцы полностью интегрированных однокристалльных датчиков ускорения (акселерометров) iMEMS были выпущены в 1991 году специально для систем безопасности автомобилей, где они применялись для детектирования столкновений и активации подушек безопасности [5].

**Гироскопы** играют все увеличивающуюся роль в автомобильных применениях и используются для измерения скорости вращения автомобиля. Основные технологии, реализуемые в гироскопах, включают: камертонные гироскопы, вибрирующее колесо, лазерные гироскопы и др. [6]. Компания Analog Devices, создала технологию iMEMS и на ее основе производит гироскопы серий ADXRS и ADIS. Основной элемент гироскопа серии ADXRS — это закрепленная на гибких подвесках рамка, внутри которой совершает поступательные колебательные движения некая масса (рис.3). Причем направления колебаний — как первичных, так и вызванных ускорением Кориолиса, — лежат в плоскости подложки.

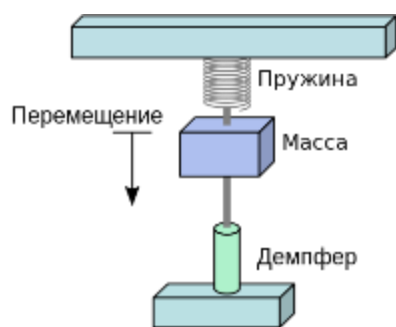


Рисунок 2

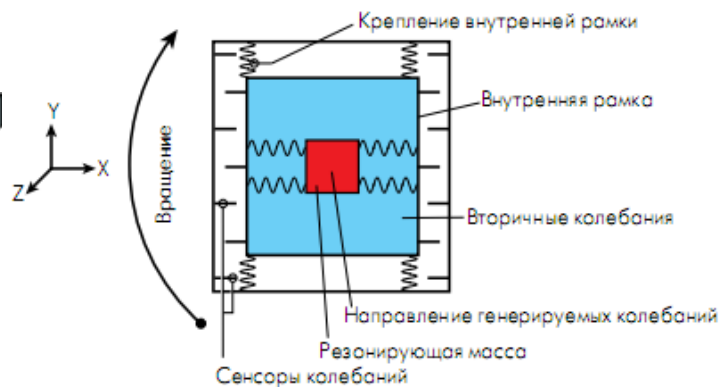


Рисунок 3

Компания Analog Devices анонсировала трехосевой гироскоп ADIS16350, в состав которого, помимо трехосевого гироскопа ( $\pm 320^\circ\text{C}$ ), входит и трехосевой датчик линейных ускорений (акселерометр) с диапазоном измерений  $\pm 10\text{ g}$ . Сигналы обоих датчиков оцифровываются АЦП с разрешением 14 разрядов. Модуль оснащен вспомогательными 12-разрядными ЦАП и АЦП. Обмен данными возможен через SPI-интерфейс. Размер модуля ( $22,7 \times 23,2 \times 22,9$  мм).

В России в Зеленоградском нанотехнологическом центре разработан ряд датчиков системы учета потребления и регулирования энергоресурсов на основе МЭМС-сенсоров. Среди них – датчики расхода газа, жидкости, температуры,

давления, ускорения, углового положения, оборотов для спидометров. Автомобильные датчики построены на основе наноразмерных магниторезистивных структур. Кратко перечислим сферы их применения: навигация, контроль движения автотранспорта, измерение электрического тока с полной гальванической развязкой цепей, измерение линейного и углового положения, определение скорости вращения, положения дроссельной заслонки.

Таким образом, в системах управления и диагностирования автомобиля все большее распространение получают датчики, построенные по МЭМС-технологиям и связанные с процессорами автомобиля цифровыми шинами. Цифровая обработка информации обеспечивает: оптимизацию процессов сгорания (топливную эффективность), минимизацию эмиссии, обеспечение безопасности при движении автомобиля, комфортабельность в салоне автомобиля для водителя и пассажиров.

#### **Список литературы:**

1. Коваленко, О. Л. Электронные системы автомобилей : учеб. пособие / О. Л. Коваленко. – Архангельск: ИПЦ САФУ, 2013. – 80 с.
2. Сысоева, С. Ключевые сегменты рынка МЭМС-компонентов. Акселерометры / С. Сысоева // Компоненты и технологии. – 2010. – № 3. – С. 20–26.
3. Козин, С. Микроэлектронные датчики физических величин на основе МЭМС-технологий / С. Козин, А. Федулов, В. Пауткин // Компоненты и технологии. – 2010. – № 3. – С. 24–27.
4. Акселерометры. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BA%D1%81%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80> (дата обращения: 03.04.2014).
5. Власенко, А. AnalogDevices: обзор датчиков iMEMS с цифровым выходом. [Электронный ресурс] / А. Власенко. – Режим доступа: [http://www.kit-e.ru/assets/files/pdf/2008\\_01\\_36.pdf](http://www.kit-e.ru/assets/files/pdf/2008_01_36.pdf) (дата обращения: 18.03.2015).
6. Сысоева, С. Автомобильные гироскопы [Электронный ресурс] / С. Сысоева. – Режим доступа: [http://www.kit-e.ru/articles/sensor/2007\\_1\\_40.php](http://www.kit-e.ru/articles/sensor/2007_1_40.php) (дата обращения: 18.03.2015).

**И. В. Панарин**

*Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск*

## **ЭКОНОМИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ С ПОМОЩЬЮ РЕГУЛИРУЕМОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ**

В соответствии с «Энергетической стратегией на период до 2020 года» высшим приоритетом государственной энергетической политики является повышение энергоэффективности промышленности. Эффективность российской экономики существенно снижается из-за ее высокой энергоемкости. По этому показателю Россия опережает США в 2,6 раза, Западную Европу в 3,9 раза, Японию – в 4,5 раза [1].

В основном высокая энергоемкость экономики вызвана использованием энергорасточительных технологий и оборудования, большими потерями энергоресурсов (при их добыче, переработке, преобразовании, транспорте и потреблении), нерациональной структурой экономики (высокая доля энергоемкого промышленного производства). В результате накопился обширный потенциал энергосбережения, оцениваемый в 38...46 % современного потребления энергии.

Решение проблемы энергосбережения возможно при совершенствовании регулируемого электропривода на базе асинхронных двигателей, которые должны быть спроектированы и изготовлены специально для энергосберегающих технологий. В настоящее время потенциал энергосбережения для самых массовых электроприводов – насосных агрегатов составляет более 30 % от потребляемой мощности. На основании мониторинга в Алтайском крае можно получить при использовании регулируемого электропривода на базе асинхронных двигателей следующие показатели: экономия электроэнергии – 20...60 %; экономия воды – до 20 %; исключение гидравлических ударов в системе; снижение пусковых токов двигателей; минимизация затрат на обслуживание; снижение вероятности возникновения аварийных ситуаций [1]. Это требует совершенствования всех звеньев электропривода, и, прежде всего, основного элемента, выполняющего электромеханическое преобразование энергии, – асинхронного двигателя.

Эффективность электрического двигателя – это мера того, насколько хорошо он преобразует электроэнергию в полезную работу. Та часть электрической энергии, которая в работу не преобразовывается, теряется в виде тепла. Для повышения эффективности следует снижать эти потери.

Потери в асинхронных машинах подразделяют на потери в стали (основные и добавочные), электрические потери, вентиляционные, механические и добавочные потери при нагрузке.

1 Так уменьшение основных потерь в стали может дать применение марки стали с меньшими удельными потерями, изменение толщины листов магнитопровода, частоты перематывания.

2 Благодаря оптимальному проектированию геометрии зубцово - пазовой зоны, могут быть уменьшены добавочные потери в стали.

Для уменьшения добавочных потерь часто применяют закрытые пазы ротора. При закрытых пазах устраняются поверхностные потери в шлицах ротора,

заполненных алюминием, и уменьшаются поверхностные и пульсационные потери в статоре. По проведенным исследованиям [2] на АД мощностью от 2,2 до 90 кВт полные добавочные потери при переходе с полузакрытых на закрытые пазы уменьшаются в среднем на 30%.

Применение числа пазов ротора меньшего, чем число пазов статора, является полезным с точки зрения, как добавочных потерь, так и добавочных моментов.

Применение промежуточного короткозамыкающего кольца вместе со скопом пазов положительно влияет на снижение действия высших гармоник поля: уменьшаются добавочные потери и наиболее опасные синхронные моменты.

3 Одним из наиболее эффективных и не дорогостоящих методов повышения энергетической эффективности асинхронных двигателей является применение литой медной короткозамкнутой обмотки (ЛКМО) ротора. С учетом того, что потери уменьшаются и в обмотке ротора, КПД асинхронного двигателя с ЛКМО увеличивается на 1,2...1,8 % [3]

4 Применение изоляции более высокого класса нагревостойкости, чем которая использовалась при расчете, позволяет увеличить сервис фактор двигателя. Более тонкая изоляция позволяет увеличить количество металла проводников обмотки, либо уменьшить размеры паза и тем самым понизить магнитные нагрузки сердечника; с другой стороны теплопроводность изоляции тем лучше, чем она тоньше, следовательно, более тонкая изоляция позволяет либо понизить превышение температуры обмотки, либо повысить ее нагрузку. [4]

5 Уменьшение механических потерь, путем уменьшения потерь на вентиляцию и трение выбором подшипников и уплотнений, а также конструкции вентилятора и подбором оптимального пути воздушного потока через двигатель.

С одной стороны, вентилятор должен быть достаточно большим для обеспечения достаточного охлаждения, с другой стороны, его размеры не должны быть слишком велики во избежание снижения эффективности и возрастания шума. В двигателях оптимизация достигается подбором размеров лопастей вентиляторов и их шага.

6 При регулировании частоты вращения двигателя с помощью преобразователя значения пускового и минимального моментов и пускового тока можно не задавать т.к. пуск частотно – регулируемых двигателей производится путем плавного изменения частоты питания, что позволяет во многих случаях избежать возможности их работы при скольжениях выше критических. Это позволяет выполнить обмотку ротора с минимальным сопротивлением и, следовательно, уменьшить массу и увеличить КПД двигателя. Форма паза также может быть выбрана без учета пусковых характеристик. [5]

#### **Список литературы:**

1. Муравлева О.О. Энергоэффективные асинхронные двигатели для регулируемого электропривода / О.О.Муравлева// Технические науки. – 2005. – Т.308. №7. – С.135-139.
2. Радин В.И. Унифицированная серия асинхронных двигателей Интерэлектро / В.И. Радин, Й. Лондин, В.Д. Розенкноп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 416 с.
3. Иванов В.А. Влияние технологии заливки короткозамкнутой обмотки ротора медью асинхронного электродвигателя на потери в стали / В.А. Иванов, С.А. Гривин, В.А. Чушаев, В.Ю. Чуванков// Электротехника и электромеханика. – 2006. - №2. –С.22-25.
4. Жерве Г.К. Обмотки электрических машин / Г.К. Жерве. – Л.: Энергоатомиздат, 1989. – 400с.
5. Радин В.И. Электрические машины: Асинхронные машины: Учеб. для электромех. спец. вузов / В.И. Радин, Д.Э. Брускин, А.Е. Зорохович. – М.: Высш.шк., 1988. – 328с.



**Е.М. Погребижская**

ФГБОУВПО Самарский государственный архитектурно-строительный университет

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ВИХРЕВОГО РЕГУЛЯТОРА ДАВЛЕНИЯ ГАЗА

В современном мире актуальными стали вопросы, касающиеся энергосбережения и энергоэффективности. В частности, это касается вопросов газоснабжения.

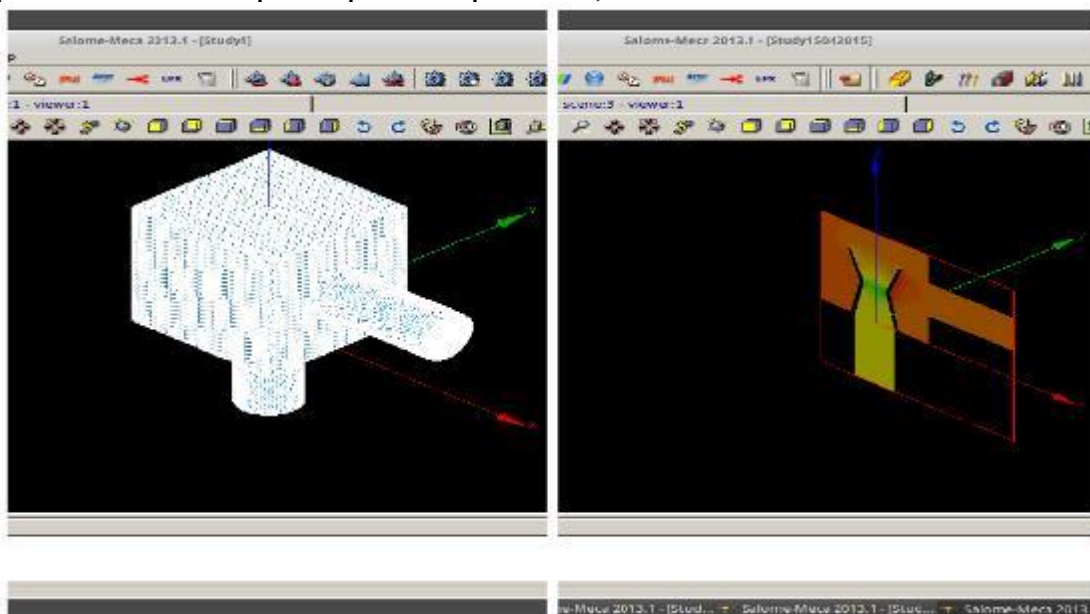
Важным конструктивным элементом снижения давления и его транспортировки к потребителю является регулятор давления газа.

Старые регуляторы давления, такие как например РДУК являются мембранными, одной из самых частых поломок в них является выход из строя мембраны или настроечной пружины.

В настоящее время ведутся работы по разработке регуляторов давления газа на основе температурной стратификации [1-3]. Такие регуляторы конструктивно являются более надежными и энергоэффективными, так как не имеют деталей, подвергающихся растяжению или сжатию.

В настоящий момент я занимаюсь созданием нового вихревого регулятора давления на основе температурной стратификации. Данный регулятор состоит из металлического корпуса, сопла Лаваля внутри корпуса и из участков газопроводов P1 и P2. Исследование данной модели регулятора давления газа я производила при помощи свободного программного обеспечения CAELinux [4].

Процесс математического моделирования начался с построения геометрии в программе Salome [5]. Корпус регулятора выполнен в виде куба со стороной 1м, внутри которого располагается сопло Лаваля. С диаметром входа 0,1853 м, выхода – 0,2257 м и средним сечением сопла 0,1021м. Длина сопла 0,7137 м. После построения геометрии, была создана сетка (рис. 1,а), разбившая модель регулятора на 377901 тетраэдр со стороной 0, 01м.



а)

б)

**Рисунок 1. Расчетная область (а) и результаты моделирования (б)**

После этого был произведен расчет модели в программе Code-Saturn-Wizard [6,7]. В расчете была проверена на правильность и еще раз посчитана сетка, а также заданы конкретные параметры расчета. Так в расчетной математической модели использовался воздух, а не природных газ, также я пренебрегла силами гравитации. Расчет производился при давлении равном 1 атм. и с начальной скоростью воздуха 1 м/с. За гидравлический диаметр было принято самое узкое место сопла Лавая 0,1021. Наибольшее количество итераций ведет в наиболее точному построению модели и наименьшему количеству погрешностей, однако в своем исследовании было произведено 100 итераций с проверкой через каждые 10.

В результате расчета данной математической модели получилось, что в регуляторе действительно будет снижаться давление газа. Самое низкое давление будет в узком сечении сопла Лавая, на выходе из газопровода P2, оно будет несколько выше. Результаты расчета представлены на рис. 1,б.

Результаты расчета показали функциональность данного устройства, предназначенного для снижения давления газа.

#### Список литературы:

1. Пат. 2364914 Российская Федерация, МПК G05D 16/04 Регулятор давления газа [Текст] / Ковальногов Н.Н., Цынаева А. А.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Ульяновский государственный технический университет». – №2008117787/28; заявл. 04.05.2008, опубл. 20.08.2009; Бюл. № 23. – 6 с.
2. Пат. 2226709 Российская Федерация, МПК G05D16/04 Устройство для снижения давления газа (УСДГ) [Текст] / Ковальногов Н.Н., Жуховицкий Д.Л., Цынаева А. А.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Ульяновский государственный технический университет». – 2002120326/09; заявл. 26.07.2002, опубл. 10.04.2004; Бюл. № 10. – 6 с.
3. Пат. 2541705 Российская Федерация, МПК G05D 16/04 Регулятор давления газа [Текст] / Цынаева А. А., Цынаева Е. А., Никитин М.Н.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Самарский государственный архитектурно-строительный университет». - 2013148498/28; заявл. 30.10.2013, опубл. 20.02.2015; Бюл. № 5. – 7 с.
4. <http://salome.org/>
5. <http://code-saturne.org/cms/>
6. Цынаева, А. А. Моделирование задач теплообмена и гидрогазодинамики с помощью свободного программного обеспечения/ Цынаева А.А., Цынаева Е.А.// Вестник УлГТУ. Ульяновск, УлГТУ, 2014. №4. с. 42-45

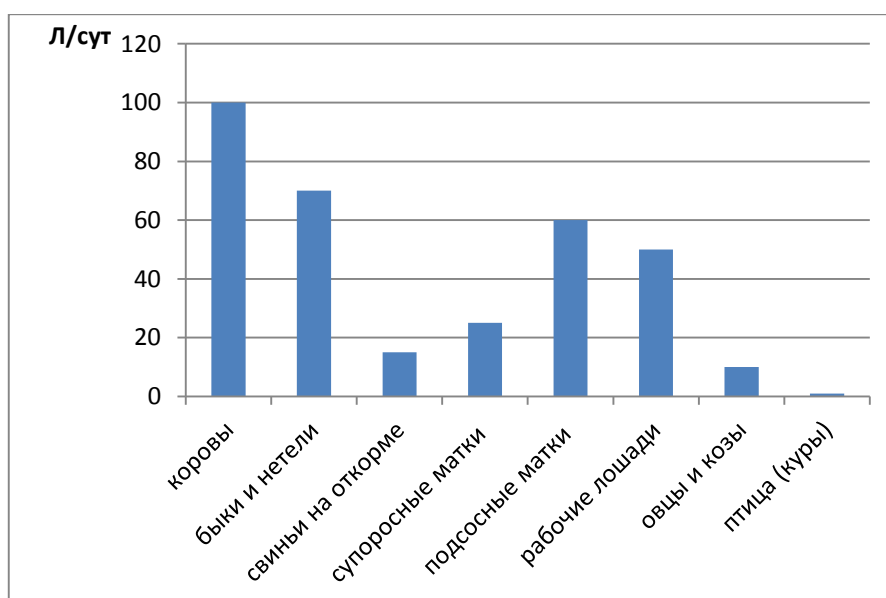
**И.А. Рахимжанова, М.Б. Фомин, И.А. Чуйков**

*Оренбургский государственный аграрный университет, г. Оренбург*

## **К ВОПРОСУ ВОДОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Для результативной деятельности сельскохозяйственных предприятий необходима четко работающая и экономически выгодная система водоснабжения, так как при этом обеспечивается нормальное выполнение производственно-зоотехнических процессов.

Основные отличия сельскохозяйственного от бытового и промышленного водоснабжения заключается в рассредоточенности потребителей и сезонной цикличности сельскохозяйственного производства. Вода в сельском хозяйстве расходуется на хозяйственно-питьевые нужды населением, в коммунальных предприятиях, на животноводческих фермах и комплексах, предприятиях по первичной переработке сельскохозяйственной продукции, производственных зданиях и гаражах, мойках, на полив растений в парниках и теплицах, на противопожарные цели[2]. (рис 1)



**Рисунок 1** Необходимое количество воды в сутки на одно животное

На сегодняшний день наиболее распространенная схема механизированного водоснабжения животноводческих ферм состоит из следующих сооружений: водозабора с насосной станцией, разводящей сети и регулирующих сооружений (водонапорной башни и резервуара для хранения противопожарного запаса воды). Из них более половины (55%) нуждаются в техническом улучшении, в

том числе 32% - в реконструкции, 12% - в расширении и 11% - в полном восстановлении[1].

В Оренбургской области широкое распространение в сельской местности получили стальные башни Рожновского, вследствие того, что обладают полной водонепроницаемостью баков, малой массой, заводским изготовлением деталей, обеспечивающим сравнительно быстрый монтаж их на месте строительства, сравнительной дешевизной, а также большой сейсмостойкостью.

Существенным недостатком водонапорных башен Рожновского является их обледенение в зимний период года. При этом в первую очередь нарушается работа систем автоматического регулирования уровня воды (датчиков уровней), снижается полезный объём башни и в конечном итоге происходит её механическое разрушение.

Основной причиной обледенения башен является застой воды, в результате минимального разбора и подачи воды, при этом она практически не обновляется, застаивается и, как следствие, замерзает.

Вопросами снижения темпа нарастания льда на внутренних стенках башен Рожновского занимались отечественные ученые А.В. Куралесин, В.Е. Тройкин, В.Н. Уметский, Ю.А.Павлов, Л.В. Филатов, В.Г. Петько, А.Б. Рязанов, А.А. Рожновский и В.Д. Смирнов[1]. Однако проблема предотвращения обледенения внутреннего объема водонапорных башен Рожновского до сих пор не решена.

В связи с этим возникает необходимость исследования проблемы оптимизации конструктивных параметров и режимов работы водонапорной башни по критерию эффективности и ресурсосбережения, что является на сегодняшний день актуальной задачей. Для решения, которой, необходимо оптимизировать конструктивно-режимные и температурные параметры работы водонапорной башни Рожновского, а также разработать конструктивные решения, уменьшающие степень льдообразования и повышающие надежность системы водоснабжения в целом.

#### **Список литературы:**

1. Рязанов А.Б. Повышение эффективности функционирования водонапорной башни Рожновского при отрицательных температурах окружающего воздуха [Текст]: дисс. На соискание ученой степени кон. тех. наук: 05.20.01/Рязанов Алексей Борисович – Оренбург, 2011 – 136с.
2. Ольгаренко Г.В. Развитие научного обеспечения в области сельскохозяйственного водоснабжения [Текст]: / Г.В. Ольгаренко, А.А. Алдошкин // Мелиорация и водное хозяйство, - 2006. – Вып. 1

**В.С. Романов, В.Г. Гольдштейн**

*Самарский государственный технический университет, г. Самара*

## **АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННЫХ КРУПНЫХ ГОРОДОВ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

Энергосистемы современных крупных городов – мегаполисов (МП), сформированные и реализованные сегодня по традиционным принципам, с большой вероятностью не смогут в полной мере удовлетворить требованиям, которым они должны будут отвечать в самой близкой перспективе. Это определяет необходимость перехода к инновационным направлениям их развития, возможность которого обусловлена повсеместным широким внедрением и активным применением новейших технологий и инновационных решений.

Одно из наиболее масштабных и перспективных направлений инновационного преобразования современной электроэнергетики и, в частности, энергоснабжения МП - это создание электрических сетей и систем (ЭСС), основанных на применении технологий высокотемпературной сверхпроводимости (ВТСП). Эта уникальная концепция развития электроэнергетики открывает принципиально новые возможности во всех элементах электроэнергетических комплексов, снимая значительную часть вопросов генерации, распределения и потребления, которые решаются сейчас неудовлетворительно. При этом можно отказаться от большей части ограничений на размещение источников и потребителей энергии и ограничить ее потери. [1]

Одним из наиболее характерных применений ВТСП материалов и технологий являются кабельные ЛЭП. Их основным преимуществом перед обычными маслонаполненными кабелями или кабелями с изоляцией из сшитого полиэтилена является высокая пропускная способность при малом сечении, низкие потери энергии, а также пожарная и экологическая безопасность.

Прежде всего, создание сверхпроводящего кабеля на большие токи позволит эффективно решить проблему глубоких вводов мощности в крупные города при выдаче мощности от крупных электростанций, расположенных за пределами агломерации. Традиционно в МП с целью снижения потерь распределение электроэнергии внутри города происходит на напряжениях 35 - 110 кВ с последующим понижением до 10 кВ и 0,4 кВ. Минимальные потери в ВТСП-кабелях при их повышенной пропускной способности позволяют исключить ступень СЭС на напряжении 110 кВ и распределять электроэнергию в городе без подстанций и ЛЭП 110 кВ сразу на напряжении 10–20 кВ при значительном снижении стоимости подстанций.

Необходимо отдельно остановиться на характерных особенностях работы силовых трансформаторов (СТ) с ВТСП обмотками. Главным преимуществом СТ с ВТСП обмотками являются низкие нагрузочные потери по сравнению с традиционными трансформаторами, меньшие массогабаритные показатели, воз-

возможность ограничения токов КЗ, экологическая безопасность, пожаровзрывобезопасность и др. В свете приведенного выше анализа процессов потери свойств ВТСП в режимах КЗ и их локализации [3, 4], для них характерна быстрая, в темпе процессов КЗ, потеря свойства СП при превышении конкретных ВТСП пороговых значений по температуре проводника и магнитной индукции, непосредственно зависящей от протекающего тока. Здесь имеет место рост внутреннего активного сопротивления СТ. Он адекватен действию токоограничивающего реактора по реактивному сопротивлению, но обладает своими специфическими особенностями, прежде всего из-за разницы абсолютных значений названных сопротивлений. Это требует дополнительных технических и конструкторских решений, в частности, возможна установка отдельного дополнительного ВТСП токоограничителя.

После снижения тока, уменьшения индукции и возврата к исходным значениям температуры (здесь необходима эффективная работа системы охлаждения) условия ВТСП восстанавливаются. В дополнение к сказанному можно добавить, что в работе Манусова В.З. и Александрова Н.В. [3, 4] показано, как подбором параметров СТ с ВТСП обмоткой возможно обеспечить необходимое ограничение ТКЗ для СТ 15 МВА.

В целом решение задачи ограничения ТКЗ реализуется целым рядом токоограничивающих устройств (ТОУ), построенных по различным принципам, в том числе и с использованием ВТСП для ТКЗ (ВТСП ТОУ). Этот вид ТОУ включается в защищаемую часть сети. Основное преимущество ВТСП ТОУ заключается в его возможности иметь существенное низкое сопротивление по сравнению с эксплуатируемыми токоограничивающими реакторами в нормальном режиме и практически безинерционно увеличивать его до требуемой величины при КЗ. [2]

Это позволяет использовать ВТСП ТОУ в сетях с целью снижения ударных значений ТКЗ, их координации с отключающей способностью коммутационной аппаратуры, электродинамической и термической защиты элементов СЭС от воздействий протекающих токов. Уникальные свойства сверхпроводящих материалов позволяют создать ТОУКЗ, не имеющие аналогов среди традиционных электротехнических устройств. Они позволяют также продлить срок службы коммутационной аппаратуры.

В настоящее время в России реализовано несколько опытно-промышленных проектов ВТСП ТО на напряжения до 20 кВ и на мощности порядка 10–15 МВА. Начаты разработки ВТСП ТО на напряжение 110–138 кВ (США, Евросоюз).

Новое ВТСП оборудование в СЭС МП в частности, имеет специфические новые конструктивные особенности и, как следствие, новые электрические параметры, а также является причиной не встречавшихся ранее новых явлений. Необходимость тщательного изучения возникающих при этом физических процессов особенно актуальна в связи с перспективами его широкого применения, а также в связи с еще одной стороной обсуждаемой проблемы. Она связана с повсеместным широким внедрением в российскую энергетику зарубежного ЭО, которое часто не в полной мере соответствует российским нормам и стандартам.

Критический анализ текущего состояния и развития СЭС крупнейших МП мира и России позволяет констатировать существующие и прогнозировать буду-

щие проблемы и пути их решения. Эти исследования особо актуальны в настоящее время, поскольку с предстоящими проблемами отечественных МП мировое электроэнергетическое сообщество уже сталкивалось. Задача заключается в разработке совершенной стратегии и тактике для отечественных условий СЭС МП с ВТСП элементами, основанных на мировом опыте и достижениях в области науки на основе инновационных типов ЭО и коренной реконструкции методов управления режимами СЭС МП.

В заключении необходимо еще раз подчеркнуть, что основное содержание представленной работы направлено на постановку, формулирование и критический анализ путей решения проблем электроснабжения с использованием технологий ВТСП супермощных комплексов потребителей, которыми в современных условиях являются, прежде всего, СЭС МП, промышленные и агрокомплексы.

Пути решения возникающих при этом проблем основаны на результатах проведенного технико-экономического анализа, собственных и известных отечественных и зарубежных данных. В настоящей работе они не приведены из-за ограничений по объему публикации.

**Выводы.** Использование ВТСП передачи и распределения электроэнергии и можно рассматривать как альтернативу глубокого ввода на напряжениях 110 кВ и выше, что особенно важно для СЭС МП.

Исключение промежуточных ступеней трансформации позволяет перевести распределительные сети на напряжение 10÷20 кВ при сохранении и даже увеличении пропускной способности сети.

Несомненные положительные результаты применения ВТСП технологий и оборудования - значительное снижение потерь электрической мощности и энергии, стоимости подстанций.

Трансформаторы и токоограничители ВТСП снимают проблему роста токов КЗ, ограничивая их электродинамические и термические воздействия на все виды ЭО СЭС МП.

Снижение вредных влияний для окружающей среды, улучшение пожарной и экологической безопасности, уменьшение площади земель в МП, отчуждаемых под строительство энергообъектов.

#### **Список литературы:**

1. Акимов И.И., Воробьева А.Е., Панцырный В.И., Шиков А.К. Сверхпроводящие материалы на основе ВТСП: технология, свойства, перспективы применения // Сверхпроводимость: исследования и разработки. 2002. №11. С.45-48.
2. Александров Н.В. Исследование влияния сверхпроводниковых трансформаторов на режимы электроэнергетических систем. Автореферат дис. канд. техн. наук по специальности 05.14.02. НГТУ. Новосибирск. 2014.
3. Манусов В.З., Александров Н.В. Ограничение токов короткого замыкания с помощью трансформаторов с ВТСП // Известия ТПУ. 2013. №4. С.100-105.
4. Гольдштейн В.Г., Кузнецов Д.В., Романов В.С. Применение инновационных типов ЭО в системах электроснабжения современных мегаполисов // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2014. №3. С.23-25.

**А.В. Рудых, М.Н. Герасимова**

*Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, г. Иркутск*

## СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СИЛОВЫМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

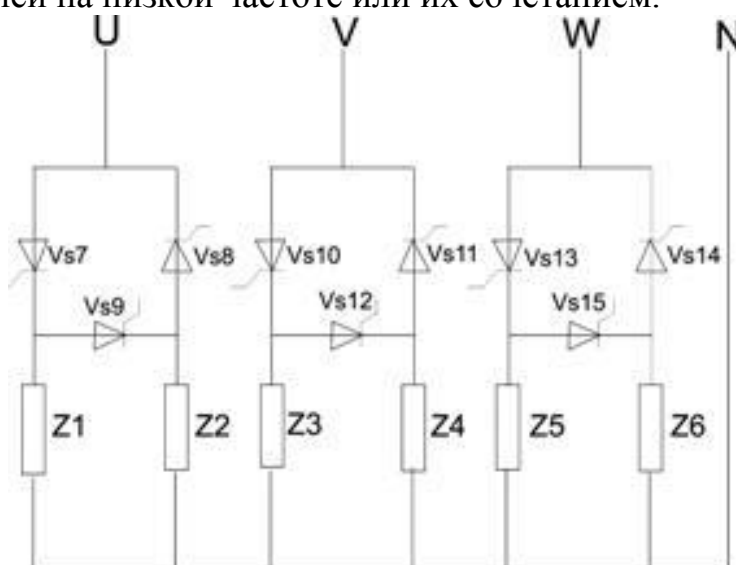
В статье рассмотрены элементы системы управления и последовательность их выбора для силовых полупроводниковых преобразователей сопротивления при энергосберегающем управлении электронагревательными установками.

Ключевые слова: полупроводниковый преобразователь, генератор прямоугольных импульсов, генератор пилообразного напряжения, фазосдвигающее устройство.

Энергосберегающее управление мощностью электронагревательных установок достигается плавным изменением их входного электрического сопротивления с помощью силовых полупроводниковых приборов. Силовая схема полупроводникового преобразователя сопротивления с электронагревателями представлена на рисунке 1.

Использование полупроводниковых преобразователей для управления электронагревательными установками, позволяет снизить расход электроэнергии на технологические процессы до 40%, обеспечивая высокое качество технологического процесса [2].

Управление мощностью электронагревательной установки с помощью полупроводниковых преобразователей сопротивления может быть фазовым, импульсной модуляцией на низкой частоте или их сочетанием.



**Рисунок 1. Схема силовая полупроводникового преобразователя сопротивления с электронагревателями**



При разработке схемы управления силовыми полупроводниковыми приборами должны учитываться следующие требования [1]:

согласовывать импульсы управления силовыми полупроводниковыми приборами с фазой переменного напряжения, прикладываемого к анодам и к катодам тиристоров;

плавно изменять моменты подачи импульсов управления тиристорами относительно точки перехода переменным напряжением через нуль в пределах от  $\alpha = \pi$  до  $\alpha = 0$  градусов;

формировать импульсы управления полупроводниковыми приборами необходимой амплитуды напряжения управления  $U_y$ , амплитуды тока управления  $I_y$ , требуемой длительности с крутым фронтом.

В систему управления силовыми полупроводниковыми приборами входят генератор прямоугольных импульсов (ГПИ), генератор пилообразного напряжения (ГПН), нуль-орган (НО), фазосдвигающее устройство (ФСУ), формирователь импульсов (ФИ) с дифференцирующей цепочкой, блок входного усилителя (БВУ), блок питания системы управления.

Выбор элементов системы управления следует начинать с блока выходного усилителя (БВУ), используя известные параметры силовых тиристорных преобразователя сопротивления.

В системе управления силовыми полупроводниковыми преобразователями используется блок выходного усилителя на транзисторах обратной проводимости n-p-n типа БВУ-549 (рис.2).

Для системы ФСУ вертикального принципа используется БВУ на транзисторах обратной проводимости. В промежутке между импульсами управления конденсатор С2 заряжается от источника питания, а транзисторы VT1 и VT2 в режиме отсечки. С поступлением импульса управления от предыдущего блока протекает ток базы транзисторов, и они переходят в режим насыщения.

Конденсатор С2 разряжается на первичную обмотку импульсного трансформатора. При этом во вторичной обмотке формируется импульс с крутым фронтом для управления силовыми тиристорами. С помощью диода VD2 исключается высокий потенциал на коллекторе транзистора VT2 во время запирающего и предотвращается пробой перехода коллектор-эмиттер. Фильтры защиты цепи управления БВУ от помех С1, R1 в основном определяют входное сопротивление БВУ.

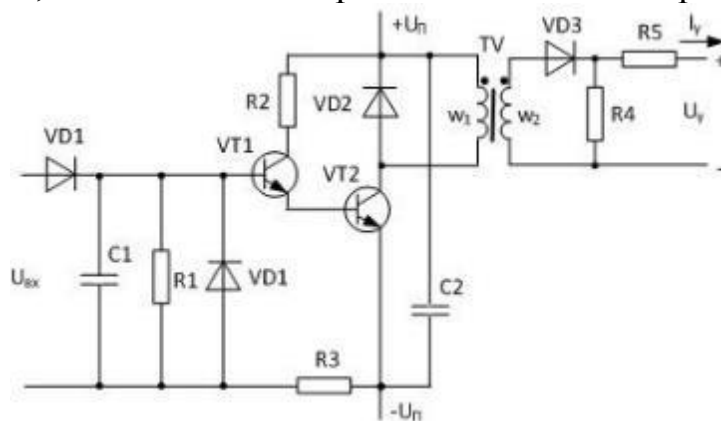


Рисунок 2. Принципиальная электрическая схема БВУ-549 на транзисторах обратной проводимости

ФИ служит для генерирования импульсов требуемой длительности (рис.3). Дифференцирующая цепочка (RC – цепь) служит для преобразования импульсов прямоугольной формы на входе ФИ в импульсы экспоненциальной формы требуемой длительности с крутым фронтом (рис.4).

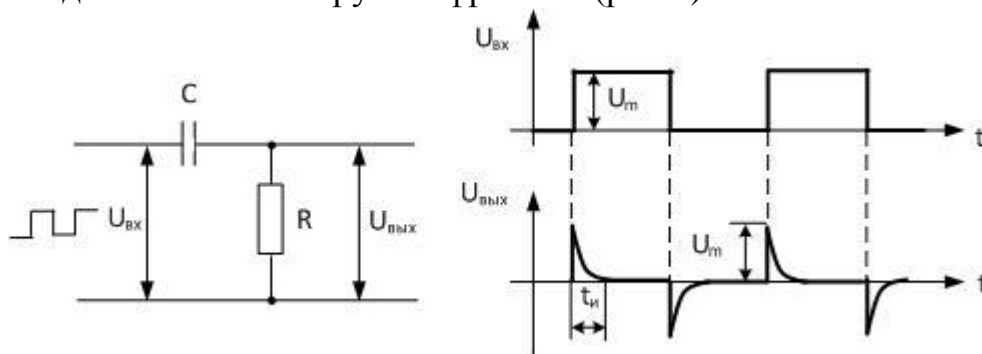


Рисунок 3. Принципиальная схема формирователя импульсов и временные диаграммы напряжений  $u_{вх}$ ,  $u_{вых}$

Напряжение на выходе ФИ, зависит от напряжения на входе БВУ  $U_{вх}$ .

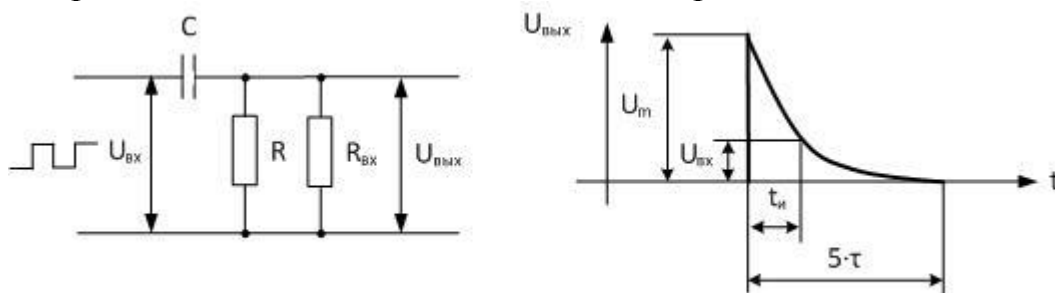


Рисунок 4. Дифференцирующая цепочка с учетом входного сопротивления БВУ и временная диаграмма напряжения

В момент подачи на вход ФИ напряжения прямоугольной формы ток заряда конденсатора  $C$  имеет максимальное значение, а падение напряжения на резисторе  $R$  (напряжение на выходе ФИ) равно напряжению входа. Формируется импульс положительной полярности с крутым фронтом. По мере заряда конденсатора  $C$  ток заряда уменьшается, падение напряжения на резисторе снижается по экспоненте. Конденсатор  $C$  разряжается, ток разряда протекает по резистору в противоположном направлении по отношению к направлению тока заряда. На выходе дифцепочки формируется импульс отрицательной полярности с крутым фронтом. Длительность процесса заряда и разряда конденсатора определяется постоянной времени электрической цепи  $RC$ .

Амплитуда импульса напряжения экспоненциальной формы  $U_m$  равна амплитуде напряжения прямоугольной формы, которое подается на вход ФИ с НО в системах с ФСУ вертикального принципа (рис.5). Амплитуда импульса напряжения прямоугольной формы  $U_m$  приблизительно равна напряжению питания  $U_n$ , то есть  $U_m \approx U_n$ .

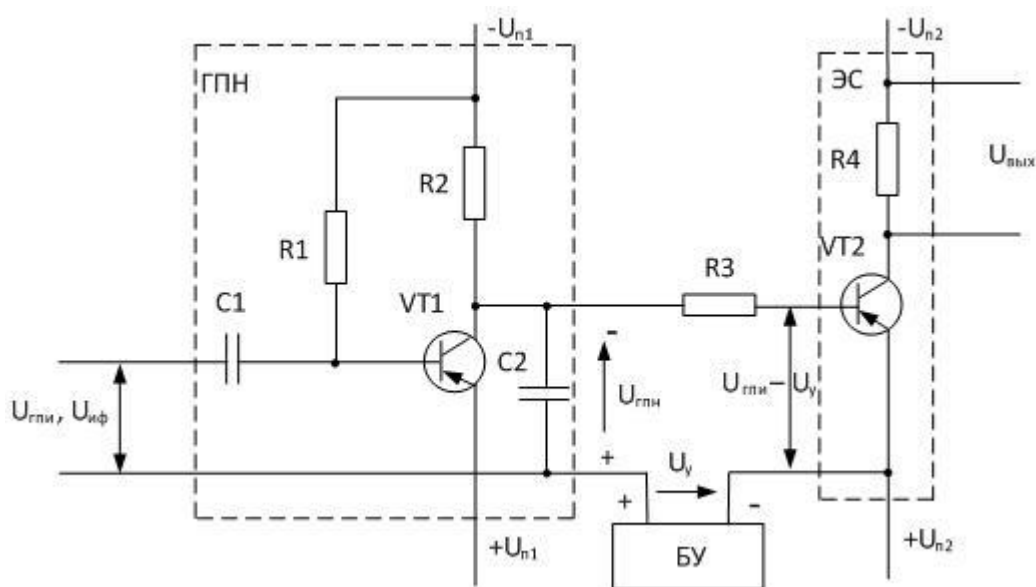


Рисунок 5. Принципиальная электрическая схема ФСУ вертикального принципа с транзисторным НО

ФСУ вертикального принципа практически нечувствительны к амплитудным и фазовым искажениям напряжения в сети, поэтому обеспечивают высокую точность регулирования угла управления тиристорами.

В качестве элемента сравнения в схеме используется транзисторный НО. Разность напряжений ГПН и управления прикладывается к эмиттеру и базе транзистора VT2. Напряжение ГПН для транзистора является отпирающим, а напряжение управления – запирающим. Когда напряжение ГПН меньше напряжения управления, транзистор VT2 находится в режиме отсечки, так как положительный потенциал результирующего напряжения прикладывается к базе транзистора, а отрицательный потенциал этого напряжения прикладывается к эмиттеру транзистора. В момент равенства напряжения ГПН и напряжения управления на базе транзистора VT2 изменяется потенциал с положительного на отрицательный, и транзистор мгновенно переходит из режима отсечки в режим насыщения. Падение напряжения на резисторе R6 является выходным импульсом напряжения, смещенным по фазе на угол  $\alpha$  относительно переменного напряжения на силовых тиристорах преобразователя.

Название ФСУ вертикального принципа получило из-за способа изменения угла  $\alpha$  за счет изменения уровня напряжения  $U_y$  по вертикальной оси. Предельная частота транзистора НО определяется промышленной частотой напряжения 50 Гц и длительностью фронта импульса.

Генераторы пилообразного напряжения (ГПН) на основе транзистора представляют собой транзисторные ключи, к выходу которых подключен конденсатор C4. На выход ГПН поступает напряжение прямоугольной формы. Когда напряжение на входе ГПН равно нулю, то на базу транзистора VT1 прикладывается отрицательный потенциал напряжения питания. Протекает ток базы транзистора, величина которого ограничивается резистором R3. Транзистор находится в режиме насыщения и напряжение на выходе ГПН равно нулю. Когда на вход

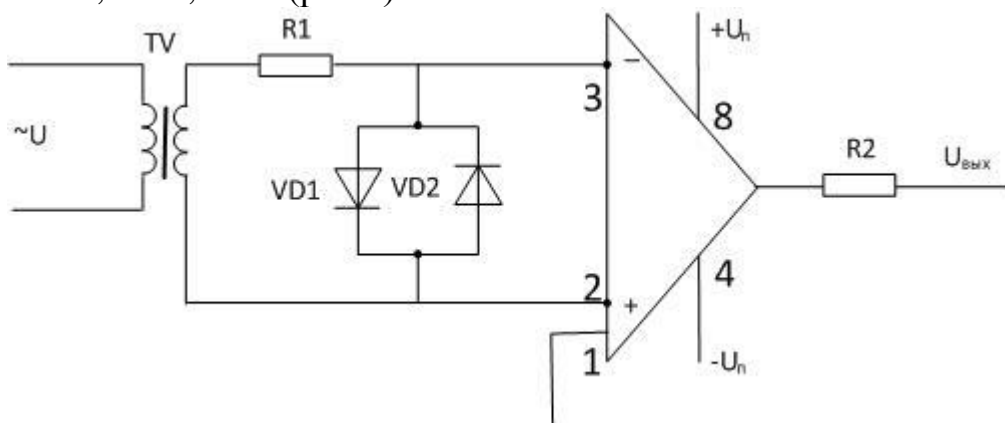
ГПН прикладывается амплитуда напряжения прямоугольной формы положительным потенциалом на базу VT1, то транзистор находится в режиме отсечки. Конденсатор C4 начинает заряжаться через резистор R4, формируя рабочий ход «пилы». Продолжительность рабочего хода «пилы» задается равной половине периода переменного напряжения. Постоянную времени заряда конденсатора принимается большим, чем половина периода переменного напряжения, для того, чтобы получить линейное изменение напряжения на конденсаторе во время рабочего хода. Сопротивление резистора R4 выбирается таким, чтобы ток коллектора в режиме насыщения был меньше предельного тока коллектора. Продолжительность подачи амплитуды напряжения прямоугольной формы на вход ГПН равно половине периода переменного напряжения. С прекращением подачи амплитуды напряжения ГПИ транзистор VT1 снова переходит в режим насыщения, и конденсатор C4 разряжается через переход эмиттер-коллектор транзистора. Формируется обратный ход «пилы».

Действие ГПН обычно основано на использовании явления заряда или разряда конденсатора.

Основными параметрами ГПН являются длительность рабочего хода  $T_p$ , обратного хода  $T_o$ , период следования импульсов  $T$ , амплитуда импульсов  $U_m$ , коэффициент нелинейности  $\epsilon$  и коэффициент использования напряжения источника питания  $K_n$ .

Для ГПН всегда желательно иметь длительность обратного хода  $T_o$  значительно меньше длительности рабочего хода  $T_p$ . Задача по ограничению длительности обратного хода приобретает особую актуальность при разработке ГПН для одноканальных систем управления преобразователями, так как из-за  $T_o$  сокращается интервал управления.

На вход ГПИ на операционном усилителе напряжение подается либо с мостового фазосдвигающего устройства, либо с блока синхронизации импульсов (БСИ). Для ограничения уровня напряжения и получения прямоугольной формы напряжения на выходе операционного усилителя применяется диодный ограничитель R1, VD1, VD2 (рис.6).



**Рисунок 6. Принципиальная электрическая схема ГПИ на операционном усилителе и временные диаграммы напряжений**

Параметры диодного ограничителя выбирают по амплитуде напряжения синусоидальной формы БСИ и по максимальному напряжению на входе операционного усилителя.

Конденсаторы  $C_1$ ,  $C_2$  емкостью 0,01 – 0,05 мкФ подключаются непосредственно в месте соединения выводов микросхемы с проводниками печатной платы для защиты от помех со стороны источника питания. Для защиты микросхемы от коротких замыканий в выходной цепи включается резистор  $R_2$  сопротивлением 100 – 150 Ом.

Выбор источников питания для блоков системы управления преобразователями выполняется после расчета и выбора элементов отдельных блоков системы управления, когда известны напряжение питания блоков  $U_n$ , потребляемый блоками ток  $I_n$ . В каждом источнике питания расчет начинают со стабилизатора напряжения, затем рассчитывают фильтр, после этого рассчитывают выпрямитель и выбирают диоды. Определяют действующее напряжение, действующий ток, полную мощность вторичной обмотки трансформатора.

#### **Список литературы:**

1. Астраханцев Л.А. Проектирование системы управления тиристорным преобразователем/ А.Л. Астраханцев, В.В. Макаров. – Иркутск: Изд-во ИрИИТ, 1997. - 99 с.
2. Рудых А.В. Энергосберегающее управление электрообогревом животноводческих помещений в условиях ограниченного потребления: дис. на соис. уч. степ. к.т.н. – Иркутск, 2009. – 172 с.

**Л.М. Рыбаков, Г.И. Миронов, А.В. Иванов**

Марийский государственный университет, Йошкар-Ола

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

**Аннотация:** совершенствование методов контроля изоляции электрооборудования высокого напряжения на основе высокочастотного зондирования. Рассмотрены вопросы контроля изоляции силовых трансформаторов используемых в настоящее время. Показаны присущие всем методам недостатки: существующие методы выявляют только распределенные дефекты по всему объему силового трансформатора и не выявляют сосредоточенные (местные) дефекты, которые являются признаком начала деградации изоляционной системы «твердый диэлектрик - масло». Большинство применяемых методов чувствительны к состоянию масла залитого в трансформатор, что затрудняет выявления дефектов в твердой изоляции. Контроль изоляции на действующих электроустановках существующими методами затруднен из-за влияния внешних электромагнитных полей генерируемых работающими высоковольтным оборудованием, расположенных рядом с контролируемым трансформатором. Предложен новый метод контроля изоляции на основе использования высокочастотного зондирования. С точки зрения контроля изоляции схема замещения обмотки силового трансформатора меняется при изменении частоты приложенного напряжения от 0 до  $\infty$  с учетом активного сопротивления, индуктивности и емкости. Разработано устройство контроля состояния изоляции позволяющее оценить как распределенные дефекты состояния катушки, так и сосредоточенные по слоям катушек

**Ключевые слова:** трансформатор, контроль изоляции, высокочастотное зондирование, тангенс угла диэлектрических потерь.

В настоящее время для оценки состояния силовых трансформаторов применяются многочисленные методы и средства: измерение сопротивления изоляции обмоток, коэффициента истинной абсорбции, метод «емкость – частота», метод «емкость – температура», метод «емкость – время», измерение тока разрядов, тангенса угла диэлектрических потерь, анализ растворенных в масле газов для диагностирования состояния изоляции силовых трансформаторов [1].

Однако все методы выявляют дефекты, распределенные по всему объему силового трансформатора, и не выявляют сосредоточенные (местные) дефекты, которые являются признаком начала деградации изоляционной системы «твердый диэлектрик – масло». С помощью наиболее распространенного метода оценки изоляции измерением тангенса угла диэлектрических потерь с использованием высоковольтных мостов Р-5026 и Вектор-2.0 М в какой-то мере можно выявить сосредоточенные дефекты при подаче высокого напряжения на контролируемый объект до  $2 U_n$ , но это усложняет процесс контроля [2].

Традиционные методы контроля требуют отключения трансформатора на период измерения и достаточно трудоемки и малоэффективны.

На основании анализа перечисленных способов диагностирования изоляции трансформаторов можно сделать следующие выводы:

Опыт профилактических проверок состояния изоляции свидетельствует о том, что методы, используемые в настоящее время, еще недостаточно эффективны и не удовлетворяют требованиям эксплуатации.

Существующие методы проверки изоляции (измерение  $\text{tg}\delta$ ,  $K_{\text{абс}}$ ,  $C_2/C_{50}$  и др.) не обнаруживают опасных ухудшений состояния изоляции, не чувствительны к ее старению, а в некоторых случаях ошибочно оценивают состояние изоляции.

Все рассмотренные методы ( $R_{60}/R_{15}$ ,  $C_2/C_{50}$ ,  $C_{\text{гор}}/C_{\text{хол}}$ ,  $K_{\text{и}}$ ,  $\Delta C_{\text{абс}}/C$ ) диагностирования изоляции основаны на использовании явления абсорбции. На абсорбционные характеристики изоляции, кроме увлажнения, влияет ряд факторов, например, температура, погрешность измерительной аппаратуры, затрудняющие определение состояния изоляции.

Существующие методы сложны и трудоемки, требуют привлечения к измерениям высококвалифицированных специалистов, а также отключения оборудования на период проверки.

Всем методам, кроме  $C_{\text{гор}}/C_{\text{хол}}$ , присуща зависимость результатов измерений от физико-химических показателей масла. Продукты разложения масла и твердой изоляции вносят большие погрешности при оценке состояния изоляции.

Многие методы подвержены влиянию электромагнитных полей, которые вносят значительные погрешности на результаты измерения.

Все существующие методы контроля состояния изоляции силовых трансформаторов базируются на оценке изменения критериев, прямо или косвенно отражающих изменение емкостных характеристик изоляции.

С точки зрения контроля изоляции схема замещения обмотки силового трансформатора меняется при изменении частоты приложенного напряжения от 0 до  $\infty$  по следующему алгоритму:

$$R \rightarrow RL \rightarrow RLC \rightarrow LC \rightarrow C, \quad (1)$$

где  $R$  – активное сопротивление утечки изоляции;  $L$  – индуктивность слоя катушки или всей обмотки;  $C$  – емкость изоляции.

Для элемента электрооборудования, схема замещения которого для частот 30–300 кГц представлена на рис. 1, общее сопротивление оценивается выражением:

$$z_{\text{вх}} = j\omega L + \frac{1}{j\omega C + \frac{1}{R + \frac{1}{r + \frac{1}{j\omega \Delta C}}}}, \quad (2)$$

где  $\omega$  – угловая частота;  $r$  – сопротивление фильтра;  $\Delta C$  – разность емкостей фильтра (рисунок 1).

Из формулы (2) видно, что входное сопротивление меняется от параметров  $\Delta C$  и  $r$ , определяющих состояние изоляции [3].

Значение первой слагаемой (2) (индуктивность) от состояния изоляции не меняется.

Второе слагаемое меняется в зависимости от состояния изоляции, а именно от ее увлажнения или старения. Причем ее значение зависит от изменения величин  $\Delta C$  и  $r$ , в частности, при увлажнении значение  $\Delta C$  увеличивается на порядок по отношению к изменению значения  $C_{\Gamma}$ .

Следовательно, контроль состояния изоляции можно производить по замерам полного входного сопротивления элементов электрооборудования или по

производным величинам, например, по напряжению или току на входном сопротивлении.

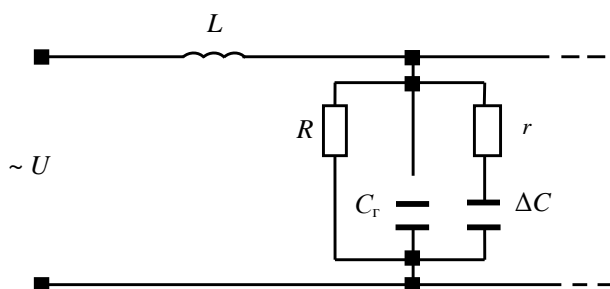


Рисунок 1. Упрощенная схема замещения обмотки

Схема (рис. 1) состоит из контура RLC. Собственная частота этого контура:

$$f_{\text{соб}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C_{\omega}}}, \quad (3)$$

где  $C_{\omega} = C_r + \frac{\Delta C}{1 + \omega^2 T}$ ;  $T = \Delta C \cdot r$ ;  $C_r$  – геометрическая емкость.

Изменение собственной частоты данной схемы замещения электрооборудования зависит от величин  $\Delta C$  и  $r$ .

При  $\omega \rightarrow \infty$  эквивалентная емкость  $C_{\omega} \rightarrow C_r$ .

При увлажнении изоляции  $\Delta C$  возрастает чем  $C_r$  при этом  $r$  и собственная частота уменьшаются.

Изоляцию объекта можно считать диэлектриком условного электрического конденсатора, а контроль параметров изоляции сводится к наблюдению за изменением характеристик этого конденсатора [4].

Если материал изоляции отвечает требованиям эксплуатации, то соответствующая собственная частота является опорной, относительно которой сравнивается последующее отклонение собственной частоты вследствие изменения состояния изоляции, т.е.  $\Delta C$  и  $r$ . Для обоснования диагностических признаков состояния внутренней изоляции силовых трансформаторов схема замещения при исследовании на частотах до  $10^3$  кГц, близких к собственной частоте слоевой катушки, представляется матричной формой, состоящей из элементарных контуров RLC (рисунок 2), как для элемента изоляции аналогично рис. 1 [4].

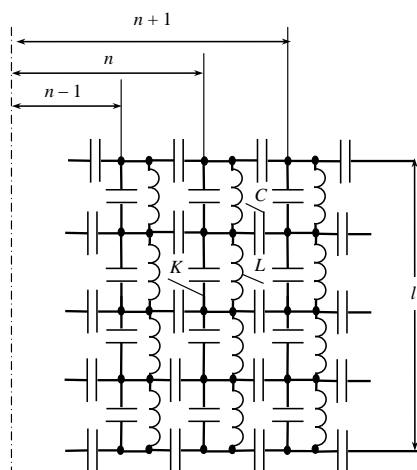


Рисунок 2. Схема замещения для слоевой обмотки трансформатора:



**L – витковая индуктивность; К – витковая емкость одного слоя; С – витковая емкость между слоями; n – число слоев**

Значения индуктивности L и емкостей К и С определяются геометрическими размерами конструкции витка, слоя, катушки или в целом обмотки. Основными составляющими геометрических размеров конструкции являются радиус и высота витка, слоя, катушки. Если преобразовать полные схемы замещения обмотки, состоящей из элементарных контуров LC, и свести ее к каскадам четырехполосников, то каждый из них будет несимметричным, поскольку для каждого четырехполосника индуктивности и емкости определяются следующими функциями:

$$L = F_1(x), C = F_2(x; \varepsilon_{г.эКВ}), K = F_3(l; \varepsilon_{г.эКВ}). \quad (4)$$

где  $x$  – радиус витка, слоя, катушки;  $l$  – высота витка, катушки, обмотки;  $\varepsilon_{г.эКВ}$  – диэлектрическая проницаемость жидкой и твердой составляющих изоляции (масло, текстолит, гетинакс, целлюлоза, дерево), которая постоянна для одного из состояний изоляции.

Диэлектрическая проницаемость зависит от температуры  $t^{\circ}\text{C}$ , влажности  $W\%$  и критерия  $m$ , определяющего фактор старения (окисления) изоляции:

$$\varepsilon_{г.эКВ} = F_4(t^{\circ}\text{C}; W\%; m), \quad (5)$$

что связано с появлением свободных химических соединений (щелочей, высоко- и низкомолекулярных кислот, солей), а также с изменением молекулярного строения материала твердой и жидкой изоляции, старением твердой изоляции и появлением в масле продуктов их старения.

При постоянной температуре активной части силового трансформатора емкостные параметры витка, слоя, катушки и в целом обмотки находятся в зависимости от увлажнения и старения изоляции:

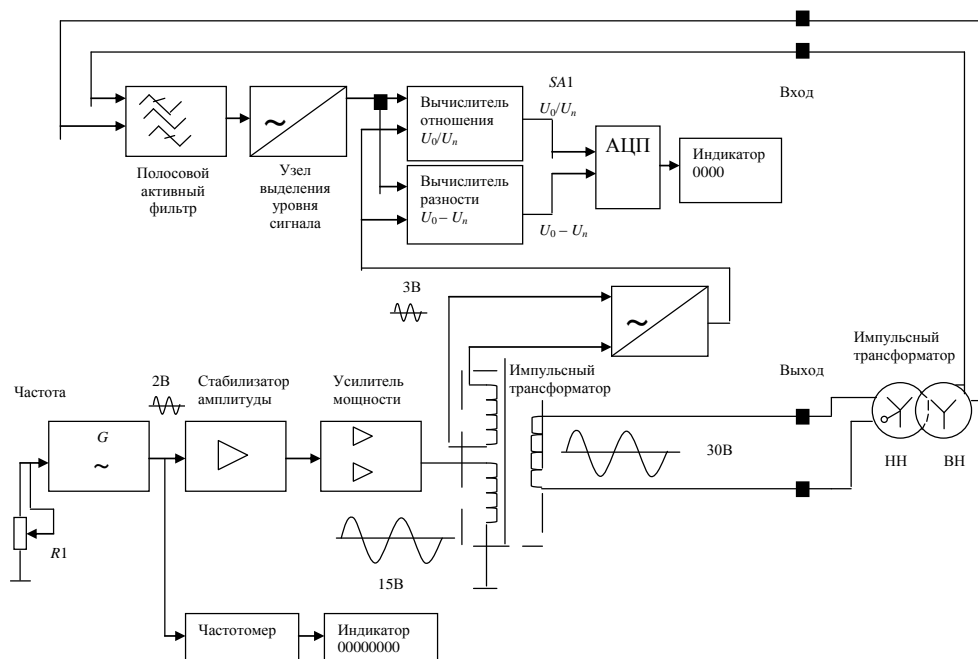
$$C = F_5(W\%; m), K = F_6(W\%; m). \quad (6)$$

Обмотки трансформатора представлены слоями, катушками и слоями катушек с постоянной индуктивностью и переменной емкостью, поэтому емкость является одним из основных критериев, определяющих состояние изоляции. Отсюда следует, что каждому слою витков, слою катушек или отдельных катушек соответствуют собственные частоты.

По результатам исследований амплитудно – частотных характеристик (АЧХ), снятых при различных состояниях внутренней изоляции, определены требования к техническим устройствам диагностирования и принципу построения функциональной схемы. Принцип построения схемы устройства диагностирования может быть определен по результатам исследования возможных критериев оценки состояния изоляции [5].

Критерий оценивания состояния изоляции основан на измерении разности напряжений  $\Delta U$  и коэффициента передачи  $k$  высокочастотного сигнала, поданного на обмотку низшего напряжения и снятого с обмотки высшего напряжения диагностируемого силового трансформатора.

Структурная схема устройства диагностирования состояния изоляции (УДСИ-1), осуществляющего диагностирование изоляции при снятом рабочем напряжении по разности напряжений и коэффициенту передачи, приведена на рисунке 3.



**Рисунок 3. Структурная схема устройства диагностирования УДСИ-1**

Данный способ диагностирования позволяет определить распределенные дефекты и дефекты, сосредоточенные по слоям обмоток [6].

**Выводы.** 1. Предложен метод диагностирования изоляции обмоток силовых трансформаторов 10/0,4 кВ при их увлажнении, позволяющий выявить распределенные и сосредоточенные дефекты по слоям обмоток.

2. Лабораторные исследования и полевые испытания подтвердили правильность теоретических выводов, позволили определить критерии оценки состояния внутриобмоточной изоляции силовых трансформаторов по изменению параметров АЧХ, а также технические требования к УДСИ.

3. Метод диагностирования на основе изменения параметров АЧХ более чувствителен к изменению состояния изоляции по сравнению с традиционными методами, позволяет выявлять дефекты на ранней стадии их возникновения, предотвращать развитие аварий, сокращать время диагностирования, снизить затраты на ремонтно-восстановительные работы и требования к квалификации персонала.

4. Обоснованы конструктивные параметры устройства диагностирования состояния обмоток силовых трансформаторов.

5. Результаты сравнения экспериментальных исследований по контролю изоляции силовых трансформаторов традиционными методами и с помощью разработанных устройств показали большую чувствительность к дефектам в начальной стадии их возникновения.

#### Список литературы:

1. Рыбаков Л.М., Анчарова Т.В., Ахметшин Р.С. Диагностирование силовых трансформаторов I и II габаритов напряжением 10/0.4 кВ под рабочим напряжением с использованием частотных характеристик // Вестник МЭИ. 2003. № 3. С. 39–48.
2. Рыбаков Л.М., Ахметшин Р.С. Технические средства диагностирования силовых трансформаторов 10/0,4 кВ на основе частотных характеристик // Электричество. 2005. № 5. С. 20–26.
3. Рыбаков Л.М., Макарова Н.Л. Критерии оценки состояния изоляции силовых трансформаторов, эксплуатируемых в России // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы междунар. науч.-техн. конф. Саратов: КУБиК, 2010. С. 214–218.

4. Рыбаков Л.М., Макарова Н.Л. Обоснование диагностических признаков силовых трансформаторов // *Агроинженерия: Вестник Московского государственного агроинженерного университета им. В.П. Горячкина*. 2010. Вып. 2 (41). С. 22–24.
5. Рыбаков Л.М., Иванова З.Г. Исследование резонансных частот силовых трансформаторов при моделировании увлажнения и витковых замыканий для обоснования диагностических признаков оценки состояния обмоток // *Итоги науки: избр. тр. междунар. симпозиума по фундаментальным и прикладным проблемам науки*. М.: РАН, 2013. Т. 1. С. 114–128.
6. Рыбаков Л.М., Иванова З.Г., Макарова Н.Л., Парубец А.М. О методах диагностирования изоляции силовых трансформаторов // *Оралдың ғылым жаршысы (Уральский научный вестник)*. Сер. Технические науки. 2014. № 21(100). С. 34–42.

**РЫБАКОВ ЛЕОНИД МАКСИМОВИЧ** – доктор технических наук, профессор кафедры электроснабжения и технической диагностики, Марийский государственный университет, Россия, Йошкар-Ола ([diagnoz@marsu.ru](mailto:diagnoz@marsu.ru)).

**МИРОНОВ ГЕННАДИЙ ИВАНОВИЧ** – доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры физики и методики обучения физике, Марийский государственный университет, Россия, Йошкар-Ола.

**ИВАНОВ АЛЕКСАНДР ВИКТОРОВИЧ** – аспирант кафедры электроснабжения и технической, Марийский государственный университет, Россия, Йошкар-Ола ([t1990t@mail.ru](mailto:t1990t@mail.ru)).

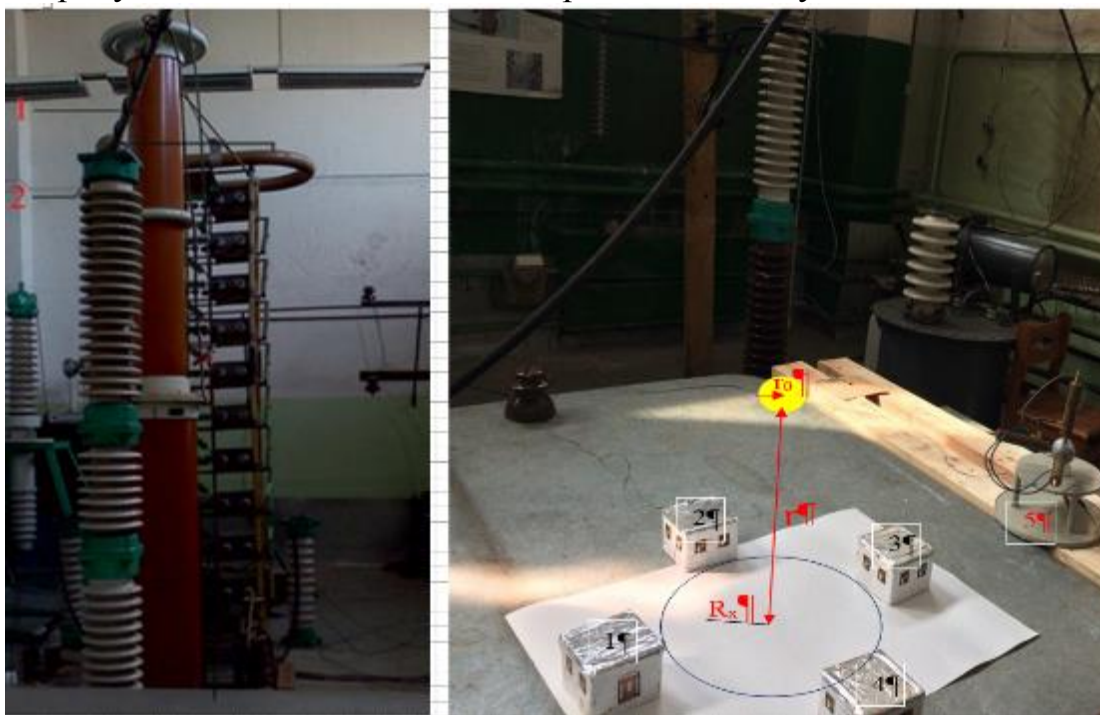
*Л. М.Рыбаков, С. В. Ласточкин, Н.В.Мухамадшин, С.И. Лекомцев*  
*Марийский государственный университет, Йошкар-Ола*

## **ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВОЗДЕЙСТВУЮЩИХ ФАКТОРОВ НА ОРИЕНТАЦИЮ ЛИДЕРА МОЛНИИ ПРИ ПОРАЖЕНИИ ЗАЩИЩАЕМЫХ ОБЪЕКТОВ**

**Ключевые слова:** Лидер молнии, модель грозового разряда, планирование эксперимента, радиус стягивания, воздействующие факторы, ориентация лидера молнии.

В данной работе проведены предварительные лабораторные исследования поведения лидера в длинном искровом промежутке в зависимости от высоты его ориентировки на защищаемые объекты. При исследовании использовались следующие приборы: для моделирования лидера «молнии» – генератор импульсных напряжений ГИН-800 кВ, для определения влажности и скорости ветра – testo 410-2, для измерения положительных и отрицательных ионов, а так же их соотношения – счетчик аэроионов малогабаритный МАС-01, который позволял учитывать наличие отрицательных ионов генерируемых специальными электродами, которые являются предвестниками для формирования лидера «молнии».

На рисунке 1 показана схема экспериментальной установки.



**Рисунок 1 – Схема проведения эксперимента по выявлению воздействующих факторов: на рисунке показаны защищаемые объекты (макеты домов №1, №2, №3, №4), установка для увлажнения воздуха, вентилятор с регулируемой скоростью, установка для ионизации воздуха (5).**

В таблице 1 приведены напряженности электрического поля при напряжении  $U$  на искровом промежутке 700 кВ при расстояниях  $3h$ ,  $5h$  и  $7h$  определенного по формуле  $E_r = \frac{r_0 U}{r^2}$ ;

где  $r_0$  – радиус выковольтного электрода в виде сферы ( $r_0=25$  мм);  
 $r$  – расстояние от центра сферы  $r_0$  до испытательной площадки.

**Таблица 1 – Зависимость напряженности электрического поля от высоты защищаемого объекта.**

Высота (см)	Напряженность электрического поля (кВ/см)
3h=24 см	2,59
5h= 40 см	1,01
7h=56 см	0,53

В качестве основных воздействующих факторов были приняты: скорость ветра ( $X_1$ ), влажность воздуха ( $X_2$ ). Высота ориентировки «лидера молнии» ( $r$ ) ориентировалась в зависимости от высоты ( $h$ ) защищаемых объектов и принималась равной  $3h$ ;  $5h$ ;  $7h$ , при учете  $h=8$  см. Результаты лабораторных исследований показали, что при высоте ориентировки лидера молнии  $3h$ - $5h$  защищаемые объекты не поражались, а разряды происходили на поверхность экспериментального стенда с небольшим разбросом на поверхности. При высоте ориентировки «лидера молнии»  $7h$  имело место поражения в единственный заземленный дом установленный на экспериментальной площадке (во всех случаях). Наиболее влияющими факторами на поражаемость защищаемых объектов служили  $X_1 X_2$  при высоте ориентировки лидера молнии  $7h$ . Результаты проведенных экспериментов приведены в таблице 2.

**Таблица 2 – Результаты планированного эксперимента**

Факторы	Интенсивность воздействия факторов	Высота лидера молнии (см)	Выводы	
			Максимальный радиус поражения $R_x$ , см опыта №1/№2/№3	Место повреждения опыта №1/№2/№3
1	2	3	4	5
Без факторов		24 (3h)	6,8/4,5/7	Земля/земля/земля
		40 (5h)	23,5/22,5/16	Земля/земля/земля
		56(7h)	24/24/24	Все удары в заземленный дом
Скорость ветра (м/с)	1	24 (3h)	10,5/10,5/8,5	Земля/земля/земля
		40 (5h)	8,5/5,2/4,8	Земля/земля/земля
		56(7h)	24/24/24	Все удары в заземленный дом
	2	24 (3h)	8,6/7,8/5,3	Земля/земля/земля
		40 (5h)	6,8/7,5/3,2	Земля/земля/земля
		56(7h)	24/24/24	Все удары в заземленный дом
	3	24 (3h)	4,4/3,8/4,5	Земля/земля/земля
		40 (5h)	14,4/24/24	Земля/ дом/ дом
		56(7h)	24/24/24	Все удары в заземленный дом
4		24 (3h)	7,8/7/6,7	Земля/земля/земля

Факторы	Интенсивность воздействия факторов	Высота лидера молнии (см)	Выводы	
			Максимальный радиус поражения $R_x$ , см опыта №1/№2/№3	Место повреждения опыта №1/№2/№3
1	2	3	4	5
		40 (5h)	8,3/7,8/7,4	Земля/земля/земля
		56(7h)	24/24/24	Все удары в заземленный дом
		8	24 (3h)	24/5,5/6
	40 (5h)		11,3/8,2/6,2	Земля/земля/земля
	56(7h)		24/24/24	Все удары в заземленный дом
	12	24 (3h)	24/24/24	Все удары в заземленный дом
		40 (5h)	10,7/8,5/5,4	Земля/земля/земля
		56(7h)	24/24/24	Все удары в заземленный дом
	Скорость ветра (м/с) и Влажность (г/м <sup>3</sup> )	1/4	24 (3h)	4/5/5,5
2/8		40 (5h)	7/9/10	Земля/земля/земля
3/12		56(7h)	24/24/24	Все удары в заземленный дом

Примечание: В период проведения исследований воздух в экспериментальной площадке ионизировался с использованием специального электрода отрицательными ионами. Отношение положительных и отрицательных ионов (N+N-) поддерживался на уровне 0,5, что соответствует насыщению атмосферного воздуха в предгрозовом периоде.

На рисунке 2 представлен трехмерный график 2-х факторного эксперимента  $X_1$  и  $X_2$  при высоте ориентировки лидера молнии равную 7h

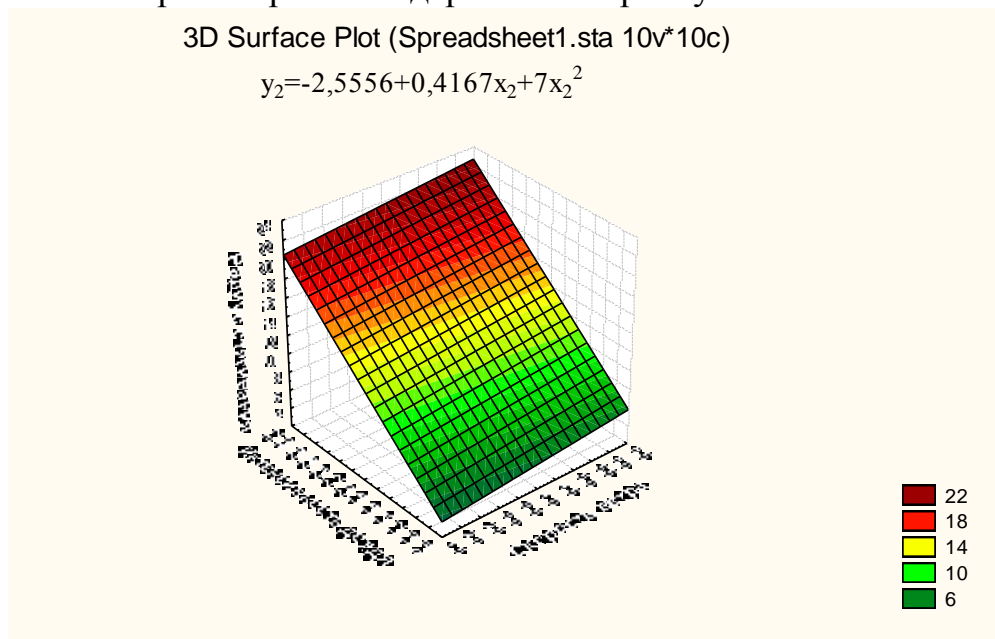


Рисунок 2 – Результат эксперимента по влиянию факторов  $X_1X_2$  при 7h.

Данные наблюдений по РМЭ показали более частое поражение объектов, расположенных вблизи зон водоемов, где формируется значительное количество

отрицательно заряженных частиц над поверхностью водоема и которые переносятся посредством перемещения воздушных масс из-за воздействия ветра. Данная зависимость совместного воздействия ветра и влаги прослеживается и в результатах лабораторных экспериментов.

По результатам проведенных исследований можно дать следующие рекомендации:

1. Наличие внешней металлической облицовки и крыши зданий при отсутствии заземления способствует формированию встречных лидеров и поражению объектов.

2. Для комплексной защиты объектов в сельской местности необходимо все металлические части здания (крыши, конструкции, антенны и т.д.) объединить в одну систему молниезащиты соединенной с заземляющими устройствами.

3. Необходимо проведение дальнейших исследований по защите объектов расположенных в сельской местности с использованием многофакторного эксперимента для определения радиуса стягивания лидера молнии на поражаемой поверхности с учетом интенсивности дождя, скорости ветра, а так же с учетом интенсивности грозовой активности для исследуемых регионов.

4. Для создания эффективной молниезащиты расположенных в сельской местности необходимо сочетание системы внешней и внутренней молниезащиты, т.к объекты в сельской местности не экранированы высотными инженерными сооружениями и конструкциями что характерно для сооружений расположенных в городах и поселках городского типа.

#### Список литературы:

1. *Базелян Э.М.* Осторожно, молния! / Э.М. Базелян. – М.: Спорт и культура - 2000, 2012. – 160 с.
2. *Базуткин В.В., Ларионов В.П., Пинталь Ю.С.* Техника высоких напряжений: Изоляция и перенапряжения в электрических системах: учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1986. - 464с
3. *Карякин Р.Н.* Справочник по молниезащите / Р.Н. Карякин. – М.: Энергосервис, 2005. – 879 с.
4. *Кужекин И.П., Ларионов В.П., Прохоров Е.Н.* Молния и молниезащита // Москва.; Знак, 2003
5. РД 34.21.122-87 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений». / ГНИЭИ им. Кржижановского, 1987.
6. *Рыбаков Л.М.,* Изоляция и перенапряжения: учебное пособие / *Мар.гос.ун-т; Рыбаков Л.М., Макарова Н.Л.-Йошкар-Ола, 2013. – 320 с.*
7. *Харечко В.Н.* Рекомендации по молниезащите индивидуальных жилых домов, коттеджей, дачных домов / В.Н. Харечко. – М.: Энергосервис, 2002. – 176 с.

**Н.А. Саттарова, В.Г. Гольдштейн**

*Самарский государственный технический университет, г. Самара*

## **ОБ ИСПЫТАНИЯХ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ С ИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА**

В энергоснабжении АПК в настоящее время широко применяются кабельные линии (КЛ) с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ). Вопросы об испытаниях диктуются требованиями эксплуатации и регулируются директивными документами [1, 2]. Они имеют важное значение, поскольку от их корректного выполнения в большой мере зависит техническое состояние КЛ и, следовательно, аварийность, риски отказов и в целом надежность электрических сетей и систем электроснабжения [3, 4]. Несмотря на значительный накопленный опыт, по поводу методов проведения этих испытаний и испытательных параметров существуют различные мнения. Поэтому, ниже приводятся согласованные и обоснованные опытом эксплуатации рекомендации и, в частности, испытательные напряжения для кабелей 10 кВ с изоляцией из СПЭ после прокладки. Такое испытание обеспечивает контроль прокладки и качества монтажа кабельной арматуры, а в дальнейшем нормальные условия эксплуатации КЛ.

Инструкцией на кабели 6/10 кВ с СПЭ изоляцией рекомендованы испытания: – переменным напряжением частотой 0,1-400 Гц в течение 15 мин – 30 кВ; – переменным напряжением частотой 50 Гц в течение 24 ч – 10 кВ; – постоянным напряжением в течение 15 мин – 60 кВ. По мнению авторов, испытание этих кабелей постоянным напряжением крайне нецелесообразно.

Не менее важны также вопросы испытания изоляции оболочки кабелей постоянным напряжением, приложенным к отсоединенным от земли экранам и землей: для кабелей с оболочкой из полиэтилена – 5 кВ в течение 1 мин; для кабелей с оболочкой из ПВХ – 3 кВ в течение 1 мин. Мнение авторов относительно испытания постоянным напряжением остается в силе и для этого случая.

Допускается испытание переменным напряжением промышленной частоты в течение 24 часов для кабеля 10 кВ - 10 кВ, для кабеля 20 кВ - 20 кВ, для кабеля 35 кВ - 35 кВ, а также постоянным напряжением в течение 15 минут для кабеля 10 кВ - 60 кВ, для кабеля 20 кВ - 80 кВ и для кабеля 35 кВ - 120 кВ. Оболочка кабеля должна быть испытана постоянным напряжением 10 кВ, приложенным между металлическим экраном и заземлителем в течение 10 минут. Профилактических испытаний завод-изготовитель не требует.

Обычно при реализации кабелей производителем Заказчику передается «Инструкция по эксплуатации кабелей с изоляцией из СПЭ», например, на напряжение 10 кВ ИЭ-1-К10, в которой в разделе «3. Испытание кабельных линий ...» предписываются объемы и нормы испытаний КЛ. В разделе 3.1. «Испытание КЛ» в пункте 3.1.1 говорится о том, что КЛ после прокладки и монтажа должны быть испытаны постоянным напряжением 60 кВ в течение 10 мин. Оболочка кабеля после прокладки должна быть испытана постоянным напряжением 10 кВ в течение 10 мин. Там же отмечается, что по согласованию с изготовителем кабеля допускается проведение испытаний КЛ напряжением низкой частоты. Далее в работе изложена точка зрения авторов по испытаниям кабелей с изоляцией из СПЭ.



Директивные документы по нормам испытаний [1] составлены АО «Фирма ОРГРЭС» и утверждены РАО «ЕЭС России». Для силовых КЛ с бумажно-пропитанной изоляцией установлены нормы испытаний постоянным напряжением до 10 кВ включительно  $6 \cdot U_{\text{ном}}$ , для кабелей на 20 и 35 кВ -  $5 \cdot U_{\text{ном}}$ . Для КЛ с пластмассовой изоляцией такие же нормы, как и для КЛ с бумажной изоляцией: для КЛ с рабочим напряжением 6 и 10 кВ -  $6 \cdot U_{\text{ном}}$ , для 20 и 35 кВ -  $5 \cdot U_{\text{ном}}$ .

В отечественных энергосистемах кабельные сети состоят на  $95 \div 99\%$  из КЛ с бумажно-пропитанной изоляцией с вязкой пропиткой на средние напряжения до 35 кВ включительно, а КЛ напряжением 110  $\div$  500 кВ - маслонаполненные с бумажно-масляной изоляцией. Все неприятности заключаются в том, что КЛ существенно состарились, в большинстве случаев они отработали свой срок службы и продолжают еще работать. Профилактические испытания по этим нормам в эксплуатации приводят к тому, что КЛ пробиваются в момент проведения испытаний, а если их не проводить, то КЛ продолжают работать.

Реагируя на сплошные потоки жалоб, просьб и предложений от работников ЭССЭ изменить жесткие требования при проведении профилактических испытаний, РАО «ЕЭС России» ослабили жесткие требования.

Так, при испытании КЛ, которые проработали 15 лет и более, испытательное напряжение изменяется: для КЛ напряжением до 10 кВ включительно с 6 до  $4 \cdot U_{\text{ном}}$ ; для кабелей напряжением 20 и 35 кВ с  $5 \cdot U_{\text{ном}}$  до  $4 \cdot U_{\text{ном}}$ . Время испытаний кабелей изменяется с 10 мин до 5 мин. Все это должно быть оформлено документально распоряжением технического руководителя для каждой КЛ.

Это несколько облегчило положение в эксплуатации КЛ, однако принципиально не изменило ситуацию. Дело в том, что, когда выбирали объемы и нормы испытаний КЛ, тогда состаренные КЛ своевременно меняли и они не доходили до такого состояния, которое наблюдается сейчас (часто количество муфт на распределительных КЛ доходит до 15 и более на 1 км длины).

Поэтому необходима обоснованная оценка физических процессов в электрической изоляции кабелей при испытании их постоянным напряжением. В кабельной бумажной или пластмассовой изоляции имеется большое количество технологических дефектов (имеют место также названия: дислокации, ловушки и др.) различных по размеру и по глубине залегания, соответственно, глубокие, средние и мелкие. В электрическом поле они захватывают носители зарядов (электроны, ионы) и заряжаются, образуя объемные заряды. При этом практически их количество, величину зарядов и глубину залегания определить невозможно. Объемные заряды в ловушках образуются только при постоянном напряжении. Они резко искажают электрическое поле по сравнению с результатами при математическом моделировании поля между жилой и экраном (оболочкой). Это резко искаженное электрическое поле при повышенном испытательном напряжении приводит к пробое изоляции даже при кратковременном приложении напряжения (5  $\div$  10 мин.). Можно констатировать, что это - истинная причина пробоя КЛ, состаренных при профилактических испытаниях.

При переменном напряжении объемные заряды в дефектах изоляции не возникают. Но эти испытания проводятся только на заводах-изготовителях, так как испытательные трансформаторы, способные перезарядить КЛ 50 раз в секунду имеют большую мощность и массу 20  $\div$  30 тонн. Поэтому в полевых условиях испытания возможны только на постоянном напряжении. При этом КЛ используется однополупериодное выпрямление, перезарядки, как таковой нет, как нет и сглаживающих конденсаторов, поскольку КЛ имеет большую емкость.

Но «жесткое» испытание КЛ постоянным напряжением приводит к образованию объемных зарядов в дефектах СПЭ, которые резко искажают электрическое поле в изоляции, и создает условия для ее пробоя. Если он и не произошел сразу в период испытания, то существенно ухудшил СПЭ изоляцию, что далее инициирует пробой в процессе эксплуатации или при следующем профилактическом испытании. Это приводит к противоречию с [1, 2], где говорится о необходимости выбирать такое испытательное напряжение, которое не приводит к старению изоляции кабелей во время испытаний.

В инструкции по эксплуатации кабелей с изоляцией из СПЭ на напряжение 10 кВ ИЭ-1-К10 говорится: «По согласованию с изготовителем кабеля допускается проведение испытаний КЛ напряжением низкой частоты».

Термин «допускается», принятый в данном документе, *принципиально расходится с единственно возможным способом испытаний таких КЛ только напряжением сверхнизкой частоты (СНЧ) 0,1 или 0,01 Гц.* Эти испытания они называют «нежными», так как в момент проведения испытаний напряжение не оказывает существенного воздействия на изоляцию КЛ, не возникают объемные заряды в ловушках и, если пробивается изоляция КЛ, то действительно только ослабленная. Практика проведения испытаний показала, что испытания напряжением СНЧ надежно выявляют места повреждения изоляции в КЛ и не вызывают в них новые повреждения.

Немецкая фирма «Надепик» изготавливает по индивидуальному заказу и применяет установки для испытания КЛ переменным током частотой 0,1 Гц. Такая установка СНЧ (0,1 Гц) приобретена для кабельной сети Ленэнерго для испытаний КЛ 10 кВ. Стоимость - 1,6 млн. руб., масса - 30 кг. Она снабжена персональным компьютером с программным управлением. С ее помощью успешно проведены испытания значительного количества КЛ в кабельной сети Ленэнерго. Положительные результаты испытаний и успешная эксплуатация КЛ подтверждают целесообразность широкого применения этого метода.

**Выводы.** Испытания постоянным напряжением КЛ с изоляцией из СПЭ являются одной из существенных причин их выхода из строя. Подтверждением этого является проведение в одной из энергосистем по настоянию технадзора таких испытаний в качестве очередных профилактических для трех КЛ СПЭ напряжением 10 кВ. Отрицательных результатов в процессе испытаний на постоянном токе не было, но в течение 6 месяцев эти КЛ вышли из строя из-за пробоев.

Следует категорически запретить испытания КЛ с изоляцией из СПЭ постоянным напряжением, что полностью соответствует технической документации и рекомендациям заводов - изготовителей.

#### **Список литературы:**

1. РД 34.45-51.300-97. Объем и нормы испытаний электрооборудования / -М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2-е изд. с изм., 2002.
2. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. РД 34.20-501-95. -М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002. 15 издание с изменениями, утвержденными Минтопэнерго России 11.02.2000 и 17.02.2000.
3. Копырюлин П.В., Гольдштейн В.Г., Севостьянова О.М. О проблемах обеспечения электромагнитной совместимости при передаче перенапряжений в электроустановках 0,4 ÷ 35 кВ // Вестник СамГТУ. – 2013. №1. с. 180-191.
4. Копырюлин П.В., Гольдштейн В.Г., Засыпкин И.С. Электромагнитная совместимость при передаче перенапряжений в электроустановках 0,4-35 кВ // Межд. конф. «Инженерная поддержка инновации и модернизации». – Екатеринбург, –2010. Вып. 1. с. 162-165.

**А.С. Сероветников**

*Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, п. Паратунка.*

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ГЕОМАГНИТНО-ИНДУЦИРОВАННЫХ ТОКОВ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ.**

***Аннотация.** Предложен способ мониторинга ГИТ в электроэнергетических системах основанный на анализе высших гармоник напряжения сети. Выполнено моделирование ГИТ на участке электросети Камчатского края. Результаты моделирования сопоставлены с данными измерения в электросети США в схожих геомагнитных условиях.*

**Введение.** Современные электроэнергетические системы (ЭЭС), вследствие усложнения их структуры становятся все более уязвимыми к внешнему воздействию. Кроме того растущие требования к надежности и бесперебойному функционированию ЭЭС так же требуют повышенного внимания к данной проблеме. Одним из факторов воздействия для наземных протяженных токопроводящих систем являются геомагнитно-индуцированные токи (ГИТ). ГИТ обусловлены солнечно-земными связями: взаимодействие магнитосферы с потоком солнечного ветра приводит к формированию на поверхности земли медленно меняющегося во времени электрического поля. Вектор напряженности этого поля имеет преимущественно меридиональное направление. Между заземленными точками нейтралей силовых трансформаторов возникает ЭДС. На протяженных линиях электропередач с длиной 400-500 км ЭДС может достигать нескольких киловольт [1], по сетям начинают протекать квазипостоянные ГИТ. Протекание данных токов по элементам ЭЭС приводит к сбоям в их работе. Имеют место насыщение и выход из строя трансформаторов, ложные срабатывания систем защиты, разрушение батарей конденсаторов и т.д.

Известен ряд аварий в электросетях, причиной возникновения которых являются ГИТ. Наиболее серьезным является событие, произошедшее в провинции Квебек, Канада. 13 марта 1989 года мощная магнитная буря вызвала геомагнитно-индуцированные токи, которые вывели из строя электросеть региона. Электроснабжение было восстановлено лишь спустя 9 часов, а на устранение всех последствий потребовалось несколько недель. При этом все технологические параметры электросети находились в пределах нормы, и ничего не предвещало развития аварийных процессов.

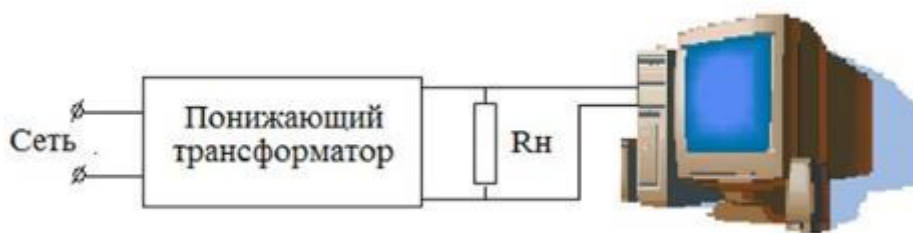
### **Способ мониторинга ГИТ в электроэнергетических системах**

В настоящее время, как за рубежом, так и в нашей стране проводится работа по организации мониторинга ГИТ в технологических системах. В случае ЭЭС задача существенно упрощается, поскольку геомагнитно-индуцированные токи протекают через заземленные нейтрали. Исходя из этого, в мировой практике, в основном применяется подход, основанный на анализе тока в нейтрали [2,3]. Од-

нако применение такого подхода сопряжено с рядом трудностей. Основной проблемой является необходимость использования дорогостоящего оборудования, установка которого не требует выключения оборудования ЭЭС. С учетом того, что система мониторинга должна функционировать непрерывно в течении длительного времени, возникают проблемы экономического и административного характера.

Анализ ситуации, повлекшей катастрофические последствия в Канаде, привёл к установлению определённой последовательности в развитии событий: попав через линии электропередач в систему энергоснабжения, геомагнитно-индуцированные токи протекают через нейтраль и обмотки силовых трансформаторов. Основное их отличие от промышленного тока заключается в частоте – она меньше герца. У промышленного тока частота 50 Гц в нашей стране и 60 Гц в США, т.е. геомагнитно-индуцированный ток, по сравнению с промышленным, практически является постоянным. При протекании такого тока через трансформатор происходит подмагничивание сердечника и при достаточно большой величине тока переход его в нелинейный режим. Этот переход приводит к увеличению уровня высших гармоник сети, они в свою очередь ухудшают диэлектрические свойства изоляционных материалов входящих в состав трансформатора. Вследствие увеличения диэлектрических потерь происходит локальный перегрев, последующий виток ухудшения диэлектрических свойств и, в конце концов, выход из строя трансформатора без всяких видимых причин.

Поскольку на одном из этапов развития процесса происходит увеличение уровня гармоник, логично использовать эту аномалию в качестве источника информации. В основу предлагаемого подхода положен спектральный анализ напряжения электрической сети. Общая схема устройства для изучения спектрального состава напряжения показана на рисунке 1.



**Рисунок 1**

Напряжение сети через понижающий трансформатор, поступает на вход звуковой платы компьютера. Коэффициент трансформации выбирается таким образом, чтобы напряжение на сопротивлении нагрузки было ниже максимального входного напряжения звуковой платы, что обеспечивает отсутствие искажений при записи. Запись осуществляется с частотой дискретизации 44 кГц интерва-

лами по 30 минут. Анализ проводится для гармоник с первой по девятую, поскольку, как показали предварительные измерения, гармоники от 9 до 40 составляют порядка 1,5% и существенного влияния на точность измерения не имеют.

Для проверки применимости звуковой карты в качестве измерительного прибора выполнено исследование искажения эталонного сигнала. В качестве источника выступал генератор низкочастотных сигналов ГЗ-112/1, параметры сигнала контролировались осциллографом С1-77 (Рисунок 2). Осциллограмма и спектр эталонного сигнала частотой 50 Гц представлены на рисунке 3. Как видно из рисунка искажение отсутствует. Эксперимент показал, что в случае если амплитудное значение сигнала не превышает 2.4 В, то искажение отсутствует. В нашем случае, благодаря выбору коэффициента трансформации, уровень сигнала не превышает 1 В.

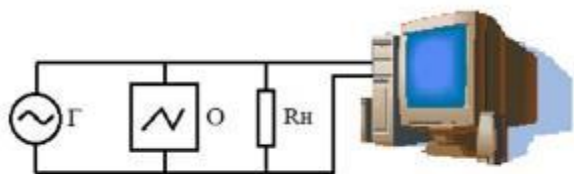


Рисунок 2

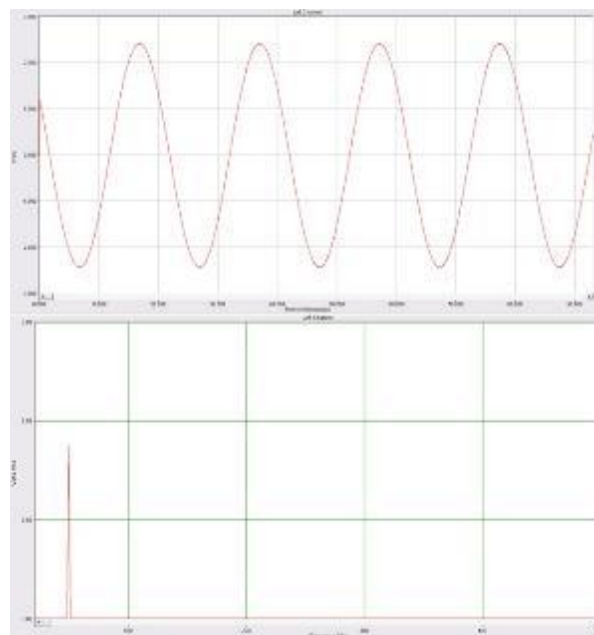


Рисунок 3

Полученные значения высших гармоник напряжения сети нормируются относительно основной и сопоставляются с вариациями магнитного поля Земли.

Преимущество такого подхода состоит в простоте способа измерения уровня гармоник, а так же отсутствии привязки к точке включения измерительного оборудования, как в случае с наблюдениями в нейтрали трансформаторов. Отсутствует потребность в дорогостоящем оборудовании, которое полностью может быть заменено персональным компьютером, одновременно служащим инструментом измерения, сбора и обработки информации. Включение оборудования в электросеть может производиться в любой точке, упрощая процесс размещения пунктов наблюдения и расширяя гибкость и мобильность наблюдательной сети. Кроме того, при долгосрочных исследованиях с применением данного подхода может решаться ряд дополнительных задач, таких как контроль параметров качества электроэнергии, сбор статистики проявления различных событий природного и техногенного характера в гармониках сети и пр.



С 2011 года начата реализация данного подхода в электросети Камчатского края. Развернута сеть из трех пунктов наблюдения, отличающихся условиями нагрузки на силовые трансформаторы и конфигураций питающих линий (рисунок 4). Для реализации сопоставления уровня гармоник и вариаций вектора геомагнитного поля используется корреляционный анализ. Значения коэффициента корреляции по трем пунктам наблюдения, находящимся в г. Петропавловск-Камчатский, п. Паратунка и п. Усть-Большерецк, представлены на рисунке 5. Как видно из рисунка корреляция принимает достаточно высокие значения.

Исследование топологических особенностей отдельных магистралей электросети показало, что в случае развития мощных геомагнитных возмущений, наиболее вероятным участком проявления ГИТ станет магистраль г. Петропавловск-Камчатский – п. Рыбачий (рисунок 4) [4].



**Рисунок 4.**

#### **Моделирование ГИТ в линии г. Петропавловск-камчатский – п. Рыбачий**

Если обратиться к конфигурации линий электросети (рисунок 4), то можно обнаружить существенное различие в топологии двух основных магистралей. Участок г. Петропавловск-Камчатский – п. Рыбачий сосредоточен вокруг Авачинской бухты и в первом приближении образует рамку. В этом случае вертикальная составляющая магнитного поля Земли формирует в ней ЭДС индукции, которая определяется законом электромагнитной индукции:

$$\xi_{\text{ГИТ}} = \frac{dBS}{dt} \quad (1),$$

что эквивалентно напряжению в случае замкнутости проводника.

На основании вышесказанного выполнено моделирование ГИТ на участке электросети г. Петропавловск-Камчатский – п. Рыбачий. Поскольку электрическая система характеризуется распределенными параметрами емкостью, индуктивностью и сопротивлением, проведем оценку резонансных свойств моделируемой линии. Добротность контура определяется выражением:

$$Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (2),$$

где  $L$  – индуктивность контура,  $C$  – емкость контура,  $R$  – активное сопротивление контура. В расчете используются следующие типовые для линии 110 кВ значения погонной емкости и индуктивности  $L_0 = 1,346$  мГн/км,  $C_0 = 6,412$  нФр/км при этом ее длина составляет 105 км. Добротность контура  $Q = 22,572$ . Резонансная частота определяется выражением:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (3),$$



Рисунок 5.

Подставляя параметры исследуемой линии, получаем  $f_0 = 541,662$  Гц, что многократно превышает частоту ГИТ. Таким образом, можно сделать вывод, что резонансные процессы на частотах ГИТ не происходят.

Электрическая схема системы электроснабжения региона представлена на рисунке 6. Моделируемый участок ограничивается ТЭЦ-1 и электроподстанцией «Крашенинникова». Этот участок имеет несколько параллельных линий, среди которых выбраны те, что имеют наибольшую протяженность – линии: Л-104, Л-114, Л-120, Л-121, Л-123 (красная линия на рис. 6).

Как было сказано выше, при моделировании используется рамка с длиной окружности 105 км. Активное сопротивление определяется сопротивлением провода АС-120, АС-150 и АС-240 соответствующей длины, а так же сопротивлением двух первичных обмоток трансформатора ТДН-16000/110-У1. ЭДС индукции вертикальной составляющей магнитного поля Земли  $Z$  определяется выражением (1). Данные о вариациях  $Z$  предоставлены геомагнитной обсерваторией Паратунка, входящей в состав международной сети обсерваторий Intermagnet. Ток определяется по закону Ома для участка цепи:

$$I = \frac{\xi_{\text{ГИТ}}}{R} \quad (4),$$

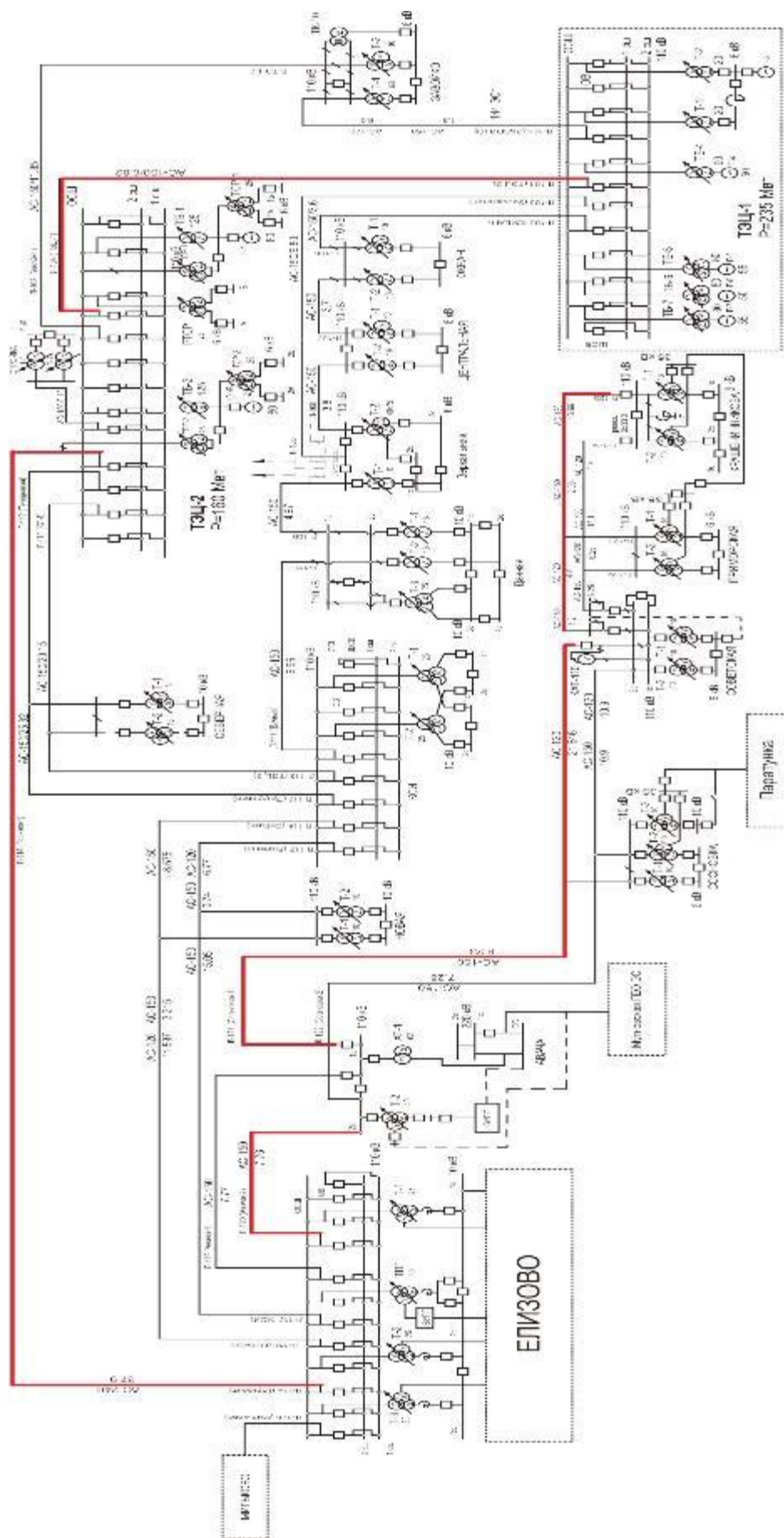


Рисунок 6



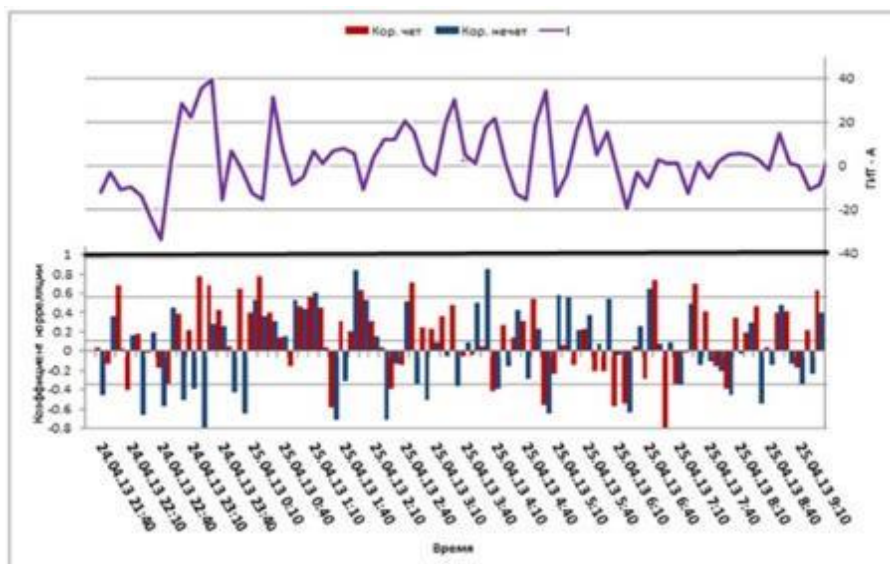


Рисунок 7

Поскольку в распоряжении авторов имеются экспериментально полученные вариации высших гармоник тока, они использованы для сопоставления с результатами моделирования. При насыщении магнитной системы трансформатора квазипостоянными токами, в его токе намагничивания проявляются гармоники преимущественно четных порядков, поэтому для лучшей наглядности, экспериментальные данные разделены на четные и нечетные. Результаты сопоставления представлены на рисунке 7: моделируемый геомагнитно-индуцированный ток (верхний график) и его корреляции с уровнем гармоник сети во время геомагнитного возмущения 23-25.04.13 года. На рисунке хорошо видна высокая корреляция моделируемого тока и реального уровня гармоник.

Энергетическая компания — место мониторинга ИГТ	Уровень тока в нейтрали, А
Central Hudson — г. Плезант-Велли	от -5,2 до 8,6
Central Hudson — г. Херли-Авеню	от -6,2 до 5,5
Central Main Power/Bangor Hydro Electric — г. Честер	от -6,5 до 5,5
Manitoba Hydro — г. Гранд-Рапидс	от -9,1 до 9,7
Con Edison of New York — г. Геталс	от -9,4 до 4,7
Tennessee Valleu Authority — г. Парадайз	от -25,0 до 11,1
National Grid Company US — г. Нью Скотленд	от -2,7 до 1,5

Рисунок 8

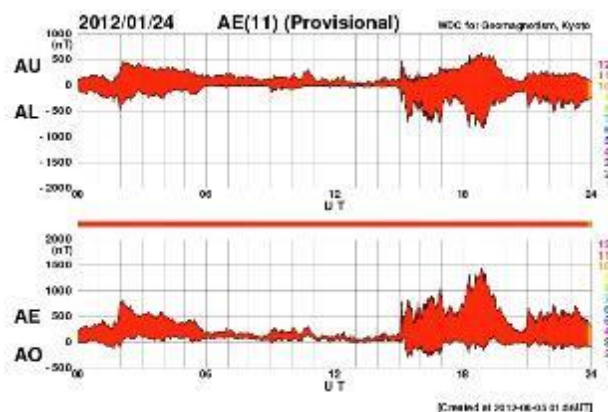


Рисунок 9а

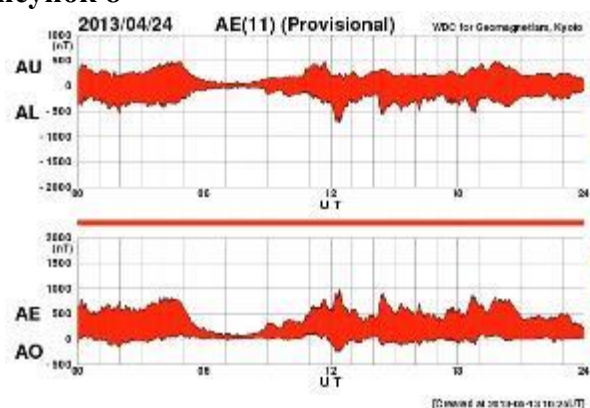


Рисунок 9б

Таким образом, моделируемая система в выбранный промежуток времени характеризуется вариациями ГИТ от  $-0,8$  до  $0,7$  А. Сопоставим полученные результаты с экспериментальными данными измерения ГИТ выполненные Североамериканской корпорацией по обеспечению надежности электроснабжения (NERC) в 2012 году на различных участках электросети США (рисунок 8 [5]). Эти измерения проводились в условиях геомагнитного возмущения 24.01.2012. Сравнение геомагнитной обстановки для обоих случаев выполнено с использованием данных университета Киото [6] о вариациях индекса АЕ. На рисунке 9 представлен суточный ход индекса АЕ для времени измерений в электросистеме США (а) и времени моделирования ГИТ в электросети Камчатки (б). Из рисунка видно, что в схожих геомагнитных условиях моделируемый ток и экспериментально измеренный принимают близкие значения.

### **Заключение.**

Предлагаемый подход к мониторингу ГИТ имеет ряд преимуществ:

Отсутствует необходимость в применении дорогостоящего оборудования.

Способ позволяет производить включение регистрирующего устройства в любой точке системы электроснабжения. Таким образом, при создании сети наблюдения можно учесть различия в условиях электроснабжения пунктов наблюдения.

Поскольку анализируется гармонический состав напряжения сети, возможно параллельное решение задач анализа качества электроэнергии, к параметрам которого оно относится.

В ходе реализации системы мониторинга ГИТ были выделены участки электросети Камчатского края наиболее подверженные проявлению ГИТ в случае мощных геомагнитных возмущений.

Выполнено моделирование ГИТ на участке электросети. При этом рассмотрение магистрали г. Петропавловск-Камчатский – п. Рыбачий как линии имеющей распределённые  $L$ ,  $C$  и  $R$ , показало отсутствие резонансных процессов на частоте ГИТ. Сопоставление результатов моделирования с вариациями уровня гармоник показало высокую корреляцию процессов. Сопоставимые значения ГИТ при схожих геомагнитных условиях получены при сравнении моделируемого тока с данными измерений ГИТ в электросети США.

### **Список литературы**

1. Вахнина В. В. Разработка основ теории функционирования систем электроснабжения потребителей при воздействии геоиндуцированных токов: автореф. дис. докт. техн. наук. – Москва, 2013.
2. A. Pulkkinen Geomagnetic induction during highly disturbed space weather conditions: studies of ground effects // Academic dissertation in physics. — Helsinki : Finnish Meteorological Institute, 2003.
3. Вахнина В. В., Кузнецов В. А. Разработка системы мониторинга геоиндуцированных токов в нейтральных силовых трансформаторов при геомагнитных бурях // Вектор науки Тольяттинского Государственного Университета. — 2013. — 2 (24). — С. 108-111.
4. Сивоконь В. П., Сероветников А. С. Геомагнитно-индуцированные токи в электрических сетях Камчатки // Электро. — 2013. — С. 19-22.
5. <http://tdworld.com> Transmission & Distribution World, T&D World Magazine 1 may 2012. Режим доступа: <http://tdworld.com/archive/epri-releases-results-solar-storm-activity>.
6. <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/> World Data Center for Geomagnetism, Kyoto. Режим доступа: <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/wdc/Sec3.html>.

**В.Е.Сидоров**

*Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова*

## **ВОПРОСЫ АВТОМАТИЗАЦИИ РАБОТЫ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН**

Работа холодильной установки. Знание закономерностей изменения параметров работы холодильной машины облегчает их регулирование. Например, в малых холодильных машинах увеличение нагрузки на испаритель ведет к повышению уровня хладагента в конденсаторе. Переполнение конденсатора увеличивает давление конденсации, а это увеличивает подачу хладагента через капиллярную трубку в испаритель, т.е. при снижении уровня хладагента в испарителе, увеличивается его подача. Уравнивание параметров работы конденсатора и испарителя относительно начальных обеспечивается конструкцией холодильной машины.

При использовании в холодильной машине ресивера изменение уровня хладагента в испарителе практически не оказывает влияния на давление в конденсаторе. Степень самовыравнивания давления мала и поэтому для эффективной работы холодильной машины заполнение испарителя хладагентом регулируется приборами автоматически. В зависимости от выполняемых функций различают: приборы автоматического контроля, управления, регулирования и защиты. Приборы автоматического контроля измеряют температуру, давление, расход хладагента и хладоносителя.

Приборы автоматического управления включают (выключают) установку или ее отдельные элементы ( компрессоры, вентилятор, автоматические вентили, систему оттаивания и д.р.)

Под воздействием внешних теплопритоков регулируемый параметр (температура, давление и т.д.) отклоняется от заданной величины. Величина отклонения регулируемого параметра от начального значения - рассогласование. Чем совершеннее холодильная установка в целом, тем меньше рассогласование.

Для уменьшения величины рассогласования на холодильную камеру оказывается регулирующее воздействие, причем это воздействие осуществляется непрерывно в процессе эксплуатации холодильной установки.

Регулирующее воздействие на объект регулирования( холодильную камеру) осуществляется автоматическими приборами(регуляторами). Автоматический регулятор воспринимает изменение регулируемого параметра  $X$  и определяет его рассогласование от заданного параметра и соответственно изменяет регулирующее воздействие.

Регулятор имеет чувствительный элемент (датчик), воспринимающий изменение регулируемого параметра  $X$  и преобразующего его в параметр  $X_1$ , более удобный для дальнейшего использования. Например, температура может быть преобразована в электрическое сопротивление, давление в механическое перемещение в сильфоне и т.д.

Задающее устройство устанавливает параметра  $X1$  и  $X3$  и вырабатывает сигнал, соответствующий рассогласованию  $X3=X1-X3$ , который передается регулирующему органу.

Регулирующий орган (клапан и др.) преобразует сигнал элемента сравнения  $X3$  в параметр  $X2$ , непосредственно вызывающий регулирующее воздействие.

Микропроцессорные приборы, как правило подключают к компьютерной системе управления, которая позволяет контролировать и программировать работу холодильной установки с персонального компьютера. Микропроцессорные электронные приборы воздействуют на компрессор или электромагнитный клапан, обеспечивая необходимый температурный режим холодильной установки, работу в режиме оттаивания испарителя с помощью горячих паров хладагента, непосредственно из компрессора, управлять процессами вентиляции отопления (подогрева воздуха в помещении в зимний период).

Контроллер EVK253 контролирует включение компрессора, изменение его рабочих установок, защиту компрессора, процессы и режимы оттайки, включение вентилятора испарителя, в том числе включение оттайки перегретым паром хладагента. Подает сигнал тревоги при понижении (повышении температуры конденсатора, при блокировке компрессора. Также прибор позволяет продиагностировать неисправность датчика холодильной камеры, неисправность датчика испарителя, неисправность датчика конденсатора.

В системе WURM (приборы DCC200, CRC200) реализована возможность управления компрессорами различного исполнения, 1-,2- или 3 ступенчатыми с оптимизированной сменой базовой нагрузки в зависимости от времени работы, частоты переключений и т.д.

Применение микропроцессорных приборов управления практически не ограничено для всех типов холодильных машин, чиллеров, холодильных установок кондиционеров, сплит-систем, рефрижераторов и т.д.

Современная холодильная установка технически сложная конструкция. На работу каждого ее элемента влияет большое количество факторов. Электро-механические устройства по автоматизации ее отдельных элементов необходимы для обеспечения нормальной работоспособности холодильной установки, но часто этого недостаточно. Для обеспечения конкурентоспособности холодильные установки должны жестко выдерживать технологические требования к хранению, охлаждению продуктов и различных сред, иметь минимально возможное энергопотребление.

Это можно обеспечить только с помощью комплексного подхода к автоматизации холодильных установок за счет оптимизации параметров регулирования всех элементов холодильной установки с единым центром управления.

**В.А Солдатов, В.М. Комаров**

*Костромская государственная сельскохозяйственная академия, п. Караваново*

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДОВ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ ФИДЕРОВ 35 КВ ПРИ УЧЕТЕ ПЕРЕХОДНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ**

Определение видов аварийных режимов (АР) сетей 35 кВ является актуальной задачей. Для этого необходимо иметь методику расчета АР и критерии их определения. Методика расчета АР сетей 35 кВ разработана в [1,2]. Там же показано, что виды аварийных несимметричных режимов сетей 35 кВ можно определять по критериям, представляющим собой интервалы изменения отношений напряжений поврежденных фаз к напряжениям неповрежденных фаз. Однако не был сделан анализ зависимости этих интервалов от различных параметров фидеров 35 кВ при учете переходного сопротивления в месте замыкания. Представляет интерес провести исследования возможности применения этих критериев при всех возможных параметрах. Были рассчитаны следующие виды режимов: однофазные замыкания фаз на землю, двухфазные и трехфазные короткие замыкания, обрывы фаз, одновременные замыкания и обрывы фаз, одновременные обрывы и замыкания фаз, двойные замыкания на землю. Расчет велся методом фазных координат по расчетной модели, включающей в себя: питающий трансформатор в начале фидера 110/35 со схемой соединения обмоток «звезда с нулем – треугольник»; первый участок линии; блок несимметрии; второй участок линии; потребительский трансформатор в конце фидера со схемой соединения обмоток «звезда – звезда с нулем»; нагрузку.

Частично такие исследования проведены в [3-5]. Были исследованы следующие параметры:

Длина линии принималась 20 км и 40 км.

Размещение проводов линии 35 кВ принималось треугольное и горизонтальное.

а) при треугольном расположении координаты фаз принимались равными:  $x_1 = -1$  м;  $x_2 = 0$  м;  $x_3 = 1$  м;  $y_1 = 14.5$  м;  $y_2 = 17.5$  м;  $y_3 = 14.5$  м.

б) при горизонтальном расположении координаты фаз принимались равными:  $x_1 = -3$  м;  $x_2 = 0$  м;  $x_3 = 3$  м;  $y_1 = 14.9$  м;  $y_2 = 14.9$  м;  $y_3 = 14.9$  м.

Мощность нагрузки была принята тремя значениями: 0.3, 0.5 и 0.9 от номинальной мощности потребительского трансформатора (1.6 МВА). Т.е. мощность нагрузки принималась равной 0.48 МВА, 0.8 МВА и 1.44 МВА [4].

4. Несимметрия нагрузки была принята тремя вариантами значений коэффициентов нагрузок по каждой фазе А, В, С линии [5]:

а)  $K_a = 1$ ,  $K_b = 1$ ,  $K_c = 1$

б)  $K_a = 0.9$ ,  $K_b = 1$ ,  $K_c = 1.1$

в)  $K_a = 0.95$ ,  $K_b = 1$ ,  $K_c = 1.05$

5. Марки проводов линии были приняты тремя значениями АС-95, АС-120 и АС-150.

Тангенс угла нагрузки был принят тремя значениями: 0.3, 0.5 и 0.7.

Типы трансформаторов учитывались четырьмя вариантами [3]:

а) тип питающего трансформатора ТДН-10000/110, тип потребительского - ТМН-1600/35;

б) тип питающего трансформатора ТДН-16000/110, тип потребительского - ТМН-1600/35;

в) тип питающего трансформатора ТДН-10000/110, тип потребительского - ТМН-1000/35;

г) тип питающего трансформатора ТДН-16000/110, тип потребительского - ТМН-1000/35.

8. Прилегающая энергосистема была учтена тремя значениями сопротивлений: 0, 10 и 20 Ом.

Для выявления зависимостей были рассчитаны следующие виды аварийных режимов: однофазные замыкания фаз на землю, двухфазные и трехфазные короткие замыкания, обрывы фаз, одновременные замыкания и обрывы фаз, одновременные обрывы и замыкания фаз, двойные замыкания на землю.

При расчетах было принято значение переходного сопротивления в местах замыкания обоснованное в [6]. В этой публикации показано, что если переходное сопротивление для фидера 35 кВ не известно точно, то его можно принимать равным 750 Ом.

Все результаты расчетов для всех перечисленных в пунктах 1-8 параметров были обобщены по видам указанных режимов и построены интервалы, представленные на рисунке 1. По результатам анализа рисунка 1 были построены обобщенные интервалы. Границами обобщенных интервалов принимались минимальные и максимальные значения всех интервалов для данного рассматриваемого режима. Обобщенные интервалы представлены на рисунке 2. Из рисунка 2 видно, что интервалы изменения отношений напряжений поврежденных фаз к напряжениям неповрежденных фаз пересекаются не значительно для всех видов рассмотренных аварийных режимов. Исключениями являются интервалы для режимов однофазного замыкания на землю и замыкания на землю с одновременным обрывом, а также режимов обрыва и обрыва с одновременным замыканием на землю. Таким образом, по обобщенным интервалам можно судить о виде аварийного режима.



Рисунок 1. Интервалы отношений напряжений поврежденных фаз к напряжениям неповрежденных фаз для всех видов аварийных режимов и рассмотренных параметров фидеров 35 кВ.

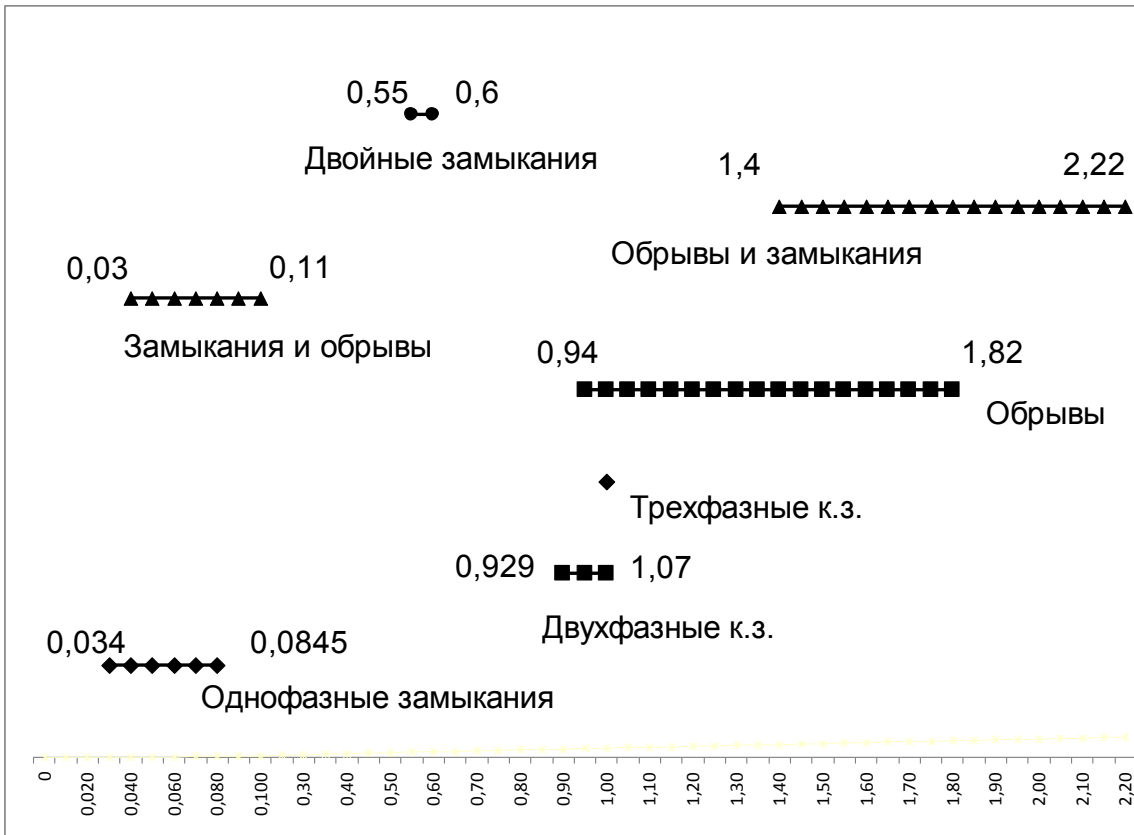


Рисунок 2. Обобщенные интервалы отношений напряжений поврежденных фаз к напряжениям неповрежденных фаз фидеров 35 кВ.

Так, например, критериями определения видов аварийных режимов могут быть следующие интервалы:

- если отношение напряжений изменяется от 0.034 до 0.11, то произошло или однофазное замыкание на землю или замыкание с одновременным обрывом;
- если отношение напряжений изменяется от 0.55 до 0.6, то произошло двойное замыкание на землю;
- если отношение напряжений изменяется от 0.929 до 1.07, то произошло либо двухфазное, либо трехфазное замыкание, либо обрыв;
- если отношение напряжений изменяется от 1.07 до 1.4, то произошел обрыв;
- если отношение напряжений изменяется от 1.4 до 1.82, то произошел либо обрыв, либо обрыв и замыкание;
- если отношение напряжений изменяется от 1.82 до 2.22, то произошел обрыв и замыкание;

Таким образом, полученные обобщенные интервалы отношений напряжений поврежденных фаз к напряжениям неповрежденных фаз с учетом их частичного пересечения могут являться критериями определения видов аварийных режимов фидеров 35 кВ при учете переходного сопротивления в месте замыкания.

#### Список литературы

1. Солдатов, В.А. Критерии определения вида аварийного несимметричного режима в фидере 35 кВ по интервалам [Текст] / В.А. Солдатов, Н.А. Климов // Научное обозрение. – 2012. - № 6. – С. 247–251.
2. Солдатов, В.А. Определение видов аварийных режимов фидеров 35 кВ в зависимости от длины линии [Текст] / В.А. Солдатов, Н.А. Климов, В.М. Комаров // Актуальные проблемы науки в АПК: Сборник статей 65-й международной научно-практической конференции в трех томах. – Кострома, 2014. – Т.2. – С. 197-199.
3. Солдатов, В.А. Исследование зависимости критериев определения аварийных режимов электрических сетей 35 кВ от параметров трансформаторов [Текст] / В.А. Солдатов, Н.А. Климов, В.М. Комаров // Актуальные проблемы науки в АПК: Сборник статей 65-й международной научно-практической конференции в трех томах. – Кострома, 2014. – Т.2. – С. 200-204.
4. Солдатов, В.А. Критерии определения видов аварийных режимов фидеров 35 кВ в зависимости от параметров нагрузки [Текст] / В.А. Солдатов, В.М. Комаров // Материалы 5 международной научно-практической конференции. – Саратов: СГАУ им. Н.И. Вавилова, 2014. – С.162-165.
5. Комаров, В.М. Зависимость критериев определения видов аварийных режимов фидеров 35 кВ от несимметрии нагрузки [Текст] / В.М. Комаров // Материалы всероссийской научно-практической конференции молодых ученых «Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России». – Пенза: Пензенская ГСХА, 2014. – С.211-213.
6. Солдатов, В.А. Влияние переходного сопротивления на аварийный несимметричный режим работы фидеров класса 35 кВ [Текст] / В.А. Солдатов, Н.А. Климов // Актуальные проблемы науки в АПК: Сборник статей 63-й международной научно-практической конференции в трех томах. – Кострома, 2012. – Т.2. – С. 188–192.



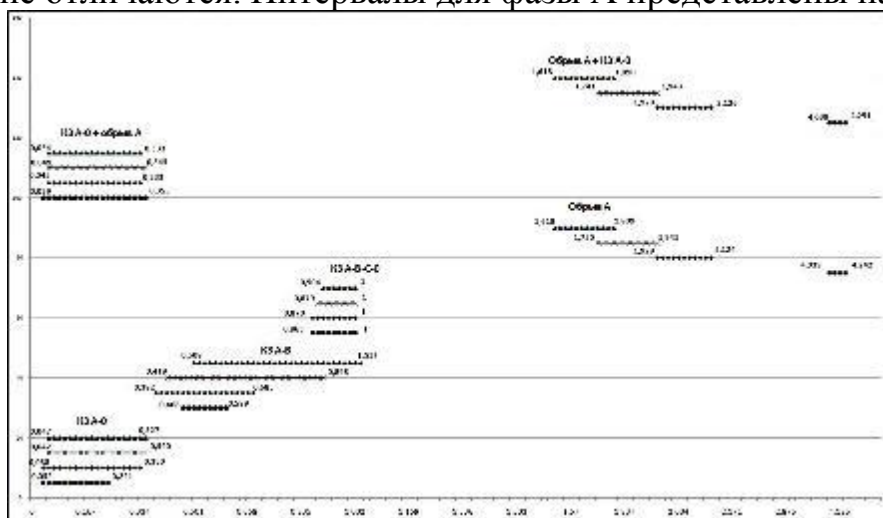
## КРИТЕРИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВИДОВ АВАРИЙНЫХ НЕСИММЕТРИЧНЫХ РЕЖИМОВ ФИДЕРОВ 0,38 кВ ПРИ УЧЕТЕ ПРИЛЕГАЮЩЕЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

Определение вида повреждения в распределительных сетях является актуальной задачей [1]. В [2] показано, что критериями определения видов аварийных несимметричных режимов в сетях 0,38 кВ могут быть интервалы изменения отношений напряжений поврежденных фаз. В [3,4] исследованы эти интервалы в зависимости от длины линии и в зависимости от мощности нагрузки. Представляет интерес проведение подобных исследований для различных значений сопротивления прилегающей энергосистемы. При расчетах использована модель фидера 0,38 кВ, описанная в [2]. В этой модели добавлено сопротивление прилегающей энергосистемы в начале фидера 0,38 кВ. Таким образом, модель состоит из прилегающей энергосистемы, силового трансформатора 10/0.4 кВ с соединением обмоток «звезда-звезда с нулем», двух участков линии, нагрузки, блока несимметрии. Были рассчитаны аварийные режимы для четырех значений сопротивления прилегающей энергосистемы – 0, 0.5, 1.0, 5.0 Ом. Длина линии принята 0,5 км. Мощность нагрузки принята 80 кВА.

Были рассчитаны следующие виды режимов:

1. однофазные короткие замыкания на нейтраль А-0, В-0, С-0.
2. двухфазные короткие замыкания А-В, А-С, В-С.
3. трехфазное короткое замыкание А-В-С-0.
4. обрывы фаз А, В, С.
5. однофазные короткие замыкания одновременно с обрывом А-0+А, В-0+В, С-0+С.
6. обрывы фаз с одновременным коротким замыканием А+А-0, В+В-0, С+С-0.

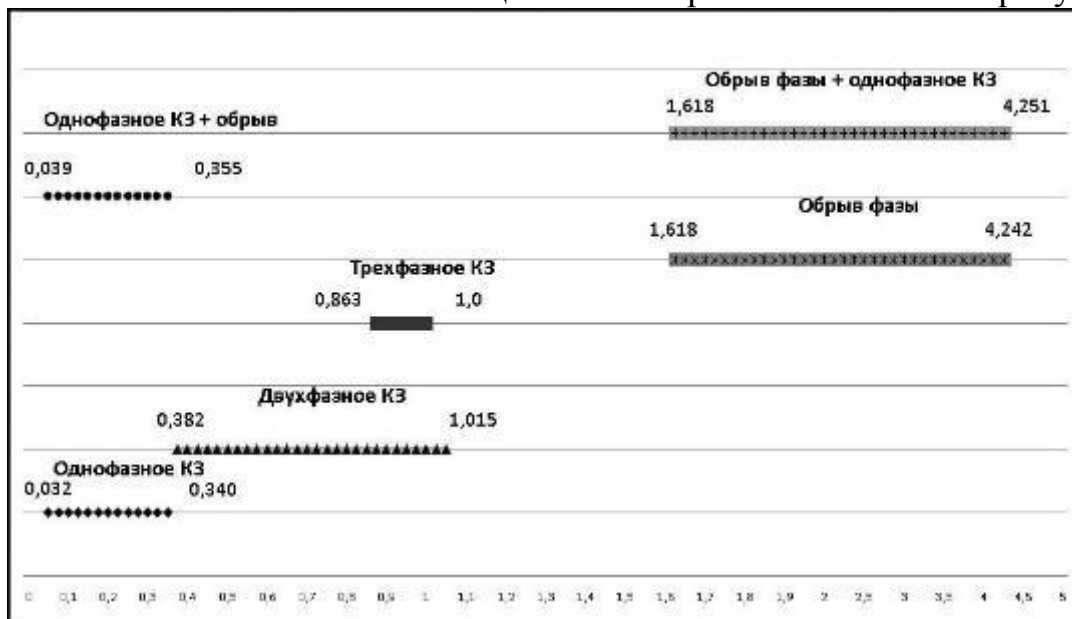
По результатам расчетов были построены указанные интервалы отдельно для каждой фазы линии. Анализ показал, что для всех фаз А, В, С они практически не отличаются. Интервалы для фазы А представлены на рисунке 1.



**Рисунок 1. Интервалы изменения отношений напряжений поврежденных фаз к напряжениям неповрежденных фаз при различных значениях сопротивления прилегающей энергосистемы.**

На рисунке 1 обозначены сверху вниз четыре прямые линии соответствующие принятым сопротивлениям 0, 0.5, 1.0, 5.0 Ом.

Показанные на рисунке 1 интервалы были обобщены по наименьшим и наибольшим значениям. Эти обобщенные интервалы показаны на рисунке 2.



**Рисунок 2. Обобщенные интервалы изменения отношений напряжений поврежденных фаз к напряжениям неповрежденных фаз при различных значениях сопротивления прилегающей энергосистемы.**

Из рисунков 1 и 2 видно, что эти интервалы не пересекаются за исключением случаев 1 и 5, а также случаев 4 и 6. Кроме того, случаи 2 и 3 частично пересекаются. Таким образом, по представленным обобщенным интервалам можно определить вид возникшего аварийного режима.

Видно так же, что значение сопротивления прилегающей энергосистемы мало влияет на рассмотренные интервалы. Таким образом, при использовании рассмотренных критериев определения видов аварийных режимов для сетей 0,38 кВ можно не учитывать сопротивление прилегающей энергосистемы.

При этом критериями определения видов аварийных несимметричных режимов являются следующие соотношения:

- если отношения напряжений лежат в интервале 0.032-0.34, то возможно произошло однофазное короткое замыкание;
- если отношения напряжений лежат в интервале 0.382-1.015, то возможно произошло двухфазное короткое замыкание;
- если отношения напряжений лежат в точке интервала, близкой к единице, то возможно произошло трехфазное короткое замыкание;
- если отношения напряжений лежат в интервале 1.618-4.251, то возможно произошёл обрыв фазы А;
- если отношения напряжений лежат в интервале 0,039-0,355, то возможно произошло однофазное короткое замыкание с последующим обрывом;
- если отношения напряжений лежат в интервале 1,618-4,251, то возможно произошёл обрыв с последующим однофазным коротким замыканием.

При этом видно, что интервалы при однофазном замыкании и одновременном замыкании с обрывом практически совпадают. Т.е. необходимо сообщать - что возможно произошли два этих повреждения.

То же самое относится и к режимам обрыва и одновременного обрыва с замыканием.

Таким образом, при учете сопротивления прилегающей энергосистемы фидера 0,38 кВ можно использовать или частные для каждого значения сопротивления или обобщенные интервалы с наименьшей из возможных левой границей и с наибольшей из возможных правой границей.

#### **Список литературы:**

1. Аржанников Е.А., Чухин А.М. Методы и приборы определения места короткого замыкания на линиях. - Учебное пособие: Иваново, Ивановский государственный энергетический университет, 1998. – 74 с.

2. Солдатов В.А., Чебесов Е.А. Разработка критериев определения видов аварийных несимметричных режимов фидеров 0,38 кВ. – Сборник статей 64-й международной научно-практической конференции. Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе. – Том 1, Кострома 2013, с. 215-217.

3. Солдатов В.А., Чебесов Е.А. Критерии определения видов аварийных несимметричных режимов фидеров 0,38 кВ при различной длине линии. – Сборник статей 65-й международной научно-практической конференции. Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе. – Том 2, Кострома 2014, с 202-204.

4. В.А. Солдатов, Е.А. Чебесов Критерии определения видов аварийных несимметричных режимов фидеров 0,38 кВ при различной мощности нагрузки. - Сборник статей 65-й международной научно-практической конференции. Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе. – Том 2, Кострома 2014, с 205-208.

**В. А. Солдатов, А.С. Яблоков**

*Костромская государственная сельскохозяйственная академия, п. Караваново*

## **ВЛИЯНИЕ КОЛЕБАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ НА НАВЕДЕННЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ АНТЕННЫ ПОД ЛИНИЕЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ 35 КВ.**

Определение вида повреждения в распределительных сетях является актуальной задачей [1]. В [2,3] показано, что определять вид режима линии 10 кВ и 35 кВ можно по наведенным напряжениям (НН) на специальных антеннах состоящих из коротких проводников параллельных линии электропередачи. Представляет интерес проведение подобных исследований при колебании напряжений на фазах линии 35 кВ. Колебания напряжения допустимы в пределах  $\pm 5\%$ . По этому при расчетах использовались три значения напряжений:

$$U = U_{ном}$$

$$U = 1,05 \cdot U_{ном}$$

$$U = 0,95 \cdot U_{ном}$$

Расчет велся при размещении проводника антенны в точке  $X=0$  по горизонтали и ниже фаз линии 35 кВ на три метра по вертикали.

Были рассчитаны следующие виды режимов: замыкания фаз на землю (АО, ВО, СО); короткие замыкания между фазами (АВ, АС, ВС, АВС); двойное замыкание фаз на землю (АО-ВО, АО-СО, ВО-СО); одновременное замыкание на землю и обрыв фаз (АО + обр. А, ВО + обр. В, СО+обр. С); одновременный обрыв и замыкание фаз на землю (Обр. А + АО, обр. В + ВО, обр. С + СО).

Результаты расчетов сведены в таблицу 1.

**Таблица 1. Наведенные напряжения при разных значениях фазных напряжений**

Вид режима	$U=U_{ном}$	$U=1.05U_{ном}$	$U=0.95U_{ном}$
НОРМ	1546,1	1623,4	1468,8
А-О	9866,9	10360,2	9373,6
В-О	7324,7	7690,9	6958,4
С-О	7919,4	8315,3	7523,4
А-В	1088,8	1143,2	1034,3
А-С	1052,8	1105,4	1000,1
В-С	1572,4	1651,0	1493,8
А-В-С	882,6	926,7	838,5
А-О В-О	4921,0	5167,0	4674,9
А-О С-О	5070,5	5324,0	4816,9
В-О С-О	2528,1	2654,5	2401,7
обр А	1560,5	1638,5	1482,4
обр В	1555,9	1633,7	1478,1
обр С	1534,7	1611,5	1458,0
АО+обрА	10037,5	10539,3	9535,6
обрА+АО	2909,8	3055,4	2764,3
ВО+обрВ	7499,1	7874,0	7124,1
обрВ+ВО	5707,1	5992,6	5421,9
СО+обрС	8034,2	8435,9	7632,5
обрС+СО	4965,4	5213,8	4717,2

Анализ результатов расчета показал, что НН во всех рассмотренных аварийных режимах строго пропорциональны уровням фазных напряжений. То есть при коэффициенте 1,05 НН возросли в 1,05 раз, а при коэффициенте 0,95 НН снизились в 0,95 раз. Это надо учитывать в дальнейшем при разработке методов определения вида и места аварийного режима по НН на проводниках антенны.

**Список литературы:**

1. Аржанников, Е. А. Методы и приборы определения мест повреждения на линиях электропередачи / Е. А. Аржанников, А. М. Чухин. - М. : НТФ «Энергопресс», 1998. - 87 с.

2. Попов, Н.М. Использование наведенных напряжений для определения аварийных режимов фидеров 10 кВ [Текст] / Н.М. Попов, С.В. Солдатов // Научное обозрение. – 2014. - № 5. – С. 140–144.

3. Солдатов, В.А. Исследование наведенных напряжений на проводнике под линией электропередачи 35 кВ [Текст] / В.А. Солдатов, А.С. Яблоков // Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе: Сборник статей 66-й международной научно-практической конференции. – Кострома, 2015. – Т.2. – С. 193–196.

**А.А. Спиридонов, О.В. Логачева**

*Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, г. Саратов.*

## **К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

В сельскохозяйственном производстве эксплуатируются различные виды электрооборудования, предназначенные для выполнения конкретных функций. На практике часто вместо термина «электрооборудование» пользуются термином «техническое устройство», «электрическая система» или «элемент технического устройства». Но для решения технических задач по расчету показателей надежности электроустановок, затрат на устранение отказов, в теории надежности используется такой метод как представление электрооборудования в виде электрической системы. Она состоит из определенного количества элементов, входящих в эту систему, которые при исследовании надежности рассматриваются как единое целое. /1/. Для большинства электрооборудования, эксплуатируемых в сельском хозяйстве, для оценки и расчета надежности наиболее целесообразно использование именно такого подхода.

Обеспечение оптимальной надежности электрических систем является важной задачей в сфере сельскохозяйственного производства. При этом оптимальной надежностью понимается такая ее величина, которая обеспечивает эффективность производства за счет снижения простоя технологического оборудования из-за отказов электрических систем. Поэтому процесс оптимизации надежности электрической системы заключается в нахождении оптимального соотношения между затратами на повышение ее надежности и потерями, связанными с частыми ее отказами. Имеются несколько подходов при решении задач оптимизации надежности электрических систем /2/.

Ниже приведен один из вариантов по выбору оптимальной надежности. Он заключается в обеспечении заданного уровня надежности электрической системы при минимальных затратах на повышение ее надежности. При этом считается, что заданный уровень надежности отражена в нормативно – технической документации на конкретную электрическую систему. Номенклатура показателей надежности электрической системы, используемых при решении оптимизации надежности, можно принять /3/:  $Q(t)$  – вероятность ее отказа, определяющего вероятность того, что время исправной работы электрической системы примет значение, не больше заданного времени.  $\Lambda(t)$  – параметр потока отказов, определяющего как общее число отказавшихся электрических систем в интервале времени  $\Delta t$  к общему числу установленных электрических систем.  $T_{cp}$  – средняя наработка до отказа, представляющая с собой математическое ожидание наработки электрической системы до отказа.

Кроме приведенных показателей электрических систем для оптимизации надежности можно использовать комплексный показатель – коэффициент готовности ( $K_r$ ), определяющий вероятность того, что электрическая система окажется работоспособной в любой произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых использование системы по назначению не предусматривается.

Приведенные показатели надежности являются функцией от длительности работы электрической системы, с увеличением длительности эксплуатации – показатели надежности снижаются и в пределе приводит к отказу системы. Последнее ухудшает эффективность использования электрической системы и в целом наносит ущерб сельскохозяйственному производству.

Таким образом, поддержание показателей надежности на заданном уровне, определенной стандартами, связано с дополнительными затратами. Учет затрат на повышение надежности электрической системы до заданного уровня необходимо сопоставить с ее ущербом от отказов этой системы.

Если приведенные затраты электрической системы составляет  $Z_1$  в год, а годовой ущерб от отказа без дополнительных мероприятий по повышению надежности  $Y_1$  и при этом вероятность отказа электрической системы при затратах  $Z_1$  в год составляет  $Q_1(t)$ . Тогда суммарные приведенные затраты равны  $(Z_1 + Y_1)$  в год. Если в электрической системе будут приняты мероприятия по снижению отказов с приведенными затратами  $Z_3$ , то годовой ущерб снизится до величины  $Y_2$ , а вероятность отказа системы уменьшится на величину  $Q_2(t)$ . Мероприятия по снижению отказов электрической системы эффективны только тогда, если  $(Z_3 + Y_2) < Y_1$ . Тогда заданная величина надежности электрической системы при осуществлении мероприятий по снижению отказов может быть эффективны при условии

$$(Z_1 + Y_1) > (Z_1 + Z_3 + Y_2) \quad (1)$$

Осуществление мероприятий при том же уровне надежности электрической системы обеспечивает экономию суммарных приведенных затрат на величину  $\Delta Z$ :

$$(Z_1 + Y_1) - (Z_1 + Z_3 + Y_2) = \Delta Z \quad (2)$$

За счет этой экономии может быть обеспечен более высокий уровень надежности электрической системы, т.е. при годовых приведенных затратах  $Z_1$  вероятность отказов системы составляет  $Q_1(t)$ , то при годовых приведенных затратах  $(Z_1 + \Delta Z)$  вероятность отказов снизится на величину  $Q_2(t)$ .

В качестве критерия оптимизации надежности электрической системы можно принять коэффициент, учитывающий повышение надежности и снижения отказов за счет внедрения мероприятий по повышению надежности, т.е

$$K_o = \frac{\Delta Z}{\Delta Q(t)} = \frac{\Delta Z}{Q_1(t) - Q_2(t)}, \quad (3)$$

где  $\Delta Z$  – экономия суммарных приведенных затрат за счет внедрения мероприятий по повышению надежности;  $Q_1(t)$   $Q_2(t)$  – вероятности отказов электрической системы до и после внедрения мероприятий по повышению надежности.

Вероятности отказов электрической системы зависят от величины приведенных затрат  $Z_3$  на повышение надежности – чем они выше, тем больше экономия приведенных затрат  $\Delta Z$ .

Увеличение коэффициента  $K_0$  указывает на эффективность выбранных мероприятий по повышению надежности. Постоянное значение  $K_0$  при увеличении затрат свидетельствует, что выбранный способ повышения надежности не эффективен и требуются другие альтернативные варианты.

Если по статистическим данным известны интенсивности отказов  $\lambda_1(t)$ ,  $\lambda_2(t)$  до и после внедрения мероприятий по повышению надежности, то коэффициент эффективности определяется по выражению

$$K_0 = \frac{\Delta Z}{e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}} \quad (4)$$

где  $e^{-\lambda_1 t}$  и  $e^{-\lambda_2 t}$  вероятности безотказной работы электрической системы до и после внедрения мероприятий.

#### Список литературы:

1. Савоськин, Н.Е. Надежность электрических систем. Учебное пособие.– Пенза: Изд – во ПГУ, 2004
2. Ерошенко, Г.П. Эксплуатация электрооборудования: учебник / Г. П. Ерошенко, Н.П. Кондратьева /.- М.: ИНФРА, 2014
3. ГОСТ 27.0003 – 90. Надежность в технике. Состав и общие правила задания требований по надежности. Межгосударственный стандарт



**С.Ф. Степанов<sup>1</sup>, И.И. Артюхов<sup>1</sup>, Д.И. Артюхов<sup>1</sup>, И.Н. Яценко<sup>1</sup>, О.Н. Чурляева<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., г. Саратов

<sup>2</sup>Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, г. Саратов

## **КОМБИНИРОВАННЫЕ НАЗЕМНЫЕ АВТОНОМНЫЕ ЗАРЯДНЫЕ СТАНЦИИ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ С ВЕТРО-СОЛНЕЧНЫМИ ИС- ТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ ДЛЯ МУЛЬТИКОПТЕРОВ**

*Проведен анализ средств, позволяющих увеличить продолжительность полетов мультикоптеров. Предложены технические решения, позволяющие производить оперативную подзарядку аккумуляторов.*

***Ключевые слова:** мультикоптер, аккумуляторная батарея, зарядная станция, ветро-солнечный источник энергии.*

Мультикоптер – это беспилотный летательный аппарат (БПЛА) с произвольным количеством несущих винтов, расположенных горизонтально и вращающихся диагонально в противоположных направлениях. БПЛА этого типа имеют название по числу двигателей. Например, вариант аппарата с четырьмя двигателями называется квадрокоптер (рисунок 1).

По сравнению с БПЛА вертолетного типа с несущим и рулевым винтами, мультикоптеры обладают рядом преимуществ, таких как надежность и простота конструкции, большая стабильность, компактность и маневренность, малая взлетная масса при существенной массе полезной нагрузки.

Область применения мультикоптеров достаточно широка. Они могут быть использованы как недорогое и эффективное средство для получения необходимых данных, которые обычным способом получить затруднительно или невозможно [1].

Услугами БПЛА сегодня пользуются сотрудники лесного хозяйства, зоологи, рыбаки, энергетики, газовики, нефтяники, полиция, МЧС и многие другие. На рисунке 2 показан пример применения гексакоптера для мониторинга массива солнечных панелей. Оснащение БПЛА тепловизором позволяет получить необходимую информацию о состоянии панелей, контактных соединений и кабелей.

Значительное применение БПЛА за рубежом нашли в сельском хозяйстве. Они незаменимы при мониторинге посевных площадей, пастбищ.

Обычно на мультикоптерах в качестве бортового источника энергии применяется аккумуляторная батарея, которая определяет время его нахождения в воздухе. Типичное время полета большинства малых мультикоптеров составляет 30 – 40 минут, но этого времени недостаточно для исследования объектов. Зачастую требуется более длительный полет мультикоптера. Например, обследование

большого участка лесного массива для определения поголовья лесных хищников. Таким образом, актуальной является проблема увеличения дальности и длительности полетов электрических БПЛА.



Рисунок 1 – Квадрокоптер



Рисунок 2 – Гексакоптер

Данная проблема имеет несколько направлений решения. Одно из них подразумевает разработку новых, более энергоемких источников питания и всевозможных мер, которые позволяют более экономно расходовать энергию этих источников, в том числе за счет уменьшения массы БПЛА, улучшения его аэродинамических характеристик, повышения КПД электрооборудования.

Для бортового питания мультикоптеров применяются различные химические источники тока [2]. На сегодняшний день в электрических БПЛА наиболее часто используются литий-ионные аккумуляторы, которые имеют множество различных типов. Все большее распространение получает разновидность литий-ионных аккумуляторов, которые называют литий-полимерными. Эти аккумуляторы по сравнению с обычными литий-ионными более технологичны и обеспечивают более высокие разрядные токи, обладают большей удельной энергоемкостью. Их зарядка требует особых условий, в соответствии с которыми секции аккумуляторной батареи должны обладать одинаковыми электрическими потенциалами, для чего зарядные устройства дополняют балансирами.

Увеличение продолжительности полетов мультикоптеров может быть достигнуто за счет подзарядки бортовых источников питания. Принципиальным при таком подходе к решению проблемы является условие: может или нет совершать БПЛА посадку в ходе выполнения полетного задания. Если мультикоптер не может совершать даже кратковременную посадку, то для подзарядки аккумуляторов предлагаются такие решения, как применение фотоэлектрических панелей, размещенных на борту БПЛА [3], передача энергии от наземного лазера [4]. В некоторых случаях, когда не требуется большой радиус действия аппарата и его мобильность, то применяется технология «привязанного беспилотника», в соответствии с которой энергия на борт БПЛА подается от наземной станции по кабелю [5].

Перспективное направление решения проблемы увеличения дальности и длительности полетов мультикоптеров состоит в создании системы наземных зарядных станций общего пользования, расположенных на значительном удалении друг от друга, но в пределах досягаемости БПЛА [6]. Под зарядной станцией будем понимать совокупность оборудования, предназначенного для обеспечения взлетов/посадок БПЛА и восстановления их энергетических возможностей.

Для осуществления своих функций наземная зарядная станция должна:

- иметь независимый автономный источник энергии, постоянно готовый к работе;
- иметь возможность обслуживать разные типы мультикоптеров;
- иметь систему автоматической связи с диспетчером, для контроля основных параметров своей работы;
- быть хорошо видна на местности;
- иметь систему световой сигнализации в ночное время;
- быть выполнена в антивандальном исполнении;
- иметь систему отпугивания птиц;
- работать при низких температурах;
- быть выполнена во влагостойком исполнении;
- иметь антиобледенительную систему.

Очевидно, что в определенном массиве должно располагаться несколько наземных зарядных станций, расположение которых зависит от функций использования БПЛА. Так, они могут располагаться по маршруту следования аппарата, или же группа станций будет распределена по области. Расположение станций может потребоваться как рядом с линиями электропередач, так и в отдаленных от них местах. В этой ситуации целесообразен способ питания зарядных станций, основанный на применении нетрадиционных источников энергии, таких как ветрогенераторы и солнечные панели (рисунок 3).

Возможны различные варианты восстановления энергетических возможностей мультикоптеров.

*Вариант 1.* После посадки мультикоптера на площадку зарядной станции срабатывает система подключения бортового аккумулятора через зарядный контроллер к шинам постоянного напряжения станции. Передача энергии на клеммы аккумуляторной батареи может осуществляться контактными и бесконтактными способами.



### Рисунок 3 – Наземная зарядная станция с ветро-солнечной системой электропитания

Например, путем создания на посадочной площадке областей с различными электрическими потенциалами, на которые замыкаются электроды, подключенные к клеммам батареи; увеличение количества областей обеспечивает большую надежность процесса зарядки. Одним из наиболее используемых бесконтактных способов зарядки является использование резонансных контуров [7]. По завершении зарядки бортового аккумулятора зарядный контроллер отсоединяется от зарядных шин станции, и мультикоптер продолжает выполнение заданного задания.

Определенным минусом такого решения является то, что довольно длительные промежутки времени аппарат будет бездействовать, дожидаясь окончания зарядки.

*Вариант 2.* После посадки мультикоптера на площадку зарядной станции производится автоматическое извлечение разряженной аккумуляторной батареи из батарейного отсека и помещение ее в контейнер, в котором осуществляется подзарядка аккумулятора. Одновременно с этим в освободившийся бортовой отсек мультикоптера перемещается заряженная батарея. Затем БПЛА производит взлет и покидает станцию.

Данное решение технически оказывается более сложным, чем в первом варианте и применяется, в основном, для систем с большим числом летательных аппаратов, однако оно позволяет свести к минимуму время для восстановления энергетических возможностей мультикоптеров.

Актуальной проблемой при использовании наземных зарядных станции является заход БПЛА на посадку и его точное позиционирование на площадке зарядной станции. Существующие системы автоматической посадки мультикоптера на зарядную станцию можно разделить на три группы, каждая из которых имеет свои особенности и возможности:

- системы, основанные на использовании наземных средств определения координат мультикоптера и передача их на БПЛА;
- системы, установленные на БПЛА и не использующие связь с наземной станцией для определения координат;
- комбинированные системы часть информации БПЛА получают с земли, а часть получают от своих датчиков.

Системы автопилотов для мультикоптеров, осуществляющие позиционирование по сигналам GPS (или ГЛОНАСС), имеют недостаточную точность позиционирования. Точность позиционирования по высоте составляет 0,8 м, а по горизонтали – от 1,5 до 2 м. Поэтому бортовой комплекс навигации и управления мультикоптером должна быть дополнен системой точного позиционирования БПЛА относительно площадки заправочной станции. Алгоритм работы этих двух систем заключается в следующем. В режиме дальнего наведения на зарядную станцию работает система GPS наведения. В ближней зоне 3 – 5 метров от зарядной станции управление передается системе точного позиционирования, которая и обеспечивает плавную и точную посадку мультикоптера на площадку

зарядной станции. Размещение летательного аппарата в конкретном месте посадочной площадки производится путем применения электроприводных механизмов, обеспечивающих достаточную точность позиционирования.

#### Список литературы

1. Nonami K. et al. *Autonomous Flying Robots: Unmanned Aerial Vehicles and Micro Aerial Vehicles*. Springer, 2010. DOI 10.1007/978-4-431-53856-1.
2. *Lithium Batteries: Science and Technology* / Ed. By G.-A. Nazri, G. Pistoia (s.). Springer; 2009.
3. Solar Powered UAVs [Online] / NASA Tech Briefs, March 01, 2013. Available at: <http://www.techbriefs.com/component/content/article/15992>.
4. Laser Power for UAVs [Online] / Nugent T.J., Kare J.T., A White Paper of LaserMotive, 2010. Available at: <http://lasermotive.com/wp-content/uploads/2010/04/Wireless-Power-for-UAVs-March2010.pdf>
5. The HoverMast from Sky Sapience [Online] / Sky Sapience, 2013. Available at: <http://skysapience.com>.
6. Фетисов, В.С. Подзарядка электрических беспилотных летательных аппаратов: обзор существующих разработок и перспективных решений / В.С. Фетисов, М.И. Тагиров, А.И. Мухаметзянова // *Авиакосмическое приборостроение*. – 2013. – № 11. – С. 7 – 26.
7. Kemper P., Suzuki K., Morrison J. UAV Consumable Replenishment: Design Concepts for Automated Service Stations. *Journal of Intelligent and Robotic Systems*. 2011. Vol. 61. № 1. Pp. 369...397. Available at: [http://www.researchgate.net/publication/220062239\\_UAV\\_Consumable\\_Replenishment\\_Design\\_Concepts\\_for\\_Automated\\_Service\\_Stations](http://www.researchgate.net/publication/220062239_UAV_Consumable_Replenishment_Design_Concepts_for_Automated_Service_Stations).

*В.А. Стрельников, Д.С. Катков, Ф.Н. Лавриненко*

*Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, г. Саратов*

## **ОБ ОПЫТЕ ПРИМЕНЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Солнце является поистине неисчерпаемым источником энергии. Всего 30 минут воздействия солнечного излучения на земную поверхность соответствуют текущему потреблению человечеством энергии за год во всем мире. По сравнению с этим потенциалом, имеющиеся ресурсы ископаемых и атомных энергоносителей выглядят незначительными.

Освоение солнечной энергии для производства электрической и тепловой энергии в настоящее время осуществляется по следующим направлениям [1]:

- разработка и строительство систем солнечного горячего водоснабжения, отопления и кондиционирования воздуха;
- разработка и создание фотоэлектрических установок для электроснабжения автономных потребителей;
- создание и ввод в эксплуатацию солнечных электростанций с паротурбинным циклом.

Солнечное теплоснабжение (СТС) – технически наиболее допустимый путь использования солнечной энергии. Основным элементом активных систем СТС – солнечный коллектор, представляющий собой водонагреватель в виде штампованных стальных и алюминиевых, пластмассовых или резиновых панелей, поглощающих энергию солнечного излучения.

Основными преимуществами подобных установок являются их экологичность (в виду отсутствия образования токсичных выбросов), а также большой срок эксплуатации при минимальных затратах на обслуживание, достигающий 20-30 лет. Отдельным стоит назвать независимость потребителя тепловой энергии от стремительно меняющихся в условиях экономического кризиса цен на углеводороды.

К недостаткам СТС следует отнести большие капиталовложения и зависимость эффективности применения от уровня инсоляции, который напрямую зависит от географического расположения, а также климатических условий в регионе (рисунок 1) [2].

Из анализа представленной карты инсоляции видно, что эффективное использование солнечной энергии возможно не только в регионах с жарким климатом.

В целях подтверждения вышеизложенных данных применительно к климатическим условиям Саратовской области нами был смонтирован комплекс оборудования, включающий в себя в том числе и два плоских солнечных коллектора, обеспечивающих тепловой энергией системы отопления и горячего водоснабжения опытного объекта (двухэтажный коттедж общей площадью 130 м<sup>2</sup>).





**Рисунок 1. Уровень инсоляции на территории Российской Федерации**

За отопительный период (с 15.10.2014г. по 10.04.2015г.) коллекторами было собрано 311 кВт энергии при условии погрешности в их установке – строго на запад (оптимальной считается ориентация на юг).

Таким образом, можно с уверенностью сказать, что даже в зимний период в нашем регионе возможно использование солнечной энергии.

На территории Саратовской области энергия Солнца может обеспечить в среднем за год до 50-60% потребности в энергии на горячее водоснабжение частного дома, а также до 90% энергии для нагрева воды в бассейне (а в летний период до 100%).

Это объясняется особенностями восприятия солнечного излучения коллекторами установок СТС.

Солнечное излучение может быть прямым и диффузным.

Величина и доля прямого и диффузного излучения в значительной степени зависят от времени года и местных погодных условий. Диффузное излучение возникает в результате рассеяния, отражения и преломления в облаках и частицах в воздухе. Современные коллекторы могут успешно использовать и его. В пасмурный день с долей диффузного излучения более 80% солнечное излучение все еще составляет 300 Вт/м<sup>2</sup>. Согласно многолетним опытным данным, в Саратовской области средняя годовая величина солнечного излучения при ясном небе на горизонтальную поверхность в зависимости от района составляет от 1250 кВт·ч/м<sup>2</sup> до 1405 кВт·ч/м<sup>2</sup> [3].

Как правило, в расчетах используется величина около 1000 кВт·ч/м<sup>2</sup>, что соответствует содержанию энергии в 100 литрах нефти.

Учитывая неравномерность поступления солнечной энергии, важнейшим принципом её использования является аккумуляция в пиковый период излучения и дальнейшего равномерного её использования [4]. Смонтированный комплекс оборудования включает в себя буферную емкость с температурной стратификацией теплоносителя. Буферная емкость позволила не только аккумулировать, но и максимально эффективно использовать энергию солнечного излучения зимой за счет наличия теплоносителя с различной температурой.

### Список литературы:

1. **Кирюшатов, А.И.** Тепломассообменное оборудование: учебное пособие для аудиторной и самостоятельной работы студентов очной и заочной форм обучения направлений подготовки 270800.62, 270800.68 Строительство (профиль подготовки «Теплогазоснабжение и вентиляция»), 140100.62, 140100.68 Теплоэнергетика и теплотехника (профиль подготовки «Энергообеспечение предприятий») [Текст] / А.И. Кирюшатов, Н.Н. Морозова, Д.С. Катков. – Саратов: Издательство «КУБиК», 2014. – 205с. – ISBN 978-5-91818-364-9.

2. Интернет-ресурс [режимдоступа]: <http://www.hevelsolar.ru>

3. Научно-прикладной справочник по климату СССР [Текст]. – Л: Гидрометеоздат, 1988. – 692с.

4. **Бекман, Г.** Тепловое аккумулирование энергии: Пер. с англ. В.Н. Бродянского [Текст] / Г. Бекман, П. Гилли. – М.: Мир, 1987. – 272 с.



*А.А. Степанова*

*Самарский государственный архитектурно-строительный университет. Г. Самара*

## **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ПОВЕРХНОСТЬ ТЕПЛООБМЕНА РЕГЕНЕРАТИВНЫХ ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ**

В регенеративном теплообменнике одна и та же поверхность поочередно омывается, то горячим, то холодным теплоносителем. При соприкосновении с горячим теплоносителем стенка аккумулирует теплоту, а затем отдает ее холодному теплоносителю [1]. К наиболее распространенным регенеративным теплообменникам относятся: роторные и пластинчатые [6-7,11]

В работе было рассмотрено повышение КПД роторного теплообменника за счет изменения конструкции его поверхности. Роторный теплообменник используется в системах обеспечения микроклимата для нагрева приточного воздуха вытяжным.

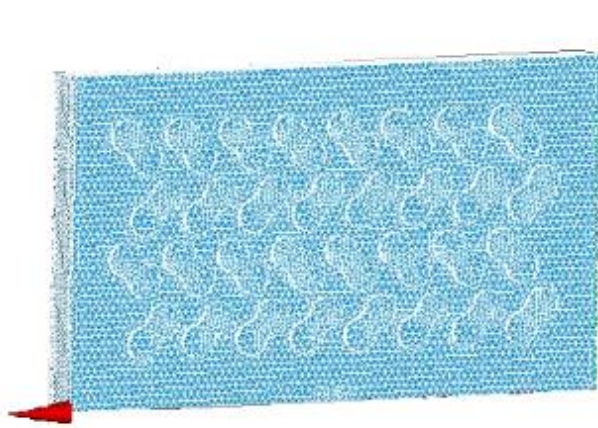
Роторный теплообменник представляет собой цилиндр, внутри которого располагаются слои гофрированной алюминиевой фольги, чередующиеся со слоями гладкой фольги [8]. Своеобразные каналы, по которым проходит воздух, могут быть различной геометрии, что зависит от высоты волны алюминиевой фольги.

Известно, что одним из методов интенсификации теплообмена является изменение поверхности за счет использования лунок различной геометрии [2,3].

В результате исследований [4] обнаружено, что при определенных параметрах геометрических размеров углублений сопротивление облуненной поверхности может быть практически таким же, как сопротивление гладкой поверхности. Имеющийся рост сопротивления компенсируется увеличением теплосъема с облуненной поверхности.

Поэтому была выполнена математическая модель пластины с лунками и проведено исследование по изменению скорости протекания воздуха по поверхности заданной пластины.

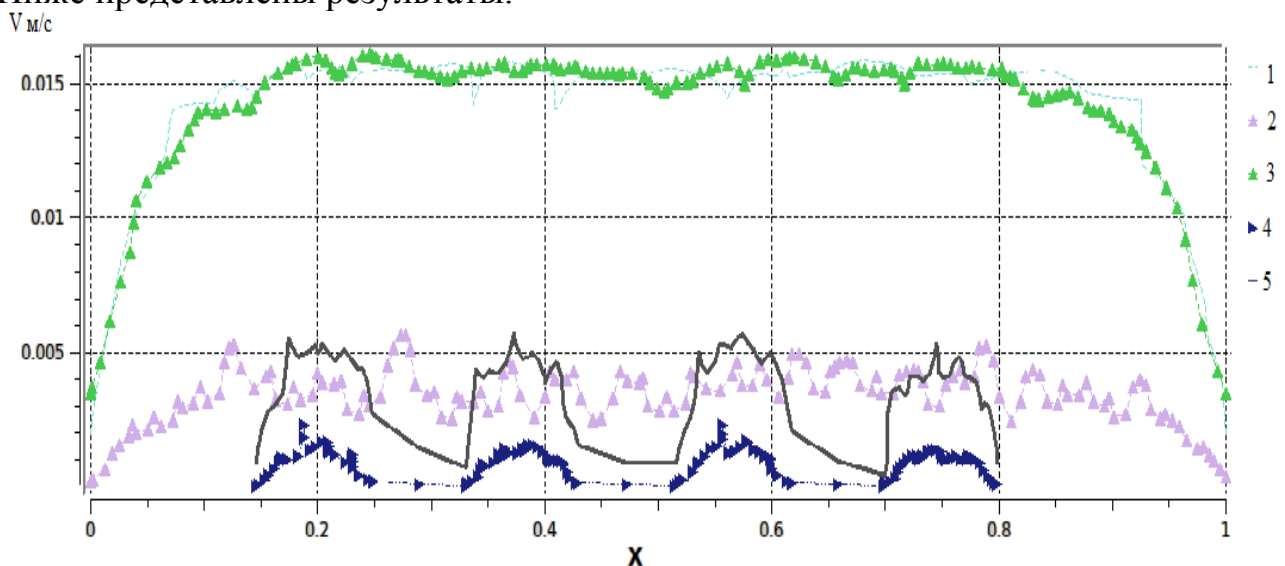
Геометрия расчетной области создавалась с помощью программы Salome [5,9]. Расчетная область включает в себя 32 лунки, разбита на 63485 объемных элементов, составленных из треугольных призм (рис 1). Размер грани объемной призмы вблизи поверхности с лунками равен 0,001 м, а при удалении от нее эта величина увеличена до 0,002 м. Начальная заданная скорость воздуха, обдувающего пластину равна 0,01м/с.



**Рисунок 1. Сетка течения воздуха по поверхности с особенностями**

Численный расчет производился с помощью программы Code-Saturne [10] в которой задавались параметры среды и условия для расчета. Замыкание системы дифференциальных уравнений: движения, неразрывности, энергии, и уравнения состояния, происходит с помощью выбранной модели турбулентности: K-epsilon [10].

Ниже представлены результаты.



**Рисунок 2. График сравнения скорости вблизи плоской поверхности и поверхности с особенностями.**

График скорости воздуха на расстоянии 5 мм от плоской пластины.

График скорости воздуха на поверхности плоской пластины.

График скорости воздуха на расстоянии 5 мм от облуненной поверхности.

График скорости воздуха на расстоянии 3 мм от облуненной поверхности

График скорости воздуха в лунках

На рис. 2 представлен график распределения скорости воздуха вблизи поверхности с особенностями, из которого видно, что вблизи лунок происходят всплеск скорости. Это позволяет управлять процессом теплообмена. Вблизи гладкой поверхности скорость примерно одинакова.

Таким образом, изменяя поверхность теплообмена рекуператора, мы можем управлять процессом теплообмена и увеличивать КПД теплообменника, что делает его более энергоэффективным.

### Список литературы:

1. *Болгарский А.В., Мухачев Г.А., Щукин В.К.* / Термодинамика и теплопередача Москва «Высшая школа» 1975.
2. *Гортышов, Ю.Ф. и др.* Теплогидравлическая эффективность перспективных способов интенсификации теплоотдачи в каналах теплообменного оборудования. Интенсификация теплообмена: монография Ю.Ф. Гортышов, И.А. Попов, В.В. Олимпиаев, А.В. Щелчков, С.И. Каськов под общ. ред. Гортышова Ю.Ф. – Казань: Центр инновационных технологий, 2009. – 531 с.
3. *Леонтьев, А.И. и др.* Разработка фундаментальных основ создания прототипов энергоэффективных теплообменников с поверхностной интенсификацией теплообмена/ Материалы конференции РНКТ-4. [М.], 2006. URL: <http://www.rnhtc.ru/year/2006/lib/1-253.pdf> (дата обращения 07.03.2015)
4. *Титов А. А.* Экспериментальное исследование влияния поверхностных углублений на теплообмен и сопротивление в потоке сжимаемого газа // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – М.: Изд. ОИВТ РАН, 2010. – 20 с.
5. *Цынаева, А. А.* Моделирование задач теплообмена и гидрогазодинамики с помощью свободного программного обеспечения/ Цынаева А.А., Цынаева Е.А.// Вестник УлГТУ. Ульяновск, УлГТУ, 2014. №4. с. 42-45
6. Пат. 2509267 Российская Федерация, МПК F24H1/10 Контактный теплоутилизатор / Цынаева А. А., Шакирова Д. И., Петров А. В., Шакуров И. С.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный технический университет». – 2012131776/06 , заявл: 24.07.2012, опубл. 10.03.2014; Бюл. №7 – 6 с.
7. Пат. 2504723 Российская Федерация, МПК F28D7/00 Теплообменник типа труба в трубе/ Цынаева А. А., Орехова Е. В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный технический университет». – 2012128017/06 , заявл: 03.07.2012, опубл. 20.01.2014; Бюл. № 2. – 6 с.
8. <http://nrgsaver.ru/vse-o-teplovyyh-nasosah/rekuperacija-tepla.html>
9. / <http://salome.org/>
10. <http://code-saturne.org/cms/sites/default/files/docs/3.0/theory.pdf>
11. <http://planetaklimat.ru/ventiljacionnaja-ustanovka-s-rekuperaciei/>

**К.Ю. Стоянов, И.С. Костышен**

*Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, г. Саратов*

## **СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПОДЗЕМНЫХ СЕТЕЙ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ**

В целях изучения материалов используемых при проектировании и строительстве подземных сетей газораспределения, были рассмотрены и проанализированы различные источники информации о материалах, допущенных к применению российской и международной системами стандартизации.

Следует отметить, что в современных развитых странах мира для проектирования и строительства подземных газопроводов, уже давно используются различные конструкционные материалы, такие как сталь, полиэтилен, стеклопластик, полиамид и другие [1,2,3,4,5].

Анализ действующих нормативных документов в России показывает, что основными материалами для проектирования и строительства подземных сетей газораспределения, в основном является сталь (для всех категорий давления газопровода), и частично полиэтилен (на сегодняшний момент ограничено применение по давлению) [6].

Рассмотрим преимущества и недостатки основных материалов, используемых в России и за рубежом при проектировании и строительстве подземных сетей газораспределения.

Так, например, при использовании стальных труб для подземных сетей газораспределения одним из важнейших недостатков их применения является низкая коррозионная стойкость. Соответственно при проектировании подземных сетей газораспределения необходимо разрабатывать и предусматривать антикоррозионные мероприятия в соответствии с действующими требованиями к защите от коррозии [7].

Рассматривая стеклопластик, в качестве материала для строительства подземных сетей газораспределения, следует отметить, что его можно отнести к ограниченно-стойким к коррозии. Коррозионная опасность возникает при большом количестве углерода или другого катодного материала в составе композитных составляющих данного типа трубопроводов, а стеклопластиковые трубы на основе эпоксидных смол не подвержены коррозии и поэтому не требуют изоляции (внутренней или внешней), химических ингибиторов, катодной и анодной защиты от коррозии [3].

Касательно применения труб из полимерных материалов, таких как полиэтилен и его модификаций полиамидов, необходимо отметить следующее, что большим достоинством этих труб является исключение подверженности коррозии. За рубежом давно используются для сооружения подземных газопроводов

трубы из полимерных материалов, а также, давно выпускаются и применяются для проектирования и строительства подземных газопроводов полиэтиленовые трубы с верхним защитным слоем из полипропилена. Например, фирмой Wavin (Нидерланды) выпускаются трехслойные полиэтиленовые трубы с внутренним и внешним покрытием из полиэтилена. Достоинством внешнего покрытия является повышение стойкости газопровода к механическим повреждениям [8]. Справедливости ради, следует отметить, что в России, так же наращиваются темпы выпуска труб из полиэтилена различными заводами. Кроме того, вступление в силу актуализированного нормативного документа, позволит осуществить преимущественное применение полимерных труб (например, из полиэтилена и его модификаций, полиамидов) [9].

Таким образом, в современном мире и в России, в частности, идет тенденция к применению при проектировании и строительстве подземных сетей газораспределения труб из полимерных материалов, что позволит обеспечить надежную и безаварийную эксплуатацию подземных сетей газораспределения на всех этапах их жизненного цикла.

#### Список литературы

1. ISO 14692-1:2002. Промышленность нефтяная и газовая. Система трубопроводов из стеклопластиков (GRP). Часть 1. Словарь, символы, применение и материалы [Текст]. – введ. 2002.12.19. – М.: Стандартинформ, 2002. – 57с.
2. ISO 14692-2:2002. Промышленность нефтяная и газовая. Система трубопроводов из стеклопластиков (GRP). Часть 2. Квалификационная оценка и изготовление [Текст]. – введ. 2002.12.19. – М.: Стандартинформ, 2002. – 153с.
3. ISO 14692-3:2002. Промышленность нефтяная и газовая. Система трубопроводов из стеклопластиков (GRP). Часть 3. Проектирование системы [Текст]. – введ. 2002.12.15. – М.: Стандартинформ, 2002. – 86с.
4. ISO 14692-4:2002. Промышленность нефтяная и газовая. Система трубопроводов из стеклопластиков (GRP). Часть 4. Сборка, прокладка и эксплуатация [Текст]. – введ. 2002.12.19. – М.: Стандартинформ, 2002. – 71с.
5. ISO 22621-6:2010. Системы пластмассовых трубопроводов для подачи газообразных видов топлива при максимальном рабочем давлении до 2 МПа (20 бар) включительно. Полиамид. Часть 6. Кодекс установившейся практики для проектирования. Обработки и монтажа [Текст]. – введ. 2010.04.08. – М.: Стандартинформ, 2010. – 31с.
6. Газораспределительные системы: СНиП 42-01-2002: утв. Государственным комитетом РФ по строительству и жилищно-коммунальному комитету (Госстрой России). – Взамен СНиП 2.09.08-87 и СНиП 3.05.02-88; введ. в действие с 01.07.03. – М.: 2003. – 48с.
7. ГОСТ 9.602-2005. Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии [Текст]. – Взамен ГОСТ 9.602-89; введ. 2005.06.22. – М.: Стандартинформ, 2006. – 54с.
8. Шурайц А.Л., Каргин В.Ю., Вольнов Ю.Н. Газопроводы из полимерных материалов. Пособие по проектированию, строительству и эксплуатации/ А.Л. Шурайц, В.Ю. Каргин, Ю.Н. Вольнов //С., изд-во «Волга – XXI век» 2007г. – 608 с.
9. Газораспределительные системы. Актуализированная редакция СНиП 42-01-2002. СП 62.13330.2011. М.: 2013. – с. 62.

**К.Ю. Стоянов, И.С. Костышен**

*Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, г. Саратов*

## **ВЫБОР НАИБОЛЕЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ СЕТЕЙ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ**

Как известно, в 1932 году в Саратовской области была проведена разведка недр природного газа. Осенью 1940 года были начаты работы по бурению скважин, и 28 октября 1941 года на глубине 307 метров было обнаружено месторождение газа в районе деревни Елшанка. В 1942 году природный газ начал питать промышленность города Саратова.

Одной из важнейших задач газификации России на сегодняшний день является совершенствование и развитие перспективных направлений при проектировании и строительстве подземных сетей газораспределения. Выбор перспективных направлений при проектировании подземных газопроводов позволит обеспечить безопасную и надежную эксплуатацию сетей газораспределения на всех этапах их жизненного цикла. Сеть газораспределения - единый производственно - технологический комплекс, включающий в себя наружные газопроводы, сооружения, технические и технологические устройства, расположенные на наружных газопроводах, и предназначенный для транспортировки природного газа от отключающего устройства, установленного на выходе из газораспределительной станции, до отключающего устройства, расположенного на границе сети газораспределения и сети газопотребления (в том числе сети газопотребления жилых зданий) [1].

По данным Технического паспорта Газового хозяйства РФ по состоянию на 01.01.2004 г. общая протяженность сетей газораспределения составляет 785 тыс. км, причем на долю стальных газопроводов (наружных и внутренних) приходится 93,9 %, их протяженность составляет 737,1 тыс. км [2]. Таким образом, можно определить, что при строительстве подземных сетей газораспределения, в основном, применялись стальные трубы из разных марок стали.

Одним из основных недостатков применения стальных труб для строительства подземных газопроводов является их подверженность почвенной коррозии (включая биокоррозию), а также коррозии от блуждающих токов в грунте. Коррозия может привести к нарушению целостности сети газораспределения и соответственно, к существенному снижению надежности и безопасности эксплуатации, а так же в несколько раз сократить срок их службы с возможностью появления аварийных ситуаций. В ряде случаев для защиты подземных стальных газопроводов от коррозии, помимо средств пассивной защиты, необходимо выполнение мероприятий по электрохимической защите (далее по тексту - ЭХЗ)[3]. Выполнения мероприятий по ЭХЗ требует больших капиталовложений, начиная

с проектирования, строительства и заканчивая их эксплуатацией. Но необходимо отметить, что даже хорошо выполненная электрохимическая защита стальных подземных газопроводов не может полностью исключить коррозионного разрушения газопровода.

Следует отметить, что эффективным способом обеспечения надежности подземных сетей газораспределения является использование труб, соединительных деталей и запорной арматуры, изготовленных из материалов более долговечных, чем традиционная сталь, которыми являются, например, полимерные материалы, такие как, полиэтилен и его модификации, а так же полиамиды [4]. Кроме этого основным преимуществом применения труб из полимеров, является исключение подверженности коррозии, характерной для стальных газопроводов [4]. По сравнению со сталью, трубы из полимерных материалов обладают более длительным сроком службы. Они гарантированно служат не менее 50 лет. По истечении указанного срока они сохраняют необходимый запас прочности для дальнейшей нормальной эксплуатации сетей газораспределения. Принятая для полиэтилена величина ресурса работы 50 лет является прогнозной величиной, полученной путем экстраполяции данных лабораторных испытаний [4,5].

Кроме того, анализ статистических данных по инцидентам и авариям, происходящим на полиэтиленовых и стальных газопроводах, позволяет сделать вывод, что на полиэтиленовых газопроводах аварийные ситуации случаются в 10-12 раз реже, чем на стальных [4].

Таким образом, повысить безопасность и надежность эксплуатации сетей газораспределения на всех этапах жизненного цикла позволит применение труб из полимерных материалов при строительстве газопроводов различных категорий давления [6], что является наиболее перспективным направлением при проектировании и строительстве подземных газопроводов.

#### Список литературы

1. О безопасности сетей газораспределения и газопотребления: технический регламент № 870/ утв. Постановлением Правительства РФ от 29.10.2010 г. – 16с.
2. Г.И. Зубаилов, Ю.А. Ослопов, Л.К. Самохвалова. Нормативные требования к качеству стальных труб для газораспределительных систем/ Г.И. Зубаилов, Ю.А. Ослопов, Л.К. Самохвалова // Сборник научных трудов.- 2005.- С.16-24.
3. ГОСТ 9.602-2005. Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии [Текст]. – Взамен ГОСТ 9.602-89; введ. 2005.06.22. – М.: Стандартиформ, 2006. – 54с.
4. Шурайц А.Л., Каргин В.Ю., Вольнов Ю.Н. Газопроводы из полимерных материалов. Пособие по проектированию, строительству и эксплуатации/ А.Л. Шурайц, В.Ю. Каргин, Ю.Н. Вольнов //С., изд-во «Волга – XXI век» 2007г. – 608 с.
5. ГОСТ Р 50838-2009. Трубы из полиэтилена для газопроводов. Технические условия [Текст]. – Взамен ГОСТ 50383-95\*; введ. 2011.01.01. – М.: Стандартиформ, 2010. – 62с.
6. Газораспределительные системы. Актуализированная редакция СНиП 42-01-2002. СП 62.13330.2011. М.: 2013. –62 с.

*С. В. Сукьясов, А. Г. Седова, Е. А. Хуснудинова*

*Иркутский государственный аграрный университет имени А. А. Ежевского, г. Иркутск*

## **КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ГОРОДСКОЙ СЕТИ С КОММУНАЛЬНО-БЫТОВОЙ НАГРУЗКОЙ**

Увеличение количества городских жителей, развитие промышленности, создание совершенно новых по своей технологии производств, строительство новых и реконструкция действующих производственных объектов, внедрение мощных электроустановок, увеличение единичных мощностей бытового электрооборудования приводит к устойчивому росту электропотребления в городах, что требует систематического развития городских электрических сетей.

Городские электрические сети в современном городе, развивающемся быстрыми темпами, не всегда способны справляться с возрастающими нагрузками, как на этапе передачи, так и на этапе распределения энергии городским потребителям. Увеличение нагрузок в современном городе ведет к появлению определенных проблем в системах электроснабжения городского хозяйства, которые необходимо решать еще при проектировании [1]. Увеличение потребления электрической энергии в свою очередь приводит к ужесточению требований к работе систем электроснабжения городов. Отключения в периоды пиковых нагрузок могут стать катастрофой для энергоснабжения городских потребителей, поэтому важное значение приобретают требования к развитию городских электрических сетей с учетом обеспечения необходимого качества электрической энергии.

Под качеством электрической энергии (КЭЭ) понимается степень соответствия ее параметров установленным значениям ГОСТ 31244-2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» [2]. Поддержание КЭЭ в электросетевой структуре – это не только экономический вопрос замены физически устаревшего оборудования, установки современных автоматических компенсирующих устройств, фильтров и т.д., но и техническая оценка состояния электросетевого хозяйства по степени влияния тех или иных источников искажения КЭЭ на других потребителей.

Для современных городских электрических сетей характерны колебания, провалы, недопустимые отклонения напряжения, а также несимметрия трехфазной системы. Причиной этого являются обрывы, отключения одной фазы, неравномерное распределение по фазам массовых однофазных электроприемников, характерных для городских потребителей, загрязнение изоляции городской средой, механические повреждения элементов сети, ошибочные действия оперативного и ремонтного персонала.



В настоящее время актуальность проблемы повышения качества электрической энергии, так как число электроприемников, чувствительных к кратковременным нарушениям электроснабжения, постоянно увеличивается.

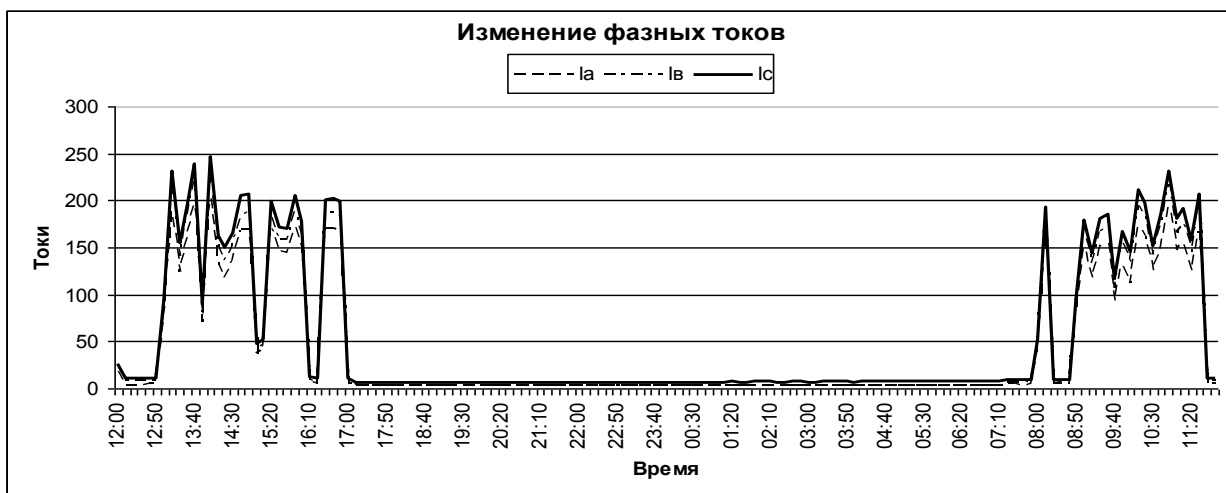
Рассмотрим показатели качества электроэнергии наиболее часто несоответствующие нормам в трехфазных городских сетях, а именно отклонение и колебание напряжения, несимметрия напряжений.

Влияние этих показателей качества на режимы работы сети и на функционирование оборудования различно. Отклонение напряжения, как правило, обусловленное изменением мощностей нагрузок городских потребителей, отрицательно сказывается на качестве работы и сроке службы компьютерной техники, телевизоров и других бытовых электронных устройств. Несимметрия напряжения приводит к ошибкам при работе счетчиков электроэнергии, при появлении в трехфазной сети напряжения нулевой последовательности ухудшаются режимы напряжений для однофазных приемников. Токи нулевой последовательности постоянно протекают через заземлители и значительно высушивают грунт, увеличивая сопротивление заземляющих устройств. При несимметричном режиме ухудшаются условия работы электроприемников и всех элементов электрической сети: снижаются экономичность и срок службы оборудования, уменьшается пропускная способность сети, увеличиваются потери энергии. Колебание напряжения в осветительной сети приводит к уменьшению освещенности, что может вызвать снижение производительности выполняемых работ, дискомфорт у человека, убытки в результате снижения срока службы осветительных установок. Кроме того, неприятное психологическое воздействие на человека, утомление зрения вызывает фликер-эффект. Колебания напряжения отрицательно влияют на работу радиоприборов, нарушая их нормальное функционирование и снижая срок службы.

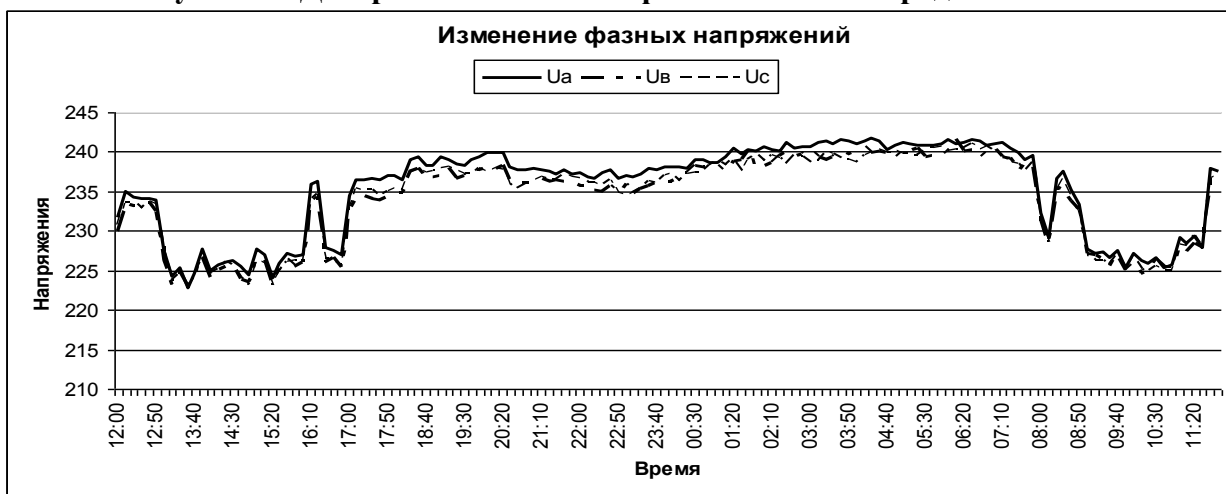
Исследования качества электрической энергии проводились в июле 2014 года на одной из подстанций 10/0,4 кВ города Иркутска, питающей коммунально-бытовую нагрузку группы многоквартирных пятиэтажных домов. Испытания проводились в точке наиболее приближенной к нагрузке (силовой распределительный пункт) с использованием прибора Ресурс-UF2 № 2337, период испытаний – 1 сутки, методика испытаний проводилась в соответствии с руководящими документами [3].

Диаграмма изменения фазных токов (рис. 1) показывает, что в рассматриваемой линии максимальные нагрузки приходятся на временной интервал с 7<sup>30</sup> до 17<sup>30</sup>, в остальное время нагрузка незначительна. Отклонение фазных токов составляет 8-22%, наибольшее отклонение наблюдается между токами фаз А и С. В целом нагрузка распределена по фазам симметрично.

Практически симметричное изменение токов вызывает соответствующее изменение фазных и междуфазных напряжений (рис. 2, 3). В период наибольших нагрузок происходит снижение напряжения, но не ниже номинальных значений.



**Рисунок 1 – Диаграмма изменения фазных токов в городской сети**



**Рисунок 2 – Диаграмма изменения фазных напряжений**



**Рисунок 3 – Диаграмма изменения междуфазных напряжений**

Отклонение напряжения не превышает предельно допустимого значения  $\pm 10\%$ , но в течении 50 % исследуемого времени превышает нормально допустимое  $+5\%$  в 1,6-1,8 раза (рис. 4, 5). Это приводит к нежелательному увеличению напряжения у потребителей в период минимальных нагрузок.



Рисунок 4 – Диаграмма изменения отклонений фазных напряжений

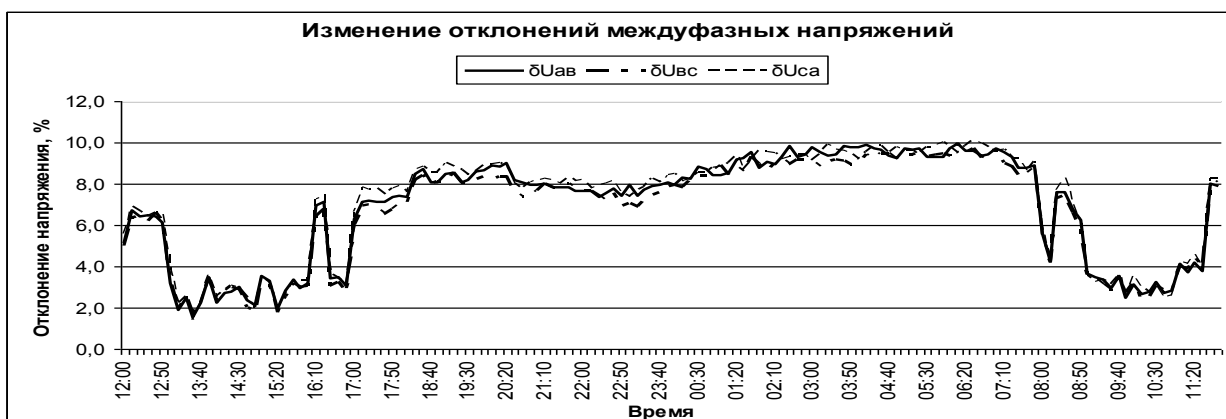


Рисунок 5 – Диаграмма изменения отклонений междуфазных напряжений

Колебание напряжения характеризуется дозой фликера. Согласно данным (рис. 6) этот показатель находится в пределах значений установленных ГОСТом. Наблюдаются кратковременные увеличения дозы фликера только в 3% времени измерений.

Практически равномерное распределение нагрузки по фазам не приводит к существенной несимметрии напряжений. Коэффициенты несимметрии напряжения по обратной и нулевой последовательности не превышают нормально допустимое значение – 2% (рис. 7).

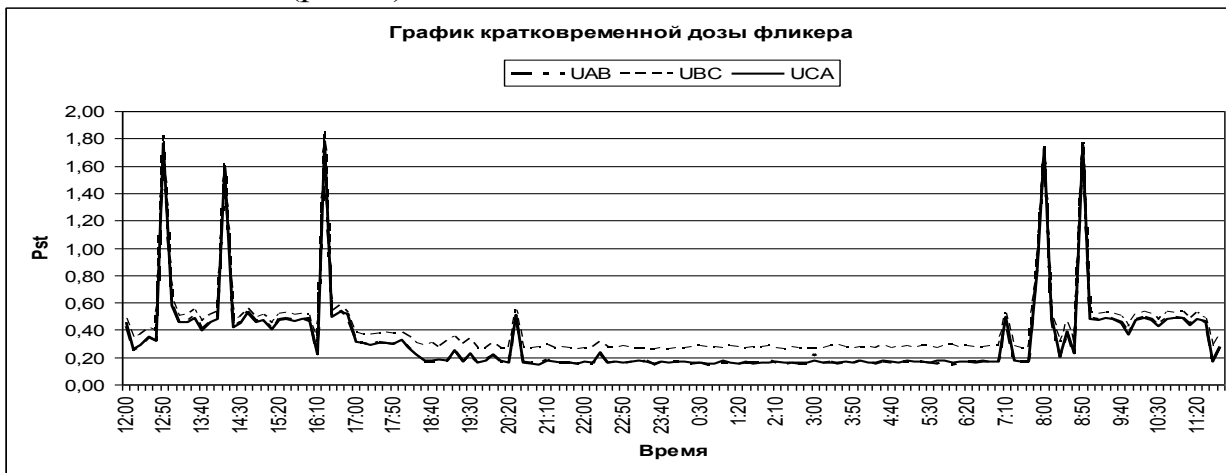
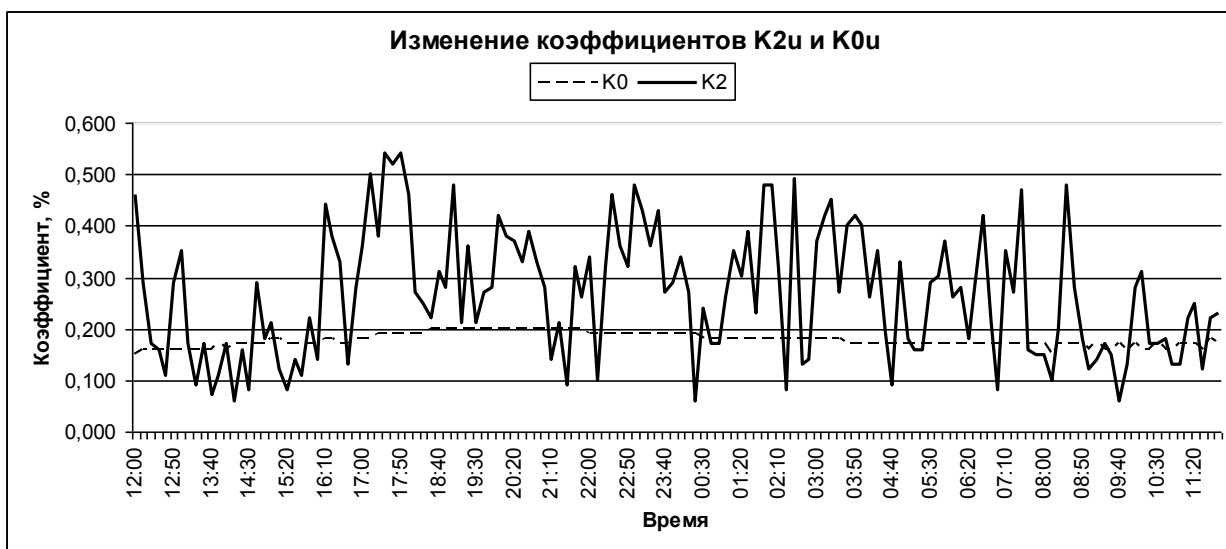


Рисунок 6 – Диаграмма изменения кратковременной дозы фликера



**Рисунок 7 – Диаграмма изменения коэффициентов несимметрии напряжения**

Результаты исследования позволяют сделать следующие выводы:

В исследуемой городской сети 0,38 кВ питающей коммунально-бытовую нагрузку не наблюдается значительных отклонений рассматриваемых показателей качества электрической энергии от требований ГОСТа;

Отклонение напряжения не соответствует требованиям ГОСТ по нормально допустимому значению в пятидесяти процентах исследуемого времени. Для нормализации показателя необходимо оперативному персоналу электросбытовой компании выполнить регулировку напряжения питающего трансформатора;

Для сравнительной оценки рассматриваемых показателей качества электрической энергии рекомендуется провести исследования на ряде аналогичных по нагрузке трансформаторных подстанций городских сетей.

#### **Список литературы**

1. Инструкция по проектированию городских электрических сетей. / РД 34.20.185-94, Гипрокоммунэнерго, РАО "ЕЭС России", Энергосетьпроект, - М.: 1995.- 30 с.
2. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. / ГОСТ 32144-2013, Стандартинформ, - М.: 2014. – 16 с.
3. Методические указания по контролю и анализу качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. / РД 153-34.0-15.501-00, ООО «Научный центр ЛИНВИТ», -М.: 2000. – 34 с.

**А.С. Табачинский**

*Самарский государственный технический университет, г. Самара*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ НУЖД ОБЪЕКТОВ АПК В САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Когда к человечеству начало приходить осознание конечности традиционных ресурсов, интерес к альтернативным видам энергии проявился с неисчерпаемым энтузиазмом. Даже в тех регионах, в которых не наблюдается дефицит энергоресурсов, альтернативная энергетика должна иметь место, и, зачастую, имеет. Традиционная энергетика в ближайшей перспективе экономически выгоднее, так как добыча традиционных энергоресурсов, в т.ч. и урана с плутонием, обходится дешевле и позволяет производить электроэнергию по более низкой себестоимости. Установки, использующие ВИЭ, хоть и дороже, но требуют затрат только на этапе строительства и обслуживания, потому они экономичнее в долгосрочной перспективе. Снижения затрат на использование установок альтернативной энергетики можно добиться, постоянно расширяя масштабы НИОКР. И именно благодаря тому, что работа в этом направлении проводится, мы можем наблюдать тенденцию к постоянному развитию альтернативной энергетики и увеличению её доли в производстве электроэнергии.

Рост установленной мощности, производимой установками на основе ВИЭ, из года в год составляет десятки процентов. Так, в 2004 году мощность альтернативной энергетики по всему миру составляла 800 ГВт [1], из которых 715 ГВт приходилось на гидроэнергетику (энергия течения рек, используемая в ГЭС, также является возобновимой, но последствия применения ГЭС не позволяют называть их экологичными). В 2014 же мощность альтернативной энергетики достигла 1560 ГВт [1], 1000 ГВт при этом выпала на долю гидроэнергетики. Это говорит о стремительном развитии т.н. «зелёной», т.е. ветряной, геотермальной, солнечной и биотопливной энергетики. Так, например, в 2004 году установленная мощность всех ВЭУ составляла 48 ГВт; в конце 2014 она уже достигла 370 ГВт, при этом за последний год было введено в эксплуатацию 51,477 ГВт [3], т.е. почти 14% от общей мощности. И тенденция к параболическому увеличению продолжится, так как цели по развитию альтернативной энергетики имеются в правительстве 144 стран мира, и инвестиции в эту область постоянно растут. В нашей стране имеется распоряжение Правительства РФ №1-р, но состояние как ветроэнергетики, так и всей альтернативной энергетики в целом, довольно плачевное. За исключением спорных территорий, установленная мощность всех ВЭУ на территории страны равна 17-18 МВт [4], из которых около 3-4 МВт приходится на индивидуальные ветроустановки, подсчёт которых, естественно, затруднён. Это не превышает мощности одной ВЭС средних масштабов. Несмотря на то, что ветроэнергетический потенциал нашей страны позволяет вырабатывать ежегодно до 6500 млрд. кВтч. Безусловно, в этих условиях актуальность разработки и производства ветряных генераторов видна невооружённым глазом.

Однако, потенциал Саратовской области не столь велик. Ниже приведена таблица среднемесячных скоростей ветра.

**Таблица 1**

	<b>Средняя скорость ветра (м/с)</b>	
--	-------------------------------------	--

Расположение метеостанции	Среднегодовая скорость ветра (на высоте 15м)	Зима	Весна	Лето	Осень	Максимальная скорость ветра (м/с)
Саратов	5,5	5,6	5,6	5,2	5,4	24
Базарный Карабулак	4,7	4,8	4,8	4,1	4,8	26
Аткарск	4,6	5	4,7	4,1	4,6	27
Балаково	4,6	4,7	4,8	4,2	4,4	25
Петровск	4,2	4,6	4,3	3,5	4,1	25
Красный Кут	4,1	4,3	4,3	3,8	4	27
Александров Гай	4	4,3	4,1	3,5	3,8	23
Пугачёв	4	4,2	4,1	3,5	3,7	24
Хвалынский	3,8	3,6	3,7	3,7	4	24
Октябрьский Городок	3,7	4	3,8	3,4	3,7	23
Калининск	3,5	3,8	3,5	2,8	3,5	23
Озинки	3,5	4,1	3,7	3,1	3,1	24
Балашов	3,2	3,6	3,4	2,8	3,2	23
Маркс	3,2	3,5	3,4	3	3	24
Новоузенск	3,1	3,7	3,2	2,5	2,8	24
Росташи	3,1	3,6	3,1	2,5	3,1	20

В среднем, скорость ветра увеличивается на 20% каждые пять метров. Из таблицы можно видеть, что экономически эффективных районов не так много; рассматривать к использованию районы со среднегодовой скоростью ветра < 4 м/с не имеет смысла, а при размещении установок, работающих на основе возобновляемых источников энергии, необходимо проводить доскональные метеоследования и экономический расчёт. Конструкция горизонтально-осевых установок такова, что при указанных выше скоростях ветра, их выработка стремится к нулю. Вертикально-осевые, несмотря на более низкие рабочие характеристики, могут найти применение, так как имеют более низкие начальную и номинальную скорости. Потому рассмотрим, для наглядности, проект энергообеспечения предприятия по очистке и сушке зерна на основе вертикально-осевой ветроэнергетической установки.

В силу наличия огромного количества случайных факторов, определяющих скорость и направление ветра, фактическая мощность ВЭУ может сильно отличаться от номинальной. Распределение скоростей ветра можно описывать существующими в математике законами распределения, например, распр. Релея или Вейбулла. Учитывая также, что вырабатываемая мощность находится в кубической зависимости от скорости ветра, в [2] рекомендуется следующая формула для расчёта мощности ветроустановки:

$$P_{\text{ВЭУ}} = 1,17 \cdot S \cdot V_{\text{ср}}^3 \cdot \varepsilon \cdot \eta, \quad (1)$$

где  $\eta$  — КПД ветрогенератора,  $\varepsilon$  — коэффициент ветроиспользования, в пределе равный 0,593; для вертикальных ВЭУ равный  $\approx 0,3 - 0,4$ ,  $S$  — ометаемая площадь.

В рассматриваемом нами случае мощность предприятия слишком велика для полностью автономного энергообеспечения. Однако, установка ветрогенераторов целесообразна потому, что большую часть года производимая ими энергия будет отдаваться в сеть, что повлечёт определённую выгоду. На время же уборочных работ электроэнергия будет частично поступать из сети.

Объёмы зерна, поступающего на наше предприятие, примем равными 20000 тонн ежегодно. Предприятие находится в Аткарском районе, где средняя

скорость ветра осенью достигает 4,6 м/с. Ветрогенераторами питается один зерноочистительно-сушильный комплекс КЗС-50 производительностью до 50 т/ч мощностью 74 кВт. Рассмотрим работу и энергетическую эффективность ветропарка из шести генераторов SAV-15 мощностью 15 кВт с  $V_H = 8,5$  м/с. Номинальная скорость отражает скорость ветра, при котором вырабатываемая генератором мощность выходит на номинальный уровень. При скорости ветра ниже номинальной мощность падает пропорционально кубу отношения скоростей; при скорости ветра выше номинальной, вырабатываемая мощность слегка превышает номинальную до определённого порога, задаваемого техническими характеристиками ВЭУ.

Мощность, отдаваемая ветрогенератором при реальной скорости ветра:

$$P_{ВЭУ} = P_H \cdot \left(\frac{V_{ср}}{V_H}\right)^3 = 15 \cdot \left(\frac{4,6}{8,5}\right)^3 = 2,38 \text{ кВт} \quad (2)$$

Мощность, потребляемая из сети при работе КЗС:

$$P_{сети} = P_{КЗС} - 6 \cdot P_{ВЭУ} = 74 - 6 \cdot 2,38 = 59,72 \text{ кВт} \quad (3)$$

Продолжительность работы КЗС на время уборочного сезона составит:

$$T_{раб} = \frac{m_{зерна}}{R_{КЗС} \cdot 24} = \frac{20000}{50 \cdot 24} \approx 17 \text{ сут}; \quad (3)$$

где  $R_{КЗС}$  — производительность установки.

Соответственно, оставшееся время года ВЭУ будут работать, отдавая электроэнергию в сеть. В среднем, количество э/э, произведённой за год, равно:

$$W_{ВЭУгод} = 6 \cdot P_{ВЭУ} \cdot 8760 = 125,093 \text{ МВт} \cdot \text{ч/год} \quad (4)$$

При этом количество э/э, потребляемой КЗС за год, равно:

$$W_{КЗС} = P_{КЗС} \cdot 24 \cdot 17 = 30,192 \text{ МВт} \cdot \text{ч/год} \quad (5)$$

Можно прекрасно видеть, что избыток, уходящий в сеть, составит:

$$\Delta W = 125,093 - 30,192 = 94,901 \text{ МВт} \cdot \text{ч/год} \quad (6)$$

К сожалению, принятие т.н. «зелёного» тарифа, регулирующего закупку электроэнергии, произведённой на основе ВИЭ, в нашей стране затягивается. Несмотря на то, что 98 стран мира [1], в том числе и наши соседи, Украина и Казахстан, уже приняли соответствующую нормативную базу и закупают экологически чистую электроэнергию по высоким ценам. В России существуют прецеденты договорённостей о продаже электроэнергии энергосбытовым компаниям, например, «Ветроэнерго» в Мурманской области, но это лишь единичные случаи. Многочисленные сложности, встающие на пути инноваторов, на данный момент преодолеваются лишь личными амбициями. Так что эта статья скорее укрепляет интерес к альтернативной энергетике и побуждает к импровизации, нежели содержит конкретное руководство по внедрению. И нельзя забывать, что дорога возникает под ногами идущего.

#### Список литературы

1. Renewables 2014. Global status report. Ren21. –France, 2015. 216 с.
2. Ветроэнергетика. Руководство по применению ветроустановок малой и средней мощности. ИСЦ. –М, 2001. 62 с.
3. <http://gwec.net/>
4. <http://rushydro.ru>

**И.А. Трушин, М.А. Левин**

*Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, г. Саратов*

## СРАВНЕНИЕ СТЕНДОВ ИСПЫТАНИЯ ПУСКОЗАЩИТНОЙ АППАРАТУРЫ УСТ «МИИСП» И «НЕПТУН»

*Аннотация: В настоящий момент промышленность выпускает большое количество оборудования для диагностирования испытания и наладки пускозащитной аппаратуры, установленной у потребителей с рабочим напряжением до 1000В. В данной статье рассматривается проблема замены устаревших стендов (МИИСП) на новые (Нептун), путем сравнения их функциональности и технических характеристик. Авторы дают обобщенную характеристику для каждого из устройств, указывая их достоинства и недостатки, область применения относительно друг друга.*

*Ключевые слова: стенд электрика, МИИСП, Нептун, ПЗА, испытательное устройство.*

В настоящий момент промышленность выпускает большое количество оборудования для диагностирования, испытания и наладки ПЗА (пускозащитной аппаратуры), установленной у потребителей с рабочим напряжением до 1000В.

В сельскохозяйственном производстве для этих целей используют универсальный стенд электрика, выпускавшийся в 80-х годах прошлого столетия. Данный стенд уже морально устарел, поэтому, необходимо определить, какой из вариантов замены предпочтителен для использования.

В качестве альтернативы мы рассмотрим стенды испытания ПЗА Нептун-2 и Нептун-3. В качестве критерий сравнения выбираем схожую функциональность и простоту использования (таблица 1).

**Таблица 1.- Таблица сравнения технических и внешних характеристик**

Характеристики	МИИСП	НЕПТУН-2	НЕПТУН-3
Питание	220В	220В	220В
Переменный ток	0...90А	100А	0,01...100А
Переменное напряжение	0...240В	0...240	2,80...290В
Максимальная потребляемая мощность	1500Вт	1000Вт	900Вт
Постоянный (выпрямленный со сглаживанием) ток	0...200А	0...5А	0,01...2А
Постоянное (выпрямленное со сглаживанием) напряжение,	0...250В	0...320В	4,00...410В
Масса, кг	48	20	28
Предел допускаемой погрешности во всех диапазонах	±(2+4 ед. мл.р.)	±(1+3 ед. мл.р.)	±(1+3 ед. мл.р.)
Габаритные размеры устройства, мм	490x405x340	220x350x500	400x320x230
Вид измерительных приборов	аналоговый	цифровой	цифровой



Подобные стенды, в первую очередь, предназначены для работы на постах электрика в качестве универсального испытательного устройства проведения испытания и настройки оборудования отдельного цеха или участка, в рамках ТО и ТР, профилактического обслуживания.

Промышленность выпускала универсальный многоцелевой стенд электрика (конструкция МИИСП), предназначенный для проведения различных мероприятий по техническому обслуживанию электродвигателей мощностью до 55-75 кВт и пускозащитной аппаратуры. На стенде можно не только проверять и настраивать тепловую и другую максимальную токовую защиту, осуществлять подгонку нагревательных элементов в расцепителях автоматов и тепловых реле, калибровать плавкие вставки предохранителей, но и проверять и регулировать контактные системы низковольтных аппаратов, проверять контактные соединения в электрооборудовании и заземлениях. Стенд позволяет проводить одновременную сушку обмоток большой группы электродвигателей (или одного двигателя до 150 кВт) непосредственно на месте и без их разборки. Стенд можно использовать также для сушки трансформаторов мощностью до 180 кВ·А, для дуговой сварки заземляющих и монтажных проводов током до 90А, для определения начал и концов обмоток электрических машин, для зарядки аккумуляторов и при ремонте автотракторного оборудования. В зимнее время стенд можно использовать для стартерного пуска автомобилей и тракторов. Также, этот стенд можно использовать в качестве сварочного трансформатора.

Испытательное устройство Нептун-2 предназначено для проверки простых средств релейной защиты и автоматики типа токовых реле, реле напряжения, реле времени непосредственно на энергообъектах. Нептун-2 позволяет измерять выдаваемую активную мощность. Диапазон измерения мощности от 0 до 2000 Вт. Устройство позволяет измерять время срабатывания реле от момента включения нагрузки тумблером до срабатывания контактов проверяемого реле.

Встроенные средства измерения устройств имеют цифровой отсчет показаний. При включенном тумблере "Фиксация" можно при регулировке зафиксировать текущие показания тока, напряжения или мощности на индикаторе в момент срабатывания контактов проверяемого реле, что невозможно на стенде МИИСП. Момент переключения контактов проверяемого реле сопровождается кратковременным звуковым сигналом для облегчения считывания значений с индикатора. В устройствах применена клавиатура из 6 кнопок и двухстрочный жидкокристаллический индикатор с подсветкой для отображения всех измеряемых величин.

Новое переносное устройство Нептун-3 при сохранении всех возможностей устройства Нептун-2 реализует часть функций установки Уран-2, что позволяет кроме проверки простых устройств защиты, требующих подачи только тока или напряжения, проверять большой круг фазо- и частотозависимых устройств защиты, таких как реле мощности, реле сопротивления, и т. д. Нептун-3 имеет три независимых источника, выходы которых гальванически развязаны от питающей сети.

Для удобства работы введены следующие сервисные функции:

- накопление и хранение в памяти результатов измерений;
- вычисление средних значений измеряемых величин, максимального отклонения от средних значений, коэффициентов возврата;
- задание и хранение в памяти 10 наборов установок для проверки различных типов устройств защиты (или настроек под конкретного пользователя).

В заключение, хочется сказать, что у каждого из приведенных стендов есть свои преимущества, но есть и недостатки, например у Нептуна-2 есть цифровой вид измерительных приборов, что, с одной стороны удобно, а недостатком же является то, что без независимого измерителя, например, нельзя определить конец и начало фазы обмоток электродвигателя. На стенде МИИСП присутствуют приборы независимого измерения, следовательно, он более функционален, но тоже время, есть недостаток - это его габаритные размеры и масса, что затрудняет его транспортировку. Тем самым можно сказать, что актуальность замены данных приборов зависит от потребности энергетической нужды в технологических операциях при ТО и ТР, видах и наличия дифференцированных ПЗА.

В общем случае, для эксплуатации вполне достаточными являются функциональные возможности установки «Нептун-2».

#### Список литературы:

1. Интернет-ресурс: <http://www.elizpribor.ru>
2. Интернет-ресурс: [www.electromonter.ru](http://www.electromonter.ru)
3. Иванкина Ю.В. Повышение качества изоляции асинхронных двигателей сельскохозяйственных электроприводов за счет капельной пропитки обмоток при ремонте // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, Саратов, 2005 г.
4. Левин М.А. К диагностированию электрооборудования// Материалы международной научно-практической конференции Вавиловские чтения: - Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2009 г.

## НЕОБХОДИМОСТЬ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ

*Аннотация.* В статье приведен анализ статистических данных по количеству и мощности трансформаторных подстанций зоны ответственности «МРСК Волги» по состоянию на 01.01.2015г. Рассмотрены причины снижения эксплуатационной надежности трансформаторных подстанций и намечены пути решения.

*Ключевые слова:* эксплуатация, трансформаторные подстанции, электроснабжение, трансформаторное масло, количество и мощность трансформаторных подстанций.

Важным элементом, определяющим надежность системы электроснабжения потребителей, являются силовые трансформаторы. Это наиболее ответственное и дорогостоящее силовое оборудование в системе электроснабжения потребителей.

Современное состояние структуры парка трансформаторных подстанций (ТП) зоны ответственности «МРСК Волги» представлено в таблице.

**Таблица - Количество и мощность трансформаторных подстанций на 01.01.2015 г.**

Наименование районной РС	Количество, шт.	Мощность, тыс. кВА
1	2	3
<i>Всего подстанций 35-220 кВ,</i>		
Саратовские РС	528	7765,5
Самарские РС	269	6670,3
Ульяновские РС	171	2523,3
Мордовэнерго	124	1420,1
Оренбургэнерго	304	3988,9
Пензаэнерго	197	3113,7
Чувашэнерго	101	2216,9
МРСК Волги	1694	27698,7
<i>в том числе: подстанций 35/6-10 кВ,</i>		
Саратовские РС	259	1290
Самарские РС	138	1047
Ульяновские РС	93	523,6
Мордовэнерго	53	184,3
Оренбургэнерго	209	1215,3
Пензаэнерго	106	685,6
Чувашэнерго	26	201,9
МРСК Волги	884	5147,7

Наименование районной РС	Количество, шт.	Мощность, тыс. кВА
1	2	3
<i>подстанций 110 кВ,</i>		
Саратовские РС	268	6350,5
Самарские РС	131	5623,3
Ульяновские РС	78	1999,7
Мордовэнерго	71	1235,8
Оренбургэнерго	95	2773,6
Пензаэнерго	91	2428,1
Чувашэнерго	75	2015
МРСК Волги	809	22426
<i>подстанций 220 кВ.</i>		
Саратовские РС	1	125
Самарские РС	0	0
Ульяновские РС	0	0
Мордовэнерго	0	0
Оренбургэнерго	0	0
Пензаэнерго	0	0
Чувашэнерго	0	0
МРСК Волги	1	125
<i>ТП 6-10-35/0,4 кВ, всего</i>		
Саратовские РС	9048	1311,55
Самарские РС	5516	1022,77
Ульяновские РС	5331	937,75
Мордовэнерго	3931	691,14
Оренбургэнерго	10022	1767,31
Пензаэнерго	6608	951,21
Чувашэнерго	4798	848,91
МРСК Волги	45254	7530,64

Из приведенных выше статистических данных видно, что большую часть составляют трансформаторные подстанции 6-10-35/0,4 кВ, из них около 60% приходится на долю распределительных электрических сетей (РЭС) находящихся в районах Саратовской области. РЭС отличаются от городских сетей большим количеством удаленных друг от друга потребителей со сравнительно малой мощностью и радиальным построением сетей. Соответственно, требуется большое число ТП, так как каждый из объектов нуждается в воде, освещении, обогреве, что создает трудности в обеспечении надежного электроснабжения и большие потери из-за протяженности воздушных линий (ВЛ).

Учитывая, тот факт, что ТП являются конечным звеном в системе электроснабжения потребителей, то выход их из строя не нарушает работоспособность системы в целом, а только лишь своих потребителей. Опыт эксплуатации сформировал тенденцию деления их на ответственные ТП, к которым предъявляют повышенные требования надежности, потому что их выход из строя причиняет значительный ущерб производству и нарушает работу объектов социальной инфраструктуры (больницы, роддома, школы и т.п.). И менее ответственные, которые при выходе из строя не несут большого ущерба, нарушения технологического процесса и работы.

В связи с тем, что ТП относящиеся к первой группе составляют незначительную часть, и как отмечалось ранее, их выход из строя связан с серьезными последствиями, то для них используют учащенный контроль технического состояния (1-2 раза в год). Соответственно, вторая группа ТП испытывается и обслуживается в соответствии с действующей нормативно технической документацией (НТД) или местными инструкциями (1 раз в 3-4 года). Поэтому, как показывает статистика, ТП из этой группы чаще выходят из строя.

Изучение эксплуатационной документации повредившихся трансформаторов, показывает, что в большинстве случаев они эксплуатировались с характеристиками масла и твердой изоляции, имеющими недопустимые отклонения от нормативных значений. Причинами повреждений трансформаторов являлась несвоевременная диагностика развивающихся дефектов (согласно ОиНИЭО РД 34.45-51.300-97 межремонтные испытания 1 раз в шесть лет, текущие испытания 1 раз в три года). Согласно РД 34.45-51.300-97 пп.6.20.4 Масло из трансформаторов мощностью до 630 кВА включительно, установленных в электрических сетях, допускается не испытывать но в пп.6.4.1 измерения сопротивления изоляции обмоток в процессе эксплуатации производятся при неудовлетворительных результатах испытаний масла (область "риска", п.25.3.1), а также в объеме комплексных испытаний. В пп.6.20.4 у трансформаторов напряжением до 35 кВ включительно масло испытывается по требованиям п.1 табл. 25.4 в течение первого месяца эксплуатации - 3 раза в первой половине и 2 раза во второй половине месяца. В дальнейшем масло испытывается по требованиям п. п.1-3 табл. 25.4 не реже 1 раза в 4 года, с учетом требований разд. 25.3.1 и 25.3.2. При проведении ремонтов и испытаниях трансформаторов без испытания трансформаторного масла невозможно сделать заключение об эксплуатационной надежности трансформатора, не зависимо от мощности трансформатора.

Причинами, затрудняющими проведение испытаний трансформаторного масла, являются отсутствие на участках РЭС современной приборной базы, обоснованной ее высокой стоимостью. А испытания в специализированных лабораториях связано с большими финансовыми и трудовыми затратами на доставку проб (около 120 км). Выходом из сложившейся ситуации будет являться разработка портативных технических средств на основе простой цифровой техники. Обладающих мобильностью, надежностью, быстродействием, относительно высокой точностью и не требующих высокой квалификации в ее использовании.

#### ***Список литературы***

1. Коломиец А.П. Устройство, ремонт и обслуживание электрооборудования в сельскохозяйственном производстве [Текст] / А.П. Коломиец, Г.П. Ерошенко, В.М. Расторгуев и др. // Учебник для нач. проф. образования. М.: Издательский центр «Академия», 2003.- 368с.

2. Шлюпиков С.В. Особенности эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве [Текст] / С.В. Шлюпиков, В.А. Трушкин // Материалы Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы энергетики АПК». – Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2010. – С. 383-385.

3. Ерошенко Г.П. Анализ послеосмотрового способа технической эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве [Текст] / Г.П. Ерошенко, В.А. Трушкин, С.М. Бакиров // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – Саратов: ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2013, №8. – С. 54-56.

4. Электронный ресурс. Режим доступа: [www.mrsk-volgi.ru](http://www.mrsk-volgi.ru)

**В.А. Трушкин, А.А. Шибанов**

*Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, г. Саратов*

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ЕГО ВНЕШНЕГО ЭЛЕКТРОМАГНИТ- НОГО ПОЛЯ**

*В статье рассматривается взаимосвязь параметров внешнего электромагнитного поля двигателя и его состояния. Представленные исследования показывают, что производя замеры напряженностей внешнего электромагнитного поля АД и строя по полученным данным картину напряжённостей, можно прогнозировать аварийные режимы работы.*

*Ключевые слова: электродвигатель, внешнее электромагнитное поле, аварийный режим, напряженность, диагностирование.*

Среди многих направлений повышения надежности электрооборудования особое внимания уделяется способам эксплуатации, основанных на идентификации аварийного режима ещё до момента его наступления и последующего его предотвращения. Поскольку, большая часть современных предприятий не имеет ремонтной базы, занимающейся восстановлением вышедших из строя электродвигателей, то очень важно выбрать такой способ эксплуатации, который позволит перейти к прогрессивной стратегии технического обслуживания по состоянию электрооборудования, открывая возможность прогнозировать работоспособность последнего и исключить внеплановые простои, приводящие к технологическому ущербу.

Главное же состоит в том, что только диагностирование позволяет организовать эффективную эксплуатацию новых поколений электрооборудования, которое имеет повышенную чувствительность к отклонениям от расчетных режимов использования, часто возникающих в условиях сельскохозяйственного производства.

Особую актуальность имеет реализация теоретически обоснованной системы технического диагностирования электрооборудования по параметрам эксплуатационных режимов работы. Одним из достоверных диагностических параметров, оценивающих состояние электродвигателя, является внешнее магнитное поле двигателя, которое изменяется под воздействием параметров эксплуатационных режимов, таких как повышенное или пониженное напряжение, перегрузка двигателя, загазованность помещения в котором работает электродвигатель, качество электроэнергии. Таким образом, можно прогнозировать аварийный режим работы электродвигателя, контролируя состояние его внешнего магнитного поля.

Главной задачей исследований, является теоретическое обоснование технического диагностирования электрооборудования по параметрам эксплуатационных режимов.

Известно, что долговременная и надежная работа электрооборудования на производстве в большинстве случаев определяет эффективность всех технологических процессов, одну из важнейших ролей в которых играют электрические двигатели (ЭД). Особые требования к надежности ЭД выдвигаются в связи с тем, что выход электродвигателей из строя приводит к нарушению взаимосвязанных производственных циклов, полной или частичной остановке технологического оборудования и механизмов. В итоге, наносимый предприятию ущерб связан не только с ремонтом и заменой вышедших из строя двигателей, но и с браком и недовыпуском

продукции. Основными средствами защиты асинхронных двигателей (АД), как наиболее распространенного потребителя электрической энергии, от аварийных режимов на сельскохозяйственных предприятиях, характеризующихся неблагоприятными условиями эксплуатации, являются широко распространенные устройства: плавкие предохранители, автоматические выключатели и более современное пускозащитное оборудование которое позволяет не только защищать электродвигатель, но и производить диагностирование текущего состояния электродвигателя, при формировании искусственных возмущений, воздействующих на изучаемый объект: измерение сопротивления изоляции, токов утечки, внутреннего сопротивления обмоток, тангенса угла диэлектрических потерь обмоток, метод высоковольтного импульса. Однако такая диагностика не способна, прогнозировать отказ, а лишь только оценивает текущее состояние контролируемого параметра. Кроме того, при проведении плановых ремонтов электрических машин, после полной сборки двигатель подвергается высоковольтным испытаниям, которые оказывают на изоляцию машины пагубное влияние, вызывая появление в обмотке микродефектов, развивающихся в процессе работы электромашины под влиянием неблагоприятных факторов: некачественной электроэнергии, перегрузок, частых пусков и остановок. С каждым высоковольтным испытанием при планово-предупредительных ремонтах число дефектов увеличивается, что в конечном итоге приводит к аварийному выходу из строя электрического двигателя. Помимо прочего, каждая разборка и сборка электродвигателя увеличивает эти микродефекты.

Поэтому поиск новых методик и устройств по выявлению дефектов на первых этапах их развития является актуальной задачей.

Суть предлагаемой методики заключается в размещении рядом с двигателем электромагнитного датчика, позволяющего фиксировать внешнее магнитное поле, образующееся вокруг двигателя в процессе его работы. Сигнал с датчика поступает на персональный компьютер, где он оцифровывается и записывается.

Далее производится анализ полученного сигнала и по определенным характеристикам полученной картины вычисляется неисправность.

Для проведения измерений на двигателе выбираются контрольные точки, (выбирать менее 8 точек не целесообразно), их положение записывается или отмечается непосредственно на корпусе двигателя. Точки должны располагаться

в плоскости одного листа электротехнической стали, из которой собран статор. В выбранных точках производятся замеры напряженности ВМП АД. По их значениям строится картина напряженностей вокруг двигателя.

В следствии ряда проведенных испытаний, для двигателей серии 4А ряда мощностей от 0,55 кВт до 2,2 кВт была получена закономерность, которая выражает зависимость состояния электродвигателя от параметров его внешнего электромагнитного поля. Так, в идеальном двигателе, работающем в своем номинальном режиме, ВМП однородно и симметрично рисунок [1]. Далее, моделировалась аварийная ситуация и было выявлено, что при появлении дефектов симметрия нарушается, что сказывается на картине поля. Так например, при моделировании аварийной ситуации связанной с повышением степени увлажнения изоляции была замечена тенденция смещения симметричности диаграммы ВМП рисунок [2].

Таким образом, итоги данных испытаний указывают на то, что анализируя параметры внешнего электромагнитного поля двигателя, можно получить информацию не только о виде аварийного режима, но и о степени его развития.



#### Список литературы

1. Гашимов М.А., Абдуладзе С.В., Исследование в целях диагностики физических процессов функционирования электрических машин при неисправностях в обмотке статора и ротора. [Текст] – 2004
2. Гемке Р.Г. Неисправности электрических машин [Текст]. – Л.: Энергия, 1975
3. Ерошенко Г.П., Медведько Ю.А., Таранов М.А. Эксплуатация энергооборудования сельскохозяйственных предприятий [Текст]. - Ростов-на-Дону: «Терра», 2006. – 590 с.



**Г.Г. Угаров, О.В. Вдовина**

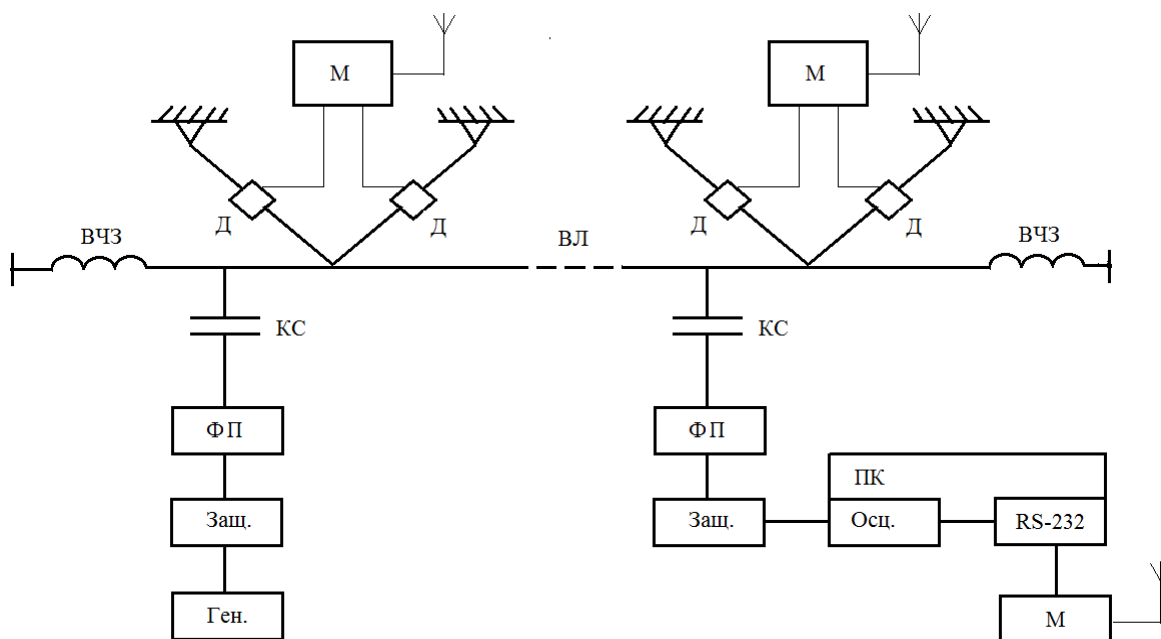
*Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., г. Саратов*

## **КОМБИНИРОВАННЫЙ СПОСОБ ОБНАРУЖЕНИЯ И ИЗМЕРЕНИЯ ГОЛОЛЕДНО – ИЗМОРОЗЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ПРОВОДАХ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ**

Интеллектуализация электроэнергетики и, в частности, одной из основных ее составляющих – воздушных линий электропередачи (ВЛЭП), связана с их защитой от неблагоприятных метеорологических воздействий. Среди многочисленных способов обнаружения гололедно - изморозевых отложений (ГИО) на проводах ВЛЭП практическое применение получили системы, основанные на измерении тяжения провода с ГИО, а также на явлениях затухания сквозного зондирующего высокочастотного сигнала (ВЧ), импульсного ВЧ зондирования проводов [1]. Недостатком известных способов и устройств является позднее обнаружение ГИО, сложность определения интенсивности и прогнозирования процессов гололедообразования. Кроме того, практическая реализация их связана с значительными затратами.

Повысить эффективность работы информационно – измерительных систем (ИИС) возможно при комбинировании физических принципов их работы. Одним из подходов создания подобной ИИС мониторинга является объединение способов, основанных на измерении тяжения провода с гололедом и явления затухания ВЧ сигнала, используемого для канала связи в ВЛЭП. Величина затухания ВЧ сигнала при прохождении по проводам и тросам ВЛЭП напрямую зависит от суммарной массы отложений ГИО. Используя эти зависимости можно построить многочастотные устройства ИИС мониторинга ВЛЭП [2].

На кафедре ЭПП СГТУ имени Гагарина Ю.А. установлена связь между интенсивностью затухания ВЧ сигнала и весом гололедообразования и предложена структурная схема ВЛЭП, дополненная элементами ИИС ВЛЭП системы телеизмерения гололедной нагрузки (СТГН) [1], приведено на рис.



**Рисунок – Структурная схема системы обнаружения гололедообразования на ВЛ по ВЧ затуханию ( ВЧЗ – высокочастотный заградитель, КС – конденсатор связи, ФП – фильтр присоединения, Д – датчик усилия, Заш. – модуль защиты, Ген. – генератор ВЧ сигнала, М – модем, ПК – персональный компьютер, Осц. – плата осциллографа)**

Поскольку «основное» устройство не дает полного представления о метеорологическом воздействии, то в систему нужно включить датчик направления и скорости ветра.

Для уточнения тяжения провода в систему может быть включен силовой датчик Д. Это позволит уточнить общее тяжение в проводе, а использование его совместно с датчиком ветра, дает возможность определить форму отложений.

Достоинство ИИС ВЛЭП, представленной на рис. заключается в том, что ее основные элементы ВЧ обработки уже существуют в энергосистемах в виде серийного оборудования и затраты по ним сведены к нулю. Затраты на привлечение элементов из ИИС СТГН незначительны.

В СГТУ имени Гагарина Ю.А. разработана так же ИИС раннего обнаружения гололедообразования на ВЛЭП и контактных сетях, основанная на термодинамическом принципе (система МИГ), проходящая сейчас производственные испытания [3]. Использование в этой системе преобразователей – датчиков других физических принципов работы может повысить эффективность ее работы.

#### **Список литературы:**

1. Башкевич В.Я. Мониторинг воздушных линий электропередачи, эксплуатация в экстремальных условиях / В.Я. Башкевич, Г.Г. Угаров, П.А. Кузнецов, С.Б. Стебеньков. – Саратов: СГТУ, 2013. – 244 с.
2. Микуцкий Г.В. Высокочастотная связь по линиям электропередачи / Г.В. Микуцкий. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 448 с.
3. Титов Д.Е. Термодинамический способ мониторинга гололедных отложений на проводах / Д.Е. Титов, Г.Г. Угаров // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. 2014. - № 4. – С.37-44

Т.В. Улыбина

Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И.Вавилова г. Саратова

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДА И КОЛИЧЕСТВА СЫПУЧЕГО МАТЕРИАЛА В ТРУБОПРОВОДЕ

**Ключевые слова:** расход, емкостной преобразователь, сыпучий мелкодисперсный материал, электрическая емкость, диэлектрическая проницаемость.

Сложные и дорогостоящие автоматические системы по определению расхода и количества транспортируемого сыпучего мелкодисперсного материала при непрерывном автоматическом дозировании мелкодисперсных сыпучих материалов в технологические агрегаты зачастую слишком неточны для малых количеств.

Использование емкостного преобразователя позволит решить проблему дозирования компонентов более эффективно. Цилиндрический емкостной преобразователь с разнесенными электродами, выполненными на изолирующей подложке, имеет высоту  $H$  и радиус  $R$ , совмещен с трубопроводом (Рис.1). Мелкодисперсный материал, перемещаемый внутри трубопровода представляет собой дисперсную систему, состоящую из дисперсионной среды – воздуха и твердой дисперсной фазы – частиц абсолютно сухого вещества, в которой изменение диэлектрической проницаемости легко зафиксировать, даже, если влаги содержится в твердой фазе незначительное количество [1].

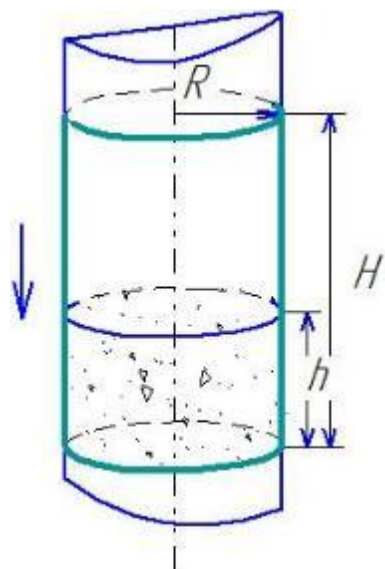


Рисунок 1.- Цилиндрический емкостной преобразователь

где  $\varepsilon_c$  - диэлектрическая проницаемость абсолютно сухого материала;  $\varepsilon_{вл}$  - диэлектрическая проницаемость влаги;  $K_{вл} = \frac{W+\Delta W}{W}$  - поправочный коэффициент влажности.

$$\varepsilon = \varepsilon_c \left( 1 + 3K_{вл} \delta_{вл} \frac{\varepsilon_{вл} - \varepsilon_c}{\varepsilon_{вл} + 2\varepsilon_c} \right), \quad (1)$$

Минимальное значение доли твердой фазы для сферических частиц соответствует состоянию, при котором порошковый материал, обладая сыпучестью, сохраняет свой объем. Частицы твердой фазы представляют собой однородные шары с пирамидальным типом укладки, объемная доля которых изменяется в пределах 0,54-0,58. Поправочный коэффициент влажности  $K_{вл}$  учитывает изменения влажности под воздействием окружающей среды  $\Delta W$ .

Когда трубопровод пустой, тогда начальная емкость преобразователя будет равна  $C_0$ , при этом диэлектрический коэффициент  $\epsilon$  для воздуха равен 1. Когда воздух будет вытеснен продуктом с диэлектрической константой выше чем у воздуха, емкость конденсатора изменится, то есть емкость будет меняться с увеличением массы измеряемого продукта в трубопроводе. Это изменение емкости будет преобразовано прибором в выходной сигнал пропорционально изменению уровня. Показание емкостного преобразователя прямо пропорционально изменению уровня продукта и уровня емкости преобразователя [2]:

$$C = C_0 + \epsilon_0 \epsilon H \left( \frac{\pi}{4} - 2b \right), \quad (2)$$

где  $b$  – ширина изолирующей прокладки электродов, м.

Электрическая емкость также зависит от геометрических параметров преобразователя (Рис.2). При свободном истечении сыпучего материала в трубопроводе, заполняющем полностью рабочий объем преобразователя, соответствует выражение прямо пропорциональной зависимости изменяющейся величины электрической емкости от массы материала, заполняющего межэлектродное пространство:

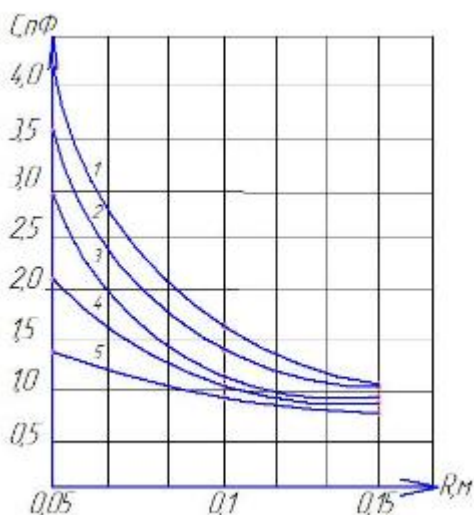
$$C = C_0 + \epsilon_0 \epsilon \frac{M}{\rho} \left( \frac{1-b}{2R^2} \right), \quad (3)$$

Где  $\epsilon_0$  – диэлектрическая проницаемость сыпучего материала,  $\rho$  – плотность сыпучего материала,  $\text{кг/м}^3$ ;  $R$  – радиус трубопровода, м.

При этом радиус преобразователя должен стремиться к наименьшему технологическому значению, а размеры частиц сыпучего материала должны быть всегда меньше радиусапускного отверстия трубопровода.

В виду чрезвычайного многообразия мелкодисперсных сыпучих материалов и их свойств (размер частицы, диэлектрическая проницаемость, влажность, температура и т.п.) емкостные преобразователи имеют возможность калибровки на месте

установки путем сравнения измеренного количества с некоторой заранее известной (взвешенной, измеренной) дозой материала. После такой калибровки "по месту" они должны обеспечивать относительную погрешность измерения в пределах 0,3...1 %. Емкостные преобразователи предлагается использовать только на вертикальных участках трубопровода и производить измерения только при свободном падении материала. Типичными местами установки прибора являются вертикальные участки на выходе бункеров, куда материал выгружается, например, при помощи поворотной заслонки. Также это могут быть участки свободного падения материала после ленточного конвейера, шнекового питателя, элеватора и других подобных устройств.



**Рисунок 2.- Изменение электрической емкости в зависимости от радиуса  $R$ :  $M_1=100\text{г}$ ,  $M_2=200\text{г}$ ,  $M_3=300\text{г}$ ,  $M_4=400\text{г}$ ,  $M_5=500\text{г}$**

### **Список литературы:**

*Улыбина Т.В.*, Определение диэлектрической проницаемости порошкового материала/ Абдразаков Ф.К., Сакович А.В.- Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н. И. Вавилова.-Саратов: СГАУ им. Н.И.Вавилова.- 2012г. - № 4. - С.50-53. - ISSN 1998-6548.

*Улыбина Т.В.*, Определение расхода сыпучего вещества в непрерывном потоке диэлектрическим методом/ Неверов П.В.- Материалы V Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы энергетики АПК». Саратов: Буква, 2014.–С.316-319.– ISBN 978-5-906522-58-0.

## ПАРАМЕТРЫ ИСТЕЧЕНИЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ В ТРУБОПРОВОДЕ

**Ключевые слова:** скорость истечения, расход, сыпучий материал.

В современном управлении технологическим процессом производства точность автоматического измерения веса и расхода сыпучих веществ во многом определяет качество и себестоимость готового продукта.

Важным направлением в решении этой задачи является измерение расхода сыпучего мелкодисперсного материала при известной плотности перемещаемого потока. Основное отличие сыпучего материала от сплошных сред заключается в дискретности его частиц, что определяет основные технические решения при создании средств взвешивания и построенных на их базе систем дозирования.

В процессе движения сыпучего материала, если оно начинается из состояния покоя, происходит быстрый переход от уплотненного, упорядочного расположения частиц к более рыхлому, беспорядочному (Рис.1). Объемный вес

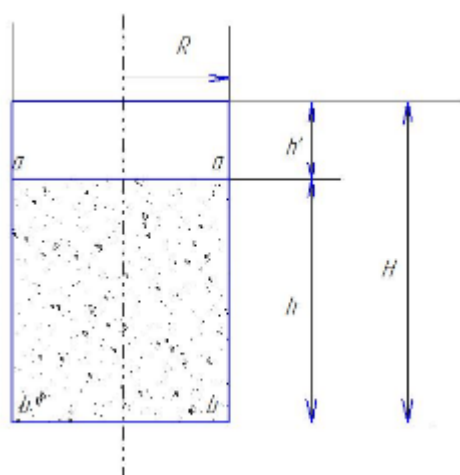


Рисунок 1.-Распределение сыпучего тела в трубопроводе при истечении.

быстро уменьшается, приближаясь к другому предельному значению, и затем остается практически постоянным в течение всего времени движения. При движении сыпучего материала по трубопроводу его пористость, а, следовательно, и насыпной вес значительно изменяются. Для сыпучего тела с бесконечно малыми шаровыми частицами верно дифференциальное уравнение свободного истечения [1]:

$$\frac{dq}{dt} + \frac{2}{\mu R^2} q^2 = \mu R^2 g, \quad (1)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $R$  – радиус трубопровода, м;  $\mu = ntg\pi/n$  – геометрический коэффициент.

С учетом объемного расхода [2]:

$$q = \mu(R - Rh)^2 v_x, \\ \frac{dq}{dt} = \mu(R - Rh)^2 a_x, \quad (2)$$

где  $h$  – абсцисса поперечного сечения трубы,  $v_x$ ,  $a_x = \frac{dv_x}{dt}$  – скорость и ускорение сыпучего материала в данном сечении трубопровода.

При  $h=H$  зависимость между начальной скоростью и ускорением истечения в трубопроводе:

$$\frac{dv_H}{dt} + 2v_H^2 = g, \quad (3)$$

Первая составляющая уравнения характеризует изменение расхода с течением времени, то есть ускорение процесса истечения (изменение скорости истечения  $v_H$ ), а вторая составляющая представляет собой абсолютное ускорение при постоянном расходе  $q=const$  или же при постоянной скорости истечения  $v_H=const$ .

Принимая начальные условия  $t=0$ , получим уравнения для определения расхода и скорости истечения в любом сечении трубопровода в функции времени:  $g$

$$\begin{aligned} q &= \mu R^2 \sqrt{\frac{g}{2}} th\omega t, \\ v_k &= \frac{R^2}{1-h} \sqrt{\frac{g}{2}} th\omega t, \\ v_H &= \sqrt{\frac{g}{2}} th\omega t, \quad \text{где } \omega = \sqrt{2g} \end{aligned} \quad (4)$$

Со временем возрастает скорость истечения, приближаясь к своему предельному значению, так как с увеличением времени множитель  $th\omega t$  увеличивается, асимптотически приближаясь к единице. При постоянной подаче сыпучего материала в трубопроводе величина объемного расхода тоже достигнет предельного значения:

$$\begin{aligned} q_{пр} &= \mu R^2 \sqrt{\frac{g}{2}} t, \\ v_{k пр} &= \frac{R^2}{1-h} \sqrt{\frac{g}{2}}, \\ v_{H пр} &= \sqrt{\frac{g}{2}} \end{aligned} \quad (5)$$

Таким образом, предельная скорость истечения  $v_{кпр}$  и объемный расход  $q_{пр}$  не зависит от высоты столба сыпучего тела, она зависит от радиуса трубопровода:

$$v_{к пр} = k_1 R^{0,5}, \quad q_{пр} = k_2 R^{0,5} \quad (6)$$

Промежуток времени, необходимый для достижения скорости истечения определим из формулы (4), как:

$$t = \frac{1}{2\omega} \ln \frac{1+\varepsilon}{1-\varepsilon}, \quad \text{где } \varepsilon = \frac{v_H}{v_{пр}}, \quad (7)$$

Таким образом, предельная скорость истечения достигается через короткое время, в трубопроводе постоянного сечения наблюдается свободное падение сыпучего тела.

#### Список литературы:

1. Улыбина Т.В., Обоснование эквивалентной механической модели порошкообразного материала/ Сакович А.В.- Материалы VII Международной научно-практической конференции «Наука в информационном пространстве». Том 1. Днепропетровск: Изд-во Била К.О., 2011. С.82–85с. – ISBN 978-9662447-86-6.
2. Гячев Л.В., Движение сыпучих материалов в трубах и бункерах. М.: Машиностроение, 1968, 184 с.

**К.М. Усанов, А.П. Мусеев.**

*Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И.Вавилова г. Саратова*

## **ВЫБОР ЗАХВАТНОГО УСТРОЙСТВА В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ПРИВОД–РАБОЧИЙ ОРГАН**

*Проанализирован выбор устройств передачи механической энергии при создании приводов с линейными электромагнитными двигателями привода тросошайбового (штангодискового) транспортера.*

*Ключевые слова: электромагнитный двигатель, устройство, транспортер, якорь, обмотка.*

Важным этапом разработки и создания линейных электромагнитных двигателей для привода кормораздаточных транспортеров представляется обоснование устройств передачи механической энергии (УПМЭ) двигателя перемещаемому рабочему органу (трос, штанга). Конструкция и параметры именно этого устройства определяют, главным образом, эффективность передачи, технические и эксплуатационные показатели привода.

Поскольку подобные устройства весьма разнообразны, представляется целесообразным кратко проанализировать особенности УПМЭ и выбрать предпочтительные для обеспечения перемещения рабочего органа кормораздаточных транспортеров.

В известном клиновом захвате [1] в приводе тросошайбового (штангодискового) транспортера при движении якоря трос (штанга) зажимается зубьями клиньев; при обратном движении якоря клинья свободно пропускают трос (штангу). Недостатком является то, что зубья клиньев постоянно находятся в контакте с рабочим органом, что приводит к его износу.

Зажимное устройство рассмотренное в [2], содержит двухфланцевый корпус с внутренней конусной расточкой в его верхней части, конусную обойму, в окнах которой размещены клинья, при этом обойма поджата вверх пружиной. Обойма соединена с рычагами, позволяющими принудительно опускать ее вниз, чтобы вывести зубья клиньев из контакта с рабочим органом. Устройство имеет сложное конструктивное исполнение из-за необходимости управления рычагами в соответствии с циклом перемещения троса (штанги), что также усложняет эксплуатацию.

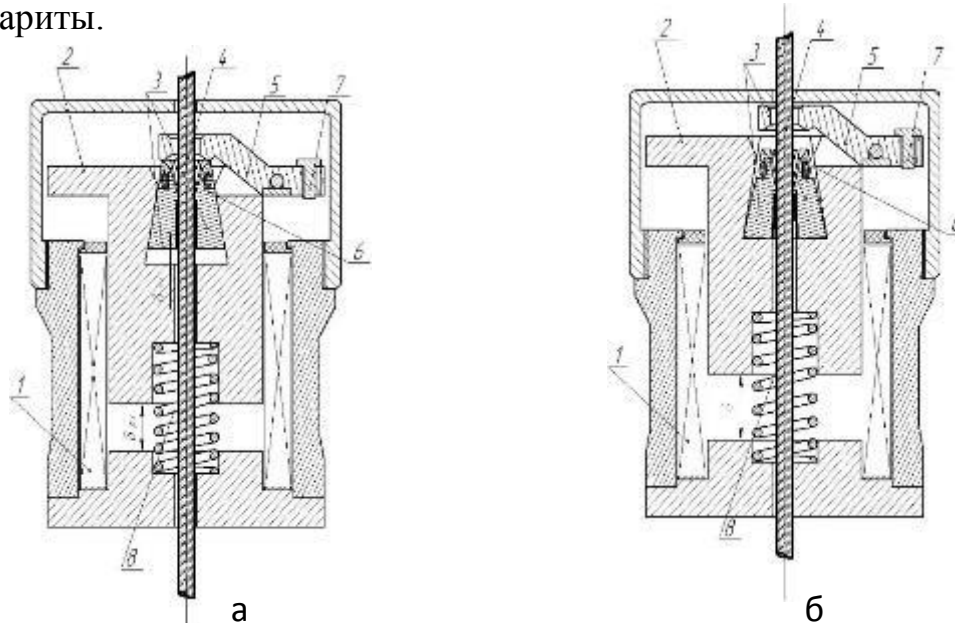
Для электромагнитных двигателей в приводе кормораздаточных транспортеров представляет интерес зажимной механизм с самотормозящимся клиновым сопряжением [3]. Во время работы он связывает подвижную часть – якорь двигателя – с тросом (штангой) и передает тяговые усилия, вызывающие линейное перемещение. Однако геометрия рабочей кромки зажимного механизма при многократном действии приводит к повреждению поверхности троса, штанги, а также к затруднению расклинивания при обратном ходе якоря.

Для преодоления рассмотренных недостатков перспективным представляется зажимной механизм [4], корпус которого совмещен с якорем электромагнитного двигателя и выполнен в его с внутренней конусной расточке с размещенными в ней клиньями (угол конусности клиньев  $9^{\circ}27'$  [5]) и кольцевыми пружинами растяжения.



При подаче в обмотку 1 питающего электрического импульса якорь 2 под действием электромагнитной силы втягивается в обмотку на величину зазора холостого хода  $\delta_{xx}$ , сжимая возвратную пружину 8. Набор клиньев 3 под действием силы на конусной поверхности создает значительные радиальные усилия, надёжно зажимает трос (штангу) 4, который перемещается совершающим рабочий ход якорем на величину  $\delta_{p.x}$ . (рис. 1а). После втягивания якоря в обмотку рычаг 5 опирается внешним плечом 7 на торцевую поверхность статора, смещает в осевом направлении элементы 3, обеспечивая надежное размыкание троса (штанги) и якоря 2. Якорь под действием возвратной пружины перемещается в обратном направлении, а кольцевые пружины растяжения 6 разводят клинья так, что исключается их контакт с тросом (штангой) (рис. 1б).

Предлагаемый механизм наиболее предпочтителен к применению в приводе кормораздаточных транспортеров с ЛЭМД. Кроме того, такие зажимные механизмы создают сравнительно малые силы отдачи якоря при холостом ходе, просты по конструкции, развивают большие усилия зажима, имеют небольшие массу и габариты.



**Рисунок 1. Положение зажимного механизма.**

#### **Список литературы:**

1. Радковский В.Р. Оборудование и инструмент для предупреждения и ликвидации фонтанов, справочник. - М.: Недра, 1996, с.542.
2. Патент № SU 786412 A1 МПК E 21 B19/10. Элеватор – спайдер / В.А. Федоренков, Д.Н. Полячек, Ю.И. Спиваковский, С.М. – № 1643553/03; Заявл. 19.04.71; Оpubл 10.03.2000, Бюл № 7. – 3 с.: ил
3. Богинский В.П. О классификации зажимных механизмов / В.П. Богинский, Б.Н. Смоленский, Ю.Н. Сырямин // Виброударные процессы в строительном производстве. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1983
4. Патент № RU 2260668 C1 МПК E 21 B19/10. Захват клиновой / И.А. Уколов, Б.Ю. Хайрулин, О.Л. Витязев– № 2004116463/03; Заявл. 31.05.2004; Оpubл 20.09.2005, Бюл № 26. – 5 с.: ил
5. Молчанов Г.В., Молчанов А.Г. Машины и оборудование для добычи нефти и газа. Учебник для вузов. – М.: Недра, 1983, с.464.

*А.Е. Усачев, Д.С. Александров, Н.А. Ятманов*  
*Ульяновский государственный технический университет*

## **РАСЧЕТ РЕЖИМА ТРЕХФАЗНОГО КЗ ВО ВСЕХ ТОЧКАХ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

Целью данной работы является создание в среде SciLab программы расчета режима установившегося трехфазного короткого замыкания во всех точках системы электроснабжения.

Предварительно в принципиальной схеме нумеруются все узлы и ветви. Узел нейтрали должен иметь номер 0 (балансирующий узел).

Исходными данными для программы являются параметры внешней электроэнергетической системы, трансформаторов, линий, двигателей и других элементов системы электроснабжения: номера ветвей и номера узлов; номинальное напряжение и мощность трехфазного короткого замыкания внешней электроэнергетической системы; напряжения обмоток, напряжение короткого замыкания и мощность трансформаторов; погонные сопротивления и длины линий; мощности, номинальные коэффициенты мощности, пусковой ток, номинальное напряжение, КПД двигателей.

При желании можно добавить в программу ввод других элементов и их параметры. Исходные данные могут быть заданы в программе или прочитаны из текстового файла.

Программа рассчитывает ЭДС и сопротивления схемы замещения в именованных единицах. Схема автоматически разбивается на дерево и хорды по известным номерам узлов и ветвей каждого элемента. Формируются матрицы коэффициентов приведения всех узлов и ветвей по напряжениям обмоток трансформаторов. Параметры схемы приводятся к базисному узлу, в качестве которого принимается точка подключения внешней электроэнергетической системы. Формируются матрицы сопротивлений ветвей, соединений ветвей в узлы и ЭДС ветвей.

Задается цикл расчета токов трехфазного короткого замыкания для всех узлов схемы. На каждой итерации цикла добавляется ветвь КЗ с нулевым сопротивлением и нулевой ЭДС между текущим узлом и узлом нейтрали. Рассчитываются напряжения ветвей и узлов, токи и мощности ветвей с помощью матричного метода контурных токов. Рассчитанные параметры переводятся в именованные единицы.

Программа является универсальной, т.е. может работать для любого количества узлов и ветвей схемы. Исходные данные и результаты расчета выводятся в командное окно SciLab и в текстовый файл. Программа предназначена для разработки оптимальных по скорости и точности алгоритмов. Программа также будет использована в учебном процессе для проверки правильности выполнения курсовых работ по дисциплине «Переходные процессы в системах электроснабжения».

### **Список литературы:**

1. Строев, В. А. Алгоритмы расчета установившихся режимов и переходных процессов в электроэнергетической системе / В. А. Строев, Ю. В. Шаров, О. Н. Кузнецов, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2006 . – 84 с.
2. Куликов Ю. А. Переходные процессы в электрических системах: Учеб. Пособие. – Новосибирск: НГТУ, М.: Мир: ООО «Издательство АСТ», 2003. – 283 с.

**В.А. Федотов, О.Н. Цыдыпова, В.Д. Очиров, Халымийн Рахмет**

*Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского*

## **ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛООВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЗАРАЖЕННОСТЬ СЕМЯН ПШЕНИЦЫ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ**

В регионе Восточной Сибири большой урон урожайности наносят заболевания зерновых – пятнистости листьев. Снижение продуктивности зерна может составить 20% и более. Из заболеваний этой группы в Иркутской области наибольшее распространение имеют возбудители гельминтоспориоза и септориоза листьев. Листовые инфекции у нас встречаются повсеместно на зерновых культурах, и интенсивность их развития нарастает к концу вегетационного периода. Развитие и распространение инфекции зависит от погодных условий вегетационного периода. Наличие возбудителя в семенном материале также дает основание предполагать проявление гельминтоспориозных пятнистостей на растениях.

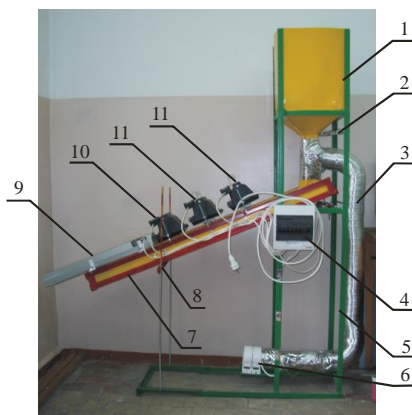
Нами были проведены исследования по предпосевной обработке семян электротепловым излучением. Анализ основных свойств семян пшеницы как объекта предпосевной обработки показал, что изменение посевных качеств зерна происходит в результате температурного воздействия. Эти изменения будут пропорциональны приложенному воздействию со стороны электротеплового излучения [4-6, 9, 10]. Рекомендованный в литературе и предварительно определенный собственными опытами температурный интервал нагрева семян пшеницы, не вызывающий снижения их всхожести, составляет 45-55°C.

Исходя из условия действия двух факторов (время обработки, сек; температура обработки, °C), был выбран двухфакторный план эксперимента (табл.).

**Таблица – Уровни факторов и интервалы варьирования**

Фактор	Уровень фактора			Интервал варьирования
	-1	0	+1	
$x_1$ – время обработки, с	1	3	5	2
$x_2$ – температура обработки, °C	45	50	55	5

Для проведения исследований после проведения предварительных экспериментов и технических расчётов была разработана и сконструирована экспериментально-промышленная установка для предпосевной обработки семян растений (рис. 1) [1-3, 7, 8, 11].



**Рисунок 1 – Установка для предпосевной обработки семян растений: 1 – бункер-дозатор; 2 – заслонка; 3 – воздуховод; 4 – щит управления; 5 – рама; 6 – калорифер; 7 – самотечное устройство; 8 – регулятор угла наклона к горизонтальной поверхности; 9 – УФ-облучатель; 10 – ИК-излучатель коротковолновый; 11 – ИК-излучатель импульсный средневолновый**

Технология обработки семян на установке состоит в следующем. Перед открытием заслонки бункера-дозатора установку включают в сеть 220 В и прогревают 600 с. После разогрева открывают заслонку бункера-дозатора и добиваются истечения семенного материала в один слой по простейшему самотечному устройству. В результате взаимодействия потока теплового излучения и потока семенного материала осуществляется процесс биостимуляции.

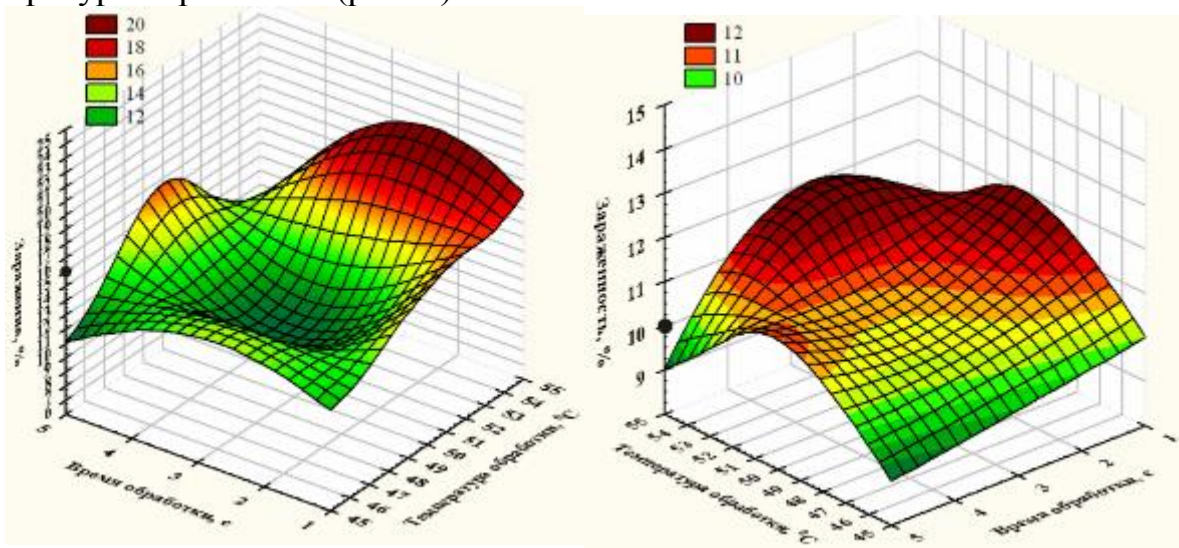
Получены уравнения регрессии, показывающие зависимость распространения и развития гельминтоспориоза и септориоза листьев пшеницы в фазу выхода в трубку от параметров теплового излучения

$$y_1 = -60,56 + 8x_1 + 2,18x_2 - 0,2x_1^2 + 0,01x_2^2 + 0,15x_1x_2.$$

$$y_2 = -112,16 + 0,96x_1 + 4,8x_2 - 0,1x_1^2 + 0,05x_2^2 + 0,013x_1x_2.$$

где  $y_1, y_2$  – зараженность гельминтоспориозом и септориозом листьев пшеницы в фазу выхода в трубку, %.

В результате табулирования уравнения были построены графические зависимости распространения и развития гельминтоспориоза и септориоза листьев пшеницы в фазу выхода в трубку от входных параметров: время обработки  $\tau$  и температура обработки  $t$  (рис. 2).



а)

б)

Рисунок 2 – Распространение и развитие гельминтоспориоза (а) и септориоза (б) листьев пшеницы в зависимости от параметров теплового излучения

Показатели распространения и развития гельминтоспориоза листьев пшеницы в фазу выхода в трубку выявили зависимость от параметров теплового излучения. Анализ полученных результатов показал, что зараженность необработанных семян составляет 15%. Как видно из рисунка 2 максимальное снижение зараженности на 33,3% наблюдается при режимах обработки с параметрами: время обработки 5 секунд и температура обработки 45 и 55°C; время обработки 3 секунды и температура обработки 50°C. При параметрах: время обработки 1 секунда и температура обработки 50 и 55°C; время обработки 3 секунды и температура обработки 55°C; время обработки 5 секунд и температура обработки 50°C зараженность не уменьшается, а наоборот увеличивается от 6,6 до 33,3%.

Анализ по зараженности септориозом показал, что зараженность необработанных семян составляет 10%. Незначительное уменьшение септориоза листьев пшеницы наблюдается при трех режимах: время обработки 5 секунд и температура обработки 45 и 55°C – на 10%; время обработки 3 секунды и температура обработки 45°C – на 5%. При остальных режимах эффект обеззараживания отсутствует, но при этом распространение септориоза незначительно.

#### Список литературы

1. Алтухов И.В. Анализ способов сушки пищевых продуктов / И.В. Алтухов, В.Д. Очиров // Вестник Иркутской государственной сельскохозяйственной академии. – 2009. – №36. – С. 16-21.
2. Алтухов И.В. Изменение основных качественных показателей семян пшеницы после воздействия различными облучателями / И.В. Алтухов, В.А. Федотов, В.Д. Очиров // Вестник Иркутской государственной сельскохозяйственной академии. – 2010. – №40. – С. 107-115.
3. Алтухов И.В. Оптические свойства сельскохозяйственных продуктов растительного и животного происхождения / И.В. Алтухов, В.Д. Очиров // Вестник Иркутской государственной сельскохозяйственной академии. – 2009. – №37. – С. 43-49.
4. Бураев М.К. Комплексный подход к обеспечению работоспособностью машинно-тракторного парка / М.К. Бураев // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2006. – №8. – С. 2-5.
5. Бураев М.К. К оценке эффективности системы агротехнического сервиса машинно-тракторного парка / М.К. Бураев, К.П. Балданов // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2007. – №6. – С. 200-204.
6. Бураев М.К. К эффективности машиноиспользования в МТС / М.К. Бураев // Техника в сельском хозяйстве. – 2008. – №1. – С. 40-42.
7. Пат. 2537919 Российская Федерация, С2 МПК А01С 1/00. Способ предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур / Федотов В.А., Алтухов И.В., Очиров В.Д.; заявитель и патентообладатель Федотов В.А. (RU). – 2013100424/13; заявл. 09.01.2013, опубл. 10.01.2015, Бюл. 1 – 7 с.
8. Пат. 2538817 Российская Федерация, С1 МПК А01С 1/00. Способ предпосевной обработки семян зерновых культур / Федотов В.А., Цыдыпова О.Н., Алтухов И.В., Очиров В.Д.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Иркутская государственная сельскохозяйственная академия (RU). – №2013133067/13; заявл. 16.07.2013; опубл. 10.01.2015, Бюл. 1 – 4 с.
9. Пиляева О.В. Основные направления энергосбережения при эксплуатации зерноочистительно-сушильных комплексов сельскохозяйственного назначения / О.В. Пиляева, Ю.А. Книга // Технические науки – от теории к практике. – 2013. – №19. – С. 86-90.
10. Руденко М.Г. Спектры акустического излучения, сопровождающего интенсивный нагрев жидкости / М.Г. Руденко, С.В. Молокова // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2007. – №2-1 (30). – С. 84-87.
11. Федотов В.А. Технология предпосевной обработки семян пшеницы электротепловым излучением / В.А. Федотов, И.В. Алтухов, О.Н. Цыдыпова, В.Д. Очиров // Вестник АПК Ставрополя. – 2014. – №3(15). – С. 52-56.

**З.Р. Харчев, О.А. Евсеева, А.И. Щелоков**

*Самарский государственный технический университет, г. Самара*

## **ПРИМЕНЕНИЕ СМЕСИТЕЛЬНЫХ ГАЗОВЫХ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРОВ ДЛЯ ОБОГРЕВА ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА**

Сегодня особое значение придаётся развитию агропромышленного комплекса. Обсуждаются проблемы энергоэффективности, импорт замещения и обеспечения продовольственной безопасности России.

В суровых климатических условиях успех в области выращивания ранней овощной рассады и свежих овощей в теплицах в значительной мере зависит от внедрения научно-обоснованных технологических операций.

Отрасль защищенного грунта, включающая выращивание овощей и зелени - одна из импорт зависимых в нашей стране. Из 1,8 млн. тонн потребляемых тепличных овощей лишь треть, около 600 тыс. тонн, выращивается в России. Все остальное составляет импорт, по большей части из стран Евросоюза[5].

Поскольку период созревания превышает длительность теплого периода на большей части территории нашей страны, «отечественные» овощи, зачастую выращиваются в теплицах, что требует больших энергозатрат, в отличие от импортных, которые выращиваются в широтах с мягким климатом.

Наибольшую долю энергозатрат (85-90 %) в тепличном овощеводстве защищенного грунта составляет тепловая энергия [2]. Затраты на обогрев культивационных помещений составляют значительную долю в себестоимости выращиваемых культур, которая определяет конкурентоспособность отечественного производителя. В связи с этим, очень важно эффективно выбирать систему отопления для обогрева культивационных помещений. Основное назначение системы отопления состоит в создании благоприятного микроклимата теплицы.

Существуют следующие системы отопления теплиц: печное (боровное), водяное и паровое, газовое, воздушное, газоздушное отопление, электрообогрев, тепловые отходы промпредприятий и термальные воды.

Печное отопление - устаревший способ обогрева, который использовался преимущественно для небольших односкатных и двухскатных теплиц, оборудованных стеллажами, имеющий низкий КПД (около 30 %). Также для такого вида обогрева характерны: неравномерность нагрева некоторых участков теплицы, незначительная площадь обогрева одной печью и большие эксплуатационные затраты.

Электрообогрев теплиц самый простой и дорогой способ обогрева, в котором могут применяться конвекторы, тепловые пушки, нагревательные кабели, маты и лампы мощностью 200-500 Вт. Электрообогрев целесообразно применять, при расположении теплицы в непосредственной близости от источника дешёвой электроэнергии, т.е. ГЭС.

К достоинствам водяного отопления можно отнести следующее: возможность центрального и местного регулирования в пределах отдельных групп нагревательных приборов, возможность поддержания равномерной температуры, значительная тепловая инерция, обеспечивающая продолжительное время сохранения в теплице благоприятной температуры, высокий КПД (в 1,5-2 раза выше печного). К основным недостаткам водяного обогрева относятся: высокие капитальные затраты (на строительство котельной, обеспечение химводоподготовки), высокие эксплуатационные затраты, низкая надежность системы (в связи с наличием в системе легко замерзающего теплоносителя).

Паровая система отопления состоит в основном из тех же элементов, что и водяная, но для ее оборудования требуется меньшая поверхность нагревательных приборов и меньший диаметр трубопроводов. Существенным недостатком паровой системы является высокая температура нагревательных приборов, отрицательно действующая на близко расположенные от них растения, и более сложная по сравнению с водяной системой эксплуатация.

Применение способа обогрева тепловыми отходами и термальными водами ограничено географическим положением культивационных сооружений.

При системе газового отопления теплица оснащается газовыми калориферами с прямым сжиганием топлива внутри сооружения. Недостаток такой системы - угроза воспламенения, возникающая из-за высокой температуры факела и открытого горения. Капитальные затраты на устройство системы газового отопления с газовыми горелками и эксплуатацию в несколько раз меньше расходов на строительство и содержание отопительной котельной и водяной циркуляционной системы отопления. При этом повышается коэффициент полезного действия отопительной системы и снижается металлоемкость.

В системе воздушного отопления нагрев воздуха происходит в калориферах, использующих в качестве теплоносителя воду, электричество, пар, продукты сгорания природного газа. Недостатки такой системы напрямую связаны с выбором теплоносителя. Наиболее выгодным теплоносителем являются продукты сгорания природного газа (системы газоздушного отопления), особенно при установке высокоэффективного газового воздухонагревателя смесительного типа.

Современные смесительные газовые теплогенераторы (ВГС) экологически чистые, обладают высоким КПД (порядка 99,5%). Такие достоинства как незамерзаемость, независимость от котельных и тепловых сетей, быстрый пуск, и вывод на заданный режим работы принадлежат и системе газового, и газоздушного отопления. Но благодаря подмешиванию свежего и рециркуляционного воздуха во второй системе исключается опасность воспламенения, снижаются требования к мероприятиям по безопасности использования систем, и расширяется их область применения. Такие ВГС были разработаны на кафедре «Промышленная теплоэнергетика» Самарского государственного технического университета, которые нашли применение в различных отраслях экономики [3].

На основании рассмотренных выше способов обогрева, можно сделать вывод, что одним из путей экономии энергоресурсов и повышения эффективности



использования тепла, является применение газоздушных систем обогрева теплиц.

Отопительная система грунтовых зимних теплиц с подпочвенным обогревом должна быть спроектирована так, чтобы можно было усиливать или ослаблять подпочвенный и воздушный обогрев порознь, включать и выключать как отдельные трубы, так и целые секции системы.

Рассмотрим способ обогрева шатра и грунта теплицы с применением ВГС. Продукты полного сгорания природного газа сжигаются в камере сгорания, смешиваются с атмосферным воздухом и подаются дутьевым вентилятором в распределительные коллекторы, уложенные в грунте теплицы, после чего по воздуховодам, расположенным по периметру, газоздушная смесь поступает в теплицу и распределяется посредством воздухораспределителей. Концентрация вредных примесей в газоздушной смеси не превышает нормативные показатели для теплиц, приведенные в нормативном документе [1].

Таким образом, применение ВГС в отоплении теплицы решает сразу две задачи: отопление, при котором становится возможным использование коллекторов большего диаметра, что увеличивает поверхность нагрева, и углекислотная подкормка выращиваемых культур.

#### **Список литературы:**

ГОСТ Р 55202-2012 «Воздухонагреватели газовые смесительные для обогрева теплиц и аналогичных не бытовых помещений».

Свистунов В.М., Пушняков Н.К. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха объектов агропромышленного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства. Учебник для ВУЗов. – 2-е изд. – СПб.: Политехника, 2007. – 423 с.: ил.

Пат. № 2361150 РФ, МПК F24H3/02. ПИСАТЕЛЬ/ А.И. Щелоков, А.С. Бойко (Россия). Заявка № 2007137551/06, Заявлено 09.10.2007; Опубл. 10.10.2007.

Сельскохозяйственные здания и сооружения : учебник для вузов / Топчий Д.Н. [и др.] – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1985. – 480 с.

Защищенный грунт нуждается в защите. Журнал «Эксперт». №36 (913). [URL:http://expert.ru/expert/2014/36/zaschischennyij-grunt-nuzhdaetsya-v-zaschite/](http://expert.ru/expert/2014/36/zaschischennyij-grunt-nuzhdaetsya-v-zaschite/)



**Е.А. Четвериков**

*Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И.Вавилова г. Саратова*

## РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СЕМЯН РАСТОРОПШИ

В ряде работ были описаны полезные свойства продуктов переработки семян расторопши, а также технологии получения этих продуктов [1]. Основным звеном в цепи переработки является сушка [2], которая осуществляется микроволновым полем. Для повышения эффективности сушки, а также для автоматизации процесса сушки с использованием влагомеров, необходимо знать электрофизические свойства семян и обладать методикой их расчета.

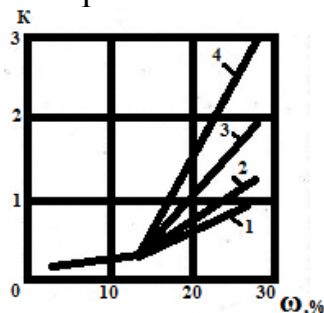
Сухое вещество расторопши представляет собой полупроводник. Повышение влажности влечет за собой изменение его электрофизических свойств. Основную роль при определении электрофизических свойств играет состояние воды в зерне. Для характеристики электрофизических свойств используют следующие показатели:  $\delta$  — электропроводность (удельная проводимость);  $\varepsilon$  — диэлектрическая проницаемость (диэлектрический коэффициент) — отношение энергии зарядки конденсатора с веществом к энергии поля в объеме вещества при одинаковой напряженности поля;  $\operatorname{tg}\delta$  — тангенс угла потерь — тангенс дополнительного угла (до  $90^\circ$ ) к углу сдвига фаз между током и напряжением; коэффициент потерь — произведение диэлектрической проницаемости на тангенс угла потерь  $K=\varepsilon\operatorname{tg}\delta$ . Их взаимосвязь с влагосодержанием зерна, установленная экспериментально, служит основанием для разработки методов и приборов для экспрессного определения влажности — электровлагомеров. Начиная с 16% влажности наблюдается быстрое возрастание электропроводности. Это вызвано теми изменениями, которые претерпевает поглощенная зерном вода при взаимодействии с веществами зерна и сами вещества вследствие их гидратации. Электропроводность оболочек и внутренней структуры различается несущественно. Диэлектрическая проницаемость зерен расторопши, неодинаковых по исходной характеристике, отличается меньше, чем его электропроводность [3]. Электросопротивление зерен определяют по следующей формуле:

$$\lg y=6,754-0,991x, \quad (1)$$

где  $y$  — электросопротивление,  $x$  — электрическая емкость конденсатора с зерном, равная произведению диэлектрической проницаемости зерна на постоянную величину.

На величину электросопротивления большое влияние оказывает характер распределения влаги по сечению зерна и особенно содержание ее в поверхностных слоях. Диэлектрическая проницаемость зерна с повышением влажности возрастает, причем наиболее заметно начиная с влагосодержания 16...18%. С повышением рабочей частоты от 0,5 до 30,0 МГц влияние влажности менее заметно.

Подобная зависимость действительна и для тангенса угла потерь. В связи с этим произведение его на диэлектрическую проницаемость — коэффициент потерь  $K$  также изменяется в различном темпе до и после 16...17% влагосодержания. По влажности 13...14% (т. е. до влагосодержания 15...16,5%) коэффициент  $K$  не зависит от рабочей частоты. Это подтверждает график (рис.1) влияния влажности зерна на коэффициент потерь при различных частотах, полученных на зернах расторопши. Зависимость коэффициента  $K$  от влажности почти не изменяется под влиянием сортовых и прочих особенностей зерен.



**Рисунок 1. Влияние влажности зерна на коэффициент потерь при частотах:**  
 1 – 9,6 МГц, 2 – 4,6 МГц, 3 - 1,96 МГц, 4 – 0,536 МГц.

Таким образом, все показатели электрофизических свойств зерен расторопши обнаруживают четко выраженную зависимость от влагосодержания и могут быть вычислены по формуле [4]:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + k\omega', \quad (2)$$

где  $\varepsilon_0$  — диэлектрическая проницаемость абсолютно сухого зерна;  $\omega$  — влажность зерна;  $k$ ,  $n$  — коэффициенты, постоянные для данной частоты. Для тангенса угла потерь зерен расторопши и для зависимости электропроводности от влажности используется формула:

$$\sigma = \alpha \exp(b\omega + C), \quad (3)$$

где  $a$ ,  $b$ ,  $C$  — постоянные.

Температура также непосредственно влияет на электрофизические свойства зерен расторопши, что связано с изменением состояния воды, поглощенной зерном. Установлено [5], что электросопротивление зернового слоя при повышении температуры снижается, причем тем заметнее, чем ниже влажность зерна. Такую особенность можно объяснить, если учесть, что при повышении температуры свойства воды, связанной с большей энергией, должны измениться значительно, чем воды, связанной слабее. Графики зависимости логарифма электросопротивления зерна от температуры распадаются каждый на два прямолинейных отрезка. Причем критическое значение температуры  $t_{кр}$  тем выше, чем ниже влажность зерна. Если сопоставить значения критической температуры с влагосодержанием зерен расторопши, то получается, что график имеет излом при влагосодержании 16,5%. С повышением температуры значения диэлектрической проницаемости возрастают, причем тем быстрее, чем больше влагосодержание зерна.

Все эти данные показывают, что электрофизические свойства зерен расторопши сложно зависят от его влажности и температуры. Это обусловило появление значительного числа систем электровлагомеров для зерна, емкостного и кон-

дуктометрического типов. Однако возможности использования их всех ограничены определенным интервалом влажности, а ошибка измерения зависит от значительного числа факторов.

На электрофизические свойства зерен расторопши существенно влияет состояние их биологической системы. Прорастание зерен, а также незавершенность его развития при созревании изменяют все показатели.

Установлено, что электрическую емкость зерна пшеницы при температуре 20°C можно рассчитать по формуле [5]:

$$\lg C = -3,991 + 4,838 \lg \omega, \quad (4)$$

где  $C$  – электрическая емкость, пФ,  $\omega$  – влажность ( $\omega = 15 \dots 30\%$ ).

При исследовании электрофизических свойств зерна риса, проса, кукурузы и некоторых других культур установили, что основные зависимости определяющих показателей свойств, зависящих от влажности и температуры, согласуются с теми, которые установлены для зерна пшеницы. Это свидетельствует о значительной общности электрофизических свойств зерна.

#### Список литературы:

1. Четвериков Е.А. Повышение эффективности сушки семян с твердой оболочкой за счет периодического воздействия энергетических потоков в микроволново-конвекционных установках (на примере сушки семян расторопши): автореф. дисс. канд. техн. наук / Четвериков Е.А. – Саратов, ФГОУ ВПО СГАУ им. Вавилова Н.И., 2003. – 30 с.

2. Четвериков Е.А. Расчет параметров комбинированной микроволново-конвективной сушки семян расторопши. / Вавиловские чтения-2009: Материалы Межд. науч.-практ. конф., – Саратов: ИЦ «Наука»; 2009. с.391-393.

3. Четвериков Е.А. Перспективы использования СВЧ – излучения в методах определения влажности зерна. / Энергетика предприятий АПК и сельских территорий 2010: Материалы международной научно- практической конференции. Санкт-Петербург: СПбГАУ, 2010. – с. 195-197.

4. Четвериков Е.А. Использование низкоинтенсивного электромагнитного излучения СВЧ диапазона для интенсификации взаимодействия мощных тепловых потоков с мелкодисперсными диэлектрическими средами. Ч.2. / Е.А. Четвериков, В.Я. Явчуновский, В.Л. Баранов – Вопросы прикладной физики: Межвуз. науч. сб. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1999. - Вып.5. – 136 с., с. 91-99.

5. Четвериков Е.А. Использование низкоинтенсивного электромагнитного излучения СВЧ диапазона для интенсификации взаимодействия мощных тепловых потоков с мелкодисперсными диэлектрическими средами. Ч.1. / Е.А. Четвериков, В.Я. Явчуновский, В.Л. Баранов, Ю.Н. Ефимов, А.В. Львицын – Вопросы прикладной физики: Межвуз. науч. сб. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1999. - Вып.5. – 136 с., с. 87-91.

**Е. В. Чемоданов, Л. М. Рыбаков**

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола

## ЗАЩИТА СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

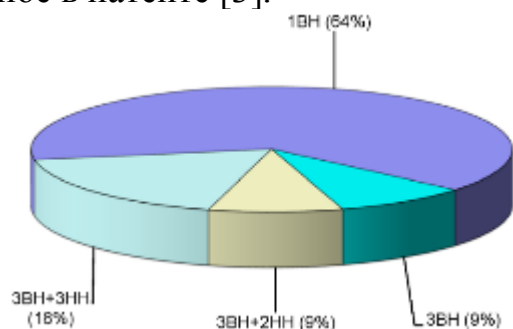
Основной причиной отказов изоляции трансформаторов от перенапряжений являются недостаточная импульсная прочность продольной изоляции (межвитковой, междукатушечной) и неудовлетворительное выравнивание первоначального распределения импульсных потенциалов вдоль обмоток. Анализируя развитие волновых процессов в трансформаторных обмотках при воздействии волн перенапряжений, следует выделить характерные фазы: начальное распределение импульсного напряжения по длине обмотки и возникновение свободных колебаний, причем пробой изоляции может произойти как на первом, так и на втором этапе развития волновых процессов [1]. Отказ изоляции вследствие крайне неравномерного начального импульсного напряжения по обмотке отмечается, как правило, в катушках, слоях обмотки, расположенных у линейного ввода. Пробой изоляции в катушках или слоях обмотки, расположенных у нейтрали, отмечается при отсутствии заземления нейтрали, так как в этом случае в результате свободных колебаний нейтраль обмотки приобретает максимальный потенциал относительно земли, в 2,5-3 раза превышающий амплитуду импульсной волны на линейном вводе [2].

Опыт эксплуатации силовых масляных трансформаторов мощностью 250 и 400 кВА показывает, что большую часть отказов обмоток НН и ВН составляют повреждения одной фазы высшего напряжения (рисунки 1, 2).

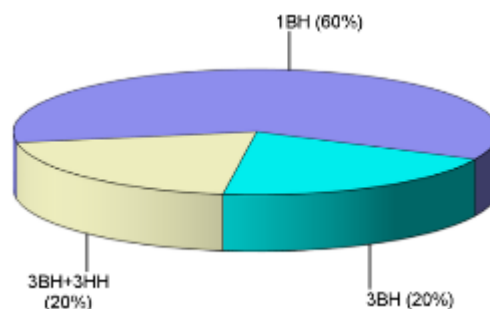
Как следует из статистических данных (рисунок 3, таблица 1), витковые замыкания являются основной причиной отказов (55% от общего количества).

Для повышения работоспособности электрических машин требуется углублённое изучение реальных условий их работы и, в частности, всех видов перенапряжений.

Для повышения отказоустойчивости силовых трансформаторов при перенапряжениях в частях обмотки от резонанса напряжений высокочастотной гармоники, образующиеся при грозовой деятельности или коммутации, например, вакуумным выключателем с собственной частотой в части обмотки может использоваться устройство защиты силовых трансформаторов от перенапряжений, описанное в патенте [3].



**Рисунок 1 – Отказы обмоток низкого (НН) и высокого (ВН) напряжений силового трансформатора ТМ 250 кВА**



**Рисунок 2 – Отказы обмоток низкого (НН) и высокого (ВН) напряжений силового трансформатора ТМ 400 кВА.**

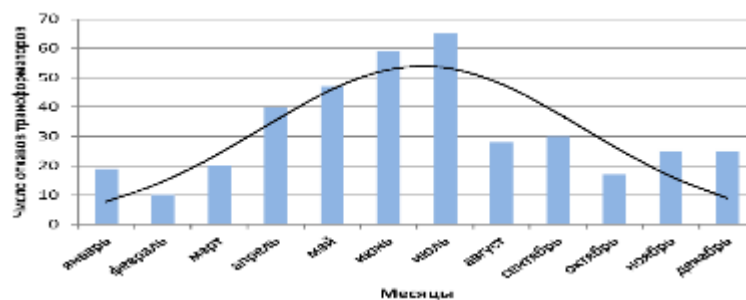


Рисунок 3 – Распределение отказов трансформаторов по месяцам (суммарные данные за 10 лет)

Таблица 1 – Распределение числа отказов силовых трансформаторов 10/0,4 кВ по причинам и месяцам года

Причина отказов	Общее число отказов		В том числе по месяцам года, шт.											
	шт.	%	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
Витковые замыкания	212	55,2	8	4	12	24	32	32	36	16	20	12	12	4
Пробой при внутренних перенапряжениях	132	34,4	8	4	12	16	16	12	12	8	16	12	12	4
Пробой при грозовых перенапряжениях	80	20,8	–	–	–	8	16	20	24	8	4	–	–	–
Дефект проходной изоляции (вводы ВН, НН)	26	6,8	1	2	2	4	3	3	3	3	1	1	1	2
Междупазное замыкание, перегрузка	25	6,6	6	–	–	–	–	7	–	–	–	–	6	6
Прочие причины (магнитопровод, переключатели и др.)	10	2,4	–	–	–	–	–	–	5	–	–	–	–	5
Дефект главной изоляции	60	15,6	2	2	3	7	7	9	11	5	5	2	3	4
Место и причина отказов не установлены	52	13,4	2	2	3	5	5	8	10	4	4	2	3	4
<b>Итого</b>	<b>385</b>		<b>19</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>40</b>	<b>47</b>	<b>59</b>	<b>65</b>	<b>28</b>	<b>30</b>	<b>17</b>	<b>25</b>	<b>25</b>
Процент от общего числа		100	4,9	2,6	5,2	10	12	15	17	7,3	7,8	4,4	6,5	6,5

Из вышеизложенного следует, что наиболее вероятной причиной отказа силовых трансформаторов являются атмосферные и внутренние перенапряжения, которые приводят, в большинстве случаев, к повреждению витковой изоляции одной из фаз обмоток ВН. Следовательно, нужны дополнительные исследования в области защиты обмоток ВН силовых трансформаторов от перенапряжений и предотвращению данных видов повреждений.

#### Список литературы:

1. Физические явления внутреннего резонанса в электрооборудовании с обмотками высокого напряжения / Бучковский И. Р., Молнар М. М., Никонец А. Л., Никонец Л. А., Сабат М. Б. / Под ред. Никонца Л. А. - Львов, 2012. - 167 с.
2. Геллер Б., Веврка А. Импульсные процессы в электрических машинах. М., «Энергия», 1973. – 440 с.
3. Ахметшин Р. С., Рыбаков Л. М., Чемоданов Е. В., Макарова Н. Л. Устройство защиты силовых трансформаторов от перенапряжений. Патент на изобретение №2505901.

**С.К. Шерязов<sup>1</sup>, В.В. Попова<sup>2</sup>, А.В. Пятков<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Челябинская государственная агроинженерная академия, г. Челябинск.

<sup>2</sup> Шадринские электрические сети АО «Курганэнерго», г. Шадринск.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ ПРИЛОЖЕННОГО К ИЗОЛЯЦИИ ТРАНСФОРМАТОРА ПРИ НЕЛИНЕЙНОЙ НАГРУЗКЕ

За последние десятилетия в сельских электрических сетях существенно изменился характер нагрузки. Произошло значительное увеличение доли потребителей с нелинейной нагрузкой. В связи появлением напряжения и тока высших гармонических составляющих обострились проблемы, ранее которые считались несущественными, (ВГС) [1].

ВГС напряжения оказывают негативное влияние на изоляцию обмоток трансформаторов, в том числе на витковую изоляцию [2]. Токи и напряжения ВГС ускоряют процесс электрического старения изоляции обмоток трансформатора.

Известны амплитудные, средние, среднеквадратичные, действующие значения напряжения. При синусоидальном напряжении принято считать действующее значение, как приложенное напряжение [3]:

$$U_{дейст.} = \frac{U_{ампл.}}{\sqrt{2}} \quad (1)$$

При несинусоидальном напряжении действующим считается среднеквадратичное значение напряжения [3], которое определяется как

$$U_{дейст.} = \sqrt{U_0^2 + U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 + \dots + U_n^2} \quad (2)$$

Действующее напряжение не является максимальным по величине и соответственно не может рассматриваться при оценке влияния приложенного напряжения на электрическое старение изоляции. Поэтому в условиях несинусоидальности кривой напряжения, определение реального приложенного напряжения является актуальной задачей.

Для решения данной задачи обратимся к преобразованиям, предложенным французским математиком Фурье. Обозначив значение напряжения в точке  $x = \omega t$  через  $f(x)$ , на отрезке  $[0; 2\pi]$ , (период гармоник основной частоты 50 Гц) функцию можно представить в виде [3]:

$$f(x) = A_0 + A_1 \sin x + B_1 \cos x + A_2 \sin 2x + B_2 \cos 2x + \dots + A_n \sin nx + B_n \cos nx, \quad (3)$$

где  $A_0$ - постоянная составляющая;  $A_1$ - амплитуда синусной составляющей первой гармоники;  $B_1$ -амплитуда косинусной составляющей первой гармоники;  $A_n$ - амплитуда синусной составляющей n-ой гармоники и т.д.

Данное разложение также можно представить в виде:

$$f(x) = A'_0 + A'_1 \sin(x + \varphi_1) + A'_2 \sin(2x + \varphi_2) + \dots + A'_n \sin(nx + \varphi_n), \quad (4)$$

где  $A'_0, A'_1, A'_2, \dots, A'_n, \dots$  - амплитуды отдельных гармоник,  $\varphi$  - угол сдвига фаз относительно начала координат.

Известно, что сельские сети с нелинейной нагрузкой работают в основном в спокойном режиме и справедливо допущение, что углы сдвига фаз между гармониками равны нулю [4]. Также при расчетах согласно [3] можно пренебречь постоянной составляющей:

$$A_0=0, \varphi_1 = \varphi_2 = \dots = \varphi_n = 0 . \quad (5)$$

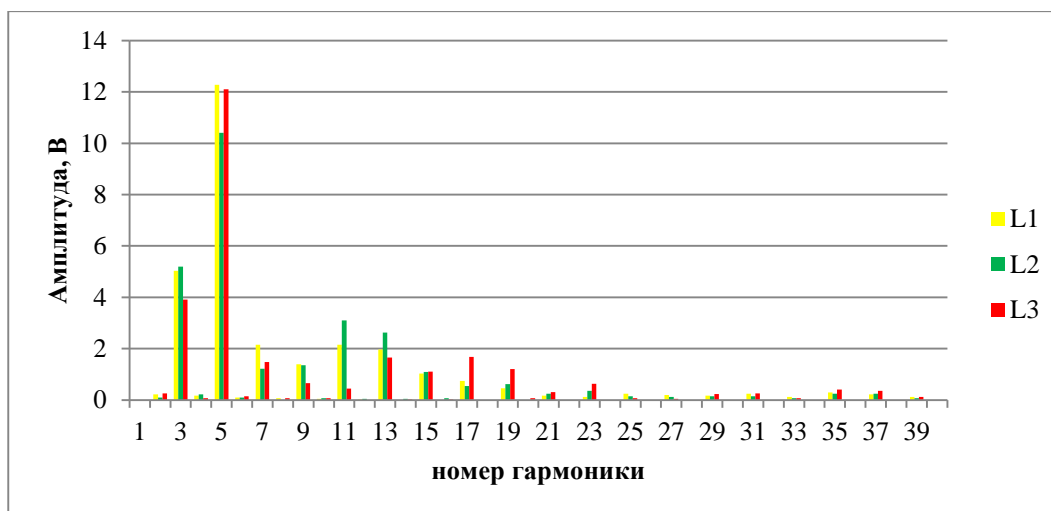
Таким образом, ряд Фурье для трехфазной системы будет представлен, в виде бесконечной суммы гармонично связанных синусов, а полученная кривая будет симметрична относительно начала координат [3] и запишется в виде:

$$f(x) = A_1 \sin x + A_2 \sin 2x + A_3 \sin 3x + \dots + A_n \sin nx , \quad (6)$$

Для оценки амплитудного значения напряжения на шинах РУ 0,4 кВ были проведены замеры n-гармонических составляющих напряжения, действующих амплитудных и среднеквадратичных значений напряжений, а также действующего значения напряжения основной гармоники. Замеры выполнялись прибором «Энергомонитор 3.3 Т1», выполняющим функции анализатора качества электроэнергии и совмещающим функцию амплитудного детектора.

Согласно руководству по эксплуатации устройства «Энергомонитор 3.3 Т1» [5] имеющиеся в приборе функции амплитудного детектора позволяют выполнять замеры амплитудных значений с учетом спектра гармоник включительно по 10 гармонике. Также прибор вычисляет действующие амплитудные  $U_{ампл.} / \sqrt{2}$  значения напряжения.

Данные замеров n-гармонических составляющих напряжения фазы L<sub>1</sub> представлены на рисунке 1.



**Рисунок 1. Спектр гармоник напряжения на шинах 0,4 кВ силового трансформатора.**

Для определения приложенного несинусоидального напряжения фазы L<sub>1</sub>, воспользуемся результатами замеров n-гармонических составляющих представленных на рис. 1. При этом действующее значение напряжения основной гармоники составляет  $U_{(1)}=239,4$  В.

При расчетах принимаем следующее допущение:

- действующие значения менее 1 В не учитываем, в нашем случае это все четные гармоники, а также весь спектр гармоник после 15-ой.

Тогда формулу (6) представим в виде:

$$f(x) = A_1 \sin x + A_3 \sin 3x + A_5 \sin 5x + \dots + A_{2n-1} \sin (2n-1)x, \text{ где } n=1,2,\dots,8.$$

$$f(x) = 239,40 \sin x + 5,02 \sin 3x + 12,28 \sin 5x + \dots + 1,06 \sin 15x.$$

Для определения максимального значения следует исследовать данную функцию на экстремум. Если в правой части оставить только три слагаемых, то проведя соответствующие расчеты можно показать, что  $\frac{\pi}{2}$  единственная точка максимума данной функции на участке от 0 до  $\pi$ . Очевидно этот вывод справедлив для любого конечного числа слагаемых. Значение, амплитуды действующего несинусоидального напряжения в точке  $x = \frac{\pi}{2}$ :

$$f\left(\frac{\pi}{2}\right) \approx (239,4 \cdot \sin \frac{\pi}{2} + 5,02 \cdot \sin \frac{3\pi}{2} + 12,28 \sin \frac{5\pi}{2} + \dots + 1,02 \cdot \sin \frac{15\pi}{2}) \approx 244,63B.$$

Оценим теперь диапазон, в котором находится максимальное значение функции напряжения фазы L1.

Имеем:

$$\max |f(x)| = \max |A_1 \sin x + A_3 \sin 3x + A_5 \sin 5x + \dots + A_{2n-1} \sin (2n-1)x|. \quad (7)$$

Так как  $|a+b| \leq |a| + |b|$ , то имеем:

$$\begin{aligned} |A_1 \sin x + A_3 \sin 3x + A_5 \sin 5x + \dots + A_{2n-1} \sin (2n-1)x| &\leq |A_1 \sin x| + \\ &+ |A_3 \sin 3x| + |A_5 \sin 5x| + \dots + |A_{2n-1} \sin (2n-1)x| \leq |A_1| \cdot |\sin x| + |A_3| \cdot |\sin 3x| + \\ &+ |A_5| \cdot |\sin 5x| + \dots + |A_{2n-1}| \cdot |\sin (2n-1)x| \leq |A_1| + |A_3| + |A_5| + \dots + |A_{2n-1}| = \\ &= 239,4 + 5,02 + 12,28 + \dots + 1,02 = 265,39 \end{aligned} \quad (8)$$

В силу непрерывности функции:

$|A_1 \sin x + A_3 \sin 3x + A_5 \sin 5x + \dots + A_{2n-1} \sin (2n-1)x|$ , получаем что и

$$\max |A_1 \sin x + A_3 \sin 3x + A_5 \sin 5x + \dots + A_{2n-1} \sin (2n-1)x| \leq 265,39.$$

Таким образом,  $\max |f(x)| \leq 265,39$

С другой стороны, так как  $|a+b| \geq |a| - |b|$ , будем иметь:

$$\begin{aligned} |A_1 \sin x + A_3 \sin 3x + A_5 \sin 5x + \dots + A_{2n-1} \sin (2n-1)x| &= \\ |A_1 \sin x + (A_3 \sin 3x + A_5 \sin 5x + \dots + A_{2n-1} \sin (2n-1)x)| &\geq \\ |A_1 \sin x| - |A_3 \sin 3x + A_5 \sin 5x + \dots + A_{2n-1} \sin (2n-1)x| &\end{aligned} \quad (9)$$

Тогда:

$$\begin{aligned} |A_1 \sin x + A_3 \sin 3x + A_5 \sin 5x + \dots + A_{2n-1} \sin (2n-1)x| &\geq \\ |A_1 \sin x + (A_3 \sin 3x + A_5 \sin 5x + \dots + A_{2n-1} \sin (2n-1)x)| &\geq \\ \max |A_1 \sin x| - \max |A_3 \sin 3x + A_5 \sin 5x + \dots + A_{2n-1} \sin (2n-1)x| &\geq \\ \max |A_1 \sin x| - (\max |A_3 \sin 3x| + \max |A_5 \sin 5x| + & \\ \dots + \max |A_{2n-1} \sin (2n-1)x|) = |A_1| - |A_3| - |A_5| - \dots - |A_{2n-1}| &= \\ = 239,4 - 5,02 - 12,28 - \dots - 1,02 = 213,4B &\end{aligned} \quad (10)$$

Максимальное значение амплитуды действующего несинусоидального напряжения должно находиться в диапазоне:



$$213,40 \leq \max |f(x)| \leq 265,39 \quad (11)$$

Отметим, что полученный результат расчетов попадает в этот диапазон:  $244,63 \in (213,40; 265,39)$ .

Также по вышеизложенной методике произведем расчет действующего несинусоидального напряжения для спектра гармоник с 1 по 10 (как замеряет амплитудный детектор). Данные замеров действующих амплитудных, среднеквадратичных значений, значений напряжений основной гармоники на шинах 0,4 кВ, а также результаты расчетов действующих несинусоидальных напряжений до 10-й и до 15-й гармоники для всех фаз приведены в таблице 1.

**Таблица 1. Значения напряжения на шинах 0,4 кВ ТП 10/0,4 кВ.**

№ п/п	Параметр напряжения	Номер фазы		
		L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>
1	$U_{\text{ампл.}} / \sqrt{2}$	245,32	243,62	243,5
2	$U_{\text{дейс. нес. (до 10 гармоник)}}$	245,88	243,55	243,28
3	$U_{\text{дейс. нес. (до 15 гармоник)}}$	244,63	241,98	243,47
4	$U_{\text{среднекв.}}$	239,8	238,53	235,9
5	$U_{(1)}$	239,4	238,51	235,54

Анализируя данные, приведенные в таблице 1, можно сделать вывод, что до 10-й гармоники  $U_{\text{ампл.}} / \sqrt{2} \approx U_{\text{дейст. нес.}}$ , и погрешность расчетов составляет не более 0,3%. Однако результаты расчетов  $U_{\text{дейст. нес.}}$  до 15-й гармоники отличаются от  $U_{\text{дейс. нес.}}$  до 10-й гармоники, по причине наличия в гармоническом спектре значительных амплитуд 11, 13, 15 гармоник, которые необходимо учитывать.

Таким образом, для определения значения  $U_{\text{дейс. нес.}}$ , следует учитывать весь спектр гармоник. Более истинное значение из полученных расчетов для фазы L<sub>1</sub> составляет  $U_{\text{дейс. нес. (до 15 гармоник)}}$  - 244,63 В.

Результаты расчета методом Фурье и проведенные замеры, показывают, что действующее несинусоидальное напряжение может существенно отличаться от среднеквадратичных значений. В нашем случае действующее несинусоидальное напряжение больше среднеквадратичного значения - фазы L<sub>1</sub> на 2,34 % или на 4,83 В, фазы L<sub>2</sub> на 1,44 % или 3,45 В, фазы L<sub>3</sub> на 3,11% или 7,57 В.

Полученное действующее несинусоидальное напряжение можно рассматривать как приложенное к обмоткам трансформатора. Тогда при оценке влияния напряжения на состояние изоляции необходимо определять действующее несинусоидальное напряжение, являющееся максимальным действующим значением за период основной гармоники и определяющееся как сумма всех значений гармоник в точке максимума функции.

#### **Выводы:**

Определение влияния ВГС напряжения на изоляцию оборудования, эксплуатируемого в сельских электрических сетях, следует проводить с учетом всего ряда ВГС напряжения, то есть с учетом действующего несинусоидального напряжения.

Действующее несинусоидальное напряжение может значительно отличаться от среднеквадратичного значения. Причина отличий зависит от амплитуд ВГС напряжения.

ВГС напряжения являются одной из причин электрического старения изоляции, по причине увеличения напряжения приложенного к изоляции.

#### Список литературы

1. *Patrick Heavey., Clint Whitney.* RMS Measuring Principles in the Application of Protective Relaying and Metering. Presented before the 30 th Annual Western Protective Relay Conference. Spokane, WA USA. 2003.
2. *Шерьязов С.К., Пятков А.В.* Анализ факторов влияющих на витковые замыкания в трансформаторах напряжением 6-10/0,4 кВ. Вестник КрасГАУ 2014. № 7.
3. *Бессонов Л.А.* Теоретические основы электротехники. М.: «Высшая школа», 1996. 580 с.
4. *Богуцкий А., Гамма А.З., Жежеленко И.В.* Нормирование показателей качества электрической энергии и их оптимизация. Гливице - Иркутск, 1988. - 249 с.
5. Приборы для измерения электрических величин и показателей качества электрической энергии Энергомонитор-3.3.Т1. Руководство пользователя. 2012. 120 с.
6. ГОСТ 32144—2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.

**Шмигель М.Р., Степанов С.Ф.,**

*Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А., г.Саратов*

## **СИСТЕМА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРАВОНАРУШЕНИЙ АВТОМОБИЛИСТОВ ПРИ ПЕРЕСЕЧЕНИИ СТОП-ЛИНИИ НА ЗАПРЕЩЕННЫЙ СИГНАЛ СВЕТОФОРА**

Обеспечение безопасности автомобильного движения является приоритетным направлением в развитии общества. В крупно населённых пунктах активно применяются системы видео и фотофиксации правонарушений. Однако большинство систем требуют значительных финансовых затрат, что снижает эффективность их применения в поселках и небольших городах из-за недостаточного объема автомобильного потока.

Так как использование устройств видео и фото фиксации правонарушений позволяет снизить субъективную оценку событий, происходящих на дорогах, в том числе исключить «человеческий» фактор при оценке совершенного правонарушения, уменьшить количество дорожно-транспортных происшествий и повысить дисциплинированность водителей, то появилась потребность в создании аналогичных систем фиксации нарушений ПДД, но с улучшенными экономическими показателями, для последующего повсеместного внедрения.

В настоящее время на рынке представлено большое количество разнообразных систем фиксации правонарушений. В основном данные системы работают по принципу визуально-аналитического определения нарушений, совершенных водителями. Например, принцип работы системы контроля дорожного движения и фиксации правонарушений «Перекресток» организован на использовании 2-х видеокамер с высоким разрешением. В поле зрения первой видеокамеры находится светофор, с которого производится детектирование красного света, а также участок дороги до 4-х полос, включая стоп-линию и перекрёсток по ходу движения транспорта.

Вторая видеокамера является обзорной, обеспечивает наблюдение до 4-х полос движения в одном направлении. Она расположена навстречу транспортному потоку. По видеоинформации от этой камеры производится распознавание номеров и определение нарушений.

Обе камеры работают синхронно, обеспечивают обнаружение фактов проезда на запрещающий сигнал светофора и невыполнение требования ПДД об остановке перед стоп-линией.

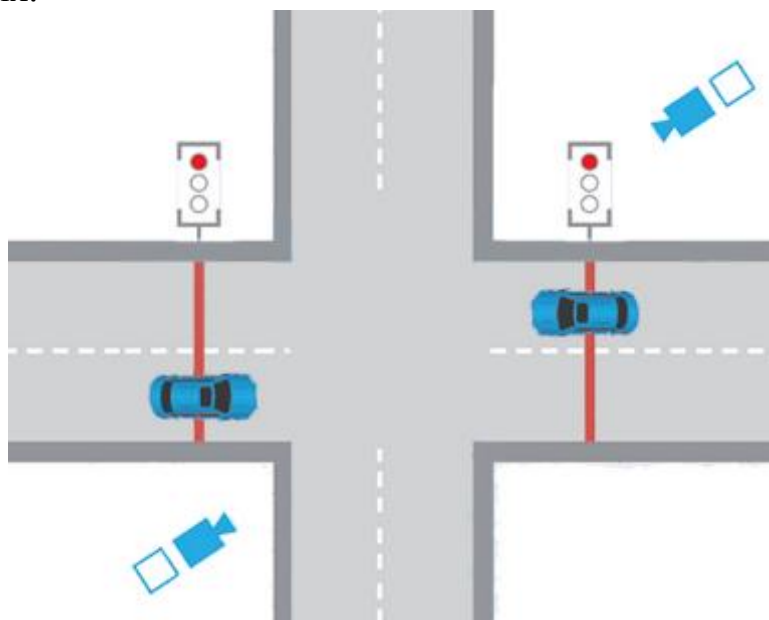
Недостатком данной системы при определениях правонарушений, связанных с пересечением стоп-линии, является то, что необходима четкая настройка положения камеры. Необходимо, чтобы в поле зрения камеры входили такие элементы дорожной разметки, как стоп-линия, дорожные знаки, светофорные объ-

екты. Однако при таком расположении камер не всегда возможно точное определение пересечения автомобилистом стоп-линии, т.к. могут быть созданы различные препятствия, мешающие полному обзору дорожной ситуации.

Для повышения качества и степени точности определения совершения нарушения возможно включение в систему визуального определения правонарушения оперативного узла, с помощью которого устанавливается непосредственное пересечение автомобилистом стоп-линии. Данная система будет располагаться непосредственно на светофоре.

Система основана на взаимодействии фотореле, лазерного луча, фотофиксатора и ячейки памяти, снабженной каналом для передачи данных.

При загорании красного сигнала светофора посредством логической связи подается сигнал на включение фотореле и лазерного луча. При пересечении автомобилем стоп-линии на запрещающий сигнал светофора, лазерный луч будет разомкнут, вследствие чего фотореле подаст сигнал на фотофиксатор. Далее фотофиксатором будет сделан снимок нарушителя и сохранен в ячейке памяти. В конечном итоге по каналу передачи данных возможен легкий сбор информации о правонарушениях.



**Рисунок 1 –определение правонарушений при пересечении автомобилистом стоп-линии на запрещенный сигнал светофора**

К достоинствам данной системы можно отнести следующие показатели:

- уменьшение стоимости системы, за счет отсутствия непрерывной видеозаписи информации
- легкость в обслуживании, за счет уменьшения собранной информации
- более точное определение правонарушений
- возможность применения в небольших городах и поселках городского типа.

#### **Список литературы:**

1. Кашкаров А.Н. Системы видеонаблюдения. Ростов н/Д: Феникс. 2014. 120 с.
2. ЭЛВИС: системы видеонаблюдения [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://elvees.ru>

## Содержание

<b>Балакин М. М., Яшин М.В., Степанов С.Ф. РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ВЕТРОЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ОТ УРАГАННОГО ВЕТРА</b> .....	3
<b>Бигун А.Я., Кузнецов Е.А., Сеница Е.С., Лукачева А.А., Артамонова Е.Ю., Эм Р.А. ВЫБОР УСТРОЙСТВ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ С УЧЕТОМ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ ЭЛЕМЕНТОВ СЕТИ</b> .....	6
<b>Брюнина О.Г. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОТЛОВ ПЕЛЛЕТНОГО ТИПА</b> .....	8
<b>Брятов А.С., Танаев А.В. МАЛОГАБАРИТНЫЙ ОЗОНАТОР “ОЗОН-1”</b> .....	11
<b>Бубенчиков А.А., Артамонова Е.Ю., Дайчман Р.А., Файфер Л.А., Катеров Ф.В., Бубенчикова Т.В., Шульга К.С., Астапова Ю.О. ВЫБОР ТИПА ВЕТРОКОЛЕС И ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРА ДЛЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК МАЛОЙ МОЩНОСТИ</b> ...	13
<b>Бубенчиков А.А., Артамонова Е.Ю., Дайчман Р.А., Файфер Л.А., Катеров Ф.В., Бубенчикова Т.В., Шульга К.С., Астапова Ю.О. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОНЦЕТРАТОРОВ ВЕТРОВОЙ ЭНЕРГИИ В РЕГИОНАХ С МАЛОЙ СРЕДНЕГОДОВОЙ СКОРОСТЬЮ ВЕТРА</b> .....	19
<b>Волгин А.В., Леонтьев А.А., Моисеев А.П. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЛИНЕЙНЫМИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ</b> .....	24
<b>Волобуев С.В. ВЛИЯНИЕ ПРЕВЫШЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ИЗОЛЯЦИИ СТАТОРНОЙ ОБМОТКИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ НА ПОВЫШЕННЫЙ РАСХОД ЕЕ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕСУРСА</b> .....	27
<b>Волошин А.П., Лыгнев А.С. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ КОНСТРУКЦИИ РАЗРЯДНОГО УСТРОЙСТВА ПЛАСТИНЧАТОГО ТИПА</b> .....	30
<b>Глинская А.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ</b> .....	33
<b>Глубокий Ю.Н. УПРАВЛЕНИЕ ТРЕХФАЗНЫМИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ В ОДНОФАЗНОМ РЕЖИМЕ</b> .....	35
<b>Горбунов Б.И., Филимонов И.В., Михалёв Е.В., Горбунов В.Б., Тюльнев А.В. БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ВЕКТОР ПЕРСПЕКТИВНОГО РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ</b> .....	38
<b>Давыдов А.А., Уразов С.И. ПОВЫШЕНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ПУТЁМ ОБРАБОТКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПОЛЕМ</b> .....	42
<b>Евсеева О.А., Харчев З.Р., Щелоков А.И. ПРИМЕНЕНИЕ ГАЗОВЫХ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРОВ ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ И ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ СООРУЖЕНИЙ АПК</b> .....	45
<b>Егиазарян А.С. СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ</b> .....	48
<b>Ерошенко Г.П., Бакиров С.М., Зиниев Ш.З., ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ПОЛЯРНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ В СХЕМАХ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ</b> .....	50
<b>Епифанов А.Д. ПРОИЗВОДСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ ИЗ ОТХОДОВ КЕДРОВЫХ ШИШЕК</b> .....	53
<b>Жусупова А.А., Кирюшатов А.И. ИНТЕНСИВНОСТЬ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ, В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФОРМЫ И СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТИ</b> .....	59
<b>Жусупова А.А., Кирюшатов А.И. ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ В ЗЕРНИСТОМ СЛОЕ</b> .....	62
<b>Зиниев Ш.З. ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ</b> .....	64
<b>Зубков Ю.В., Кузнецова Ю.Н. ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ПРИ РАСЧЕТЕ НАГРУЗОЧНОГО РЕЖИМА ВЕНТИЛЬНОГО ГЕНЕРАТОРА</b> .....	68
<b>Иванкина Ю.В. МОДЕРНИЗИРОВАННАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ КАПЕЛЬНОЙ ПРОПИТКИ СТАТОРНЫХ ОБМОТОК АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ</b> .....	70
<b>Исаев А.В., Бастрон А.В., Яхонтова В.С. РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ ДЛЯ ПОСЕВА СЕМЯН С ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКОЙ ИХ СВЧ-ЭНЕРГИЕЙ</b> .....	73
<b>Каргин В.А., Марадудин А.М., Щербаков Д.П. МЕТОДЫ РАСЧЕТА ТЕПЛОВЫХ И ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЛЭМД ИМПУЛЬСНЫХ МАШИН</b> .....	75
<b>Карпелова М.А., Котенев А.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В СЕТЯХ СРЕДНЕГО И НИЗКОГО НАПРЯЖЕНИЯ</b> .....	79

<b>Катаева Н.К. К ВОПРОСУ ИССЛЕДОВАНИЯ УЗО И ПРИМЕНЕНИЯ ИХ В УСЛОВИЯХ НЕСИММЕТРИИ.....</b>	<b>81</b>
<b>Кирюшатов А.И., Катков Д.С. О ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ОСНОВАХ РАБОТЫ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ.....</b>	<b>85</b>
<b>Кашапов Ильназ И., Зиганшин Б.Г., Корсаков Н.А., Валиев А.Р. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В АПК.....</b>	<b>88</b>
<b>Климов Н.А., Солдатов В.А., Постнов Е.Л. ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТРАНСФОРМАТОРОВ НА АВАРИЙНЫЕ РЕЖИМЫ ФИДЕРА 35 КВ С ТРЕХОБМОТОЧНЫМ ПИТАЮЩИМ ТРАНСФОРМАТОРОМ.....</b>	<b>91</b>
<b>Клундук Г. А. ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭМСПВЧ НА ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН ЛЬНА.....</b>	<b>94</b>
<b>Кожухов В. А., Себин А. В., Ирбеткин А. О. РАЗРАБОТКА НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОМ ОВОЩЕВОДСТВА ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА В ВЕГИТАЦИОННОЙ КЛИМАТИЧЕСКОЙ КАМЕРЕ.....</b>	<b>98</b>
<b>Козюков Д.А. ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ПОСРЕДСТВОМ ПРИМЕНЕНИЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ.....</b>	<b>102</b>
<b>Кондратьева Н.П., Коломиец А.П., Большин Р.Г., Краснолуцкая М.Г. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРООБЛУЧЕНИЯ МЕРИСТЕМНЫХ РАСТЕНИЙ.....</b>	<b>104</b>
<b>Кондратьева Н.П., Коломиец А.П., Большин Р.Г., Краснолуцкая М.Г. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН.....</b>	<b>1048</b>
<b>Коваленко О.Ю., Пильщикова Ю.А., Кудашкина М.В., Гусева Е.Д. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ СВЕТОТЕХНИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ АПК.....</b>	<b>112</b>
<b>Кононова М.Ю. РАСШИРЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЗНАЧИМОСТИ ОБЪЕКТОВ НА ВИЭ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ТЕРРИТОРИЙ РАЗВИТИЯ.....</b>	<b>114</b>
<b>Копылов С.И., Маркарова Э.Н., Розова Е.В. ЗНАЧЕНИЕ КОНТРОЛЯ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ ПРИ ДИАГНОСТИРОВАНИИ СЕТЕВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ.....</b>	<b>121</b>
<b>Котенев А.В., Татарников А.Н. СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПОГРУЗЧИКАМИ С КАБЕЛЬНЫМ ПИТАНИЕМ.....</b>	<b>124</b>
<b>Котенев В.И., Кочетков В.В., Петров В.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЕМ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМИ АСИНХРОННЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ.....</b>	<b>126</b>
<b>Кузнецов Е.А., Бигун А. Я., Великий И.В., Жиленко Е.П., Артамонова Е.Ю., Смородин Г.С. ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРЫ И ПОТЕРЬ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ПРИБЛИЖЕННОГО РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ.....</b>	<b>128</b>
<b>Кудряков А.Г., Кучеренко Д.Е., Кочубей Е.А. ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ.....</b>	<b>131</b>
<b>Кучеренко Д.Е., Кочубей Е.А. СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА.....</b>	<b>133</b>
<b>Кучеренко Д.Е., Кочубей Е.А. ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ ВОССТАНАВЛИВАЕМЫХ СИСТЕМ.....</b>	<b>134</b>
<b>Кучеренко Д.Е., Кочубей Е.А. МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ.....</b>	<b>136</b>
<b>Кучеренко Д.Е., Кочубей Е.А. АККУМУЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГИИ.....</b>	<b>138</b>
<b>Лошкарев И.Ю., Клепиков А.П., Лошкарев В.И. ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В АЛЕКСАНДРОВО-ГАЙСКОМ РАЙОНЕ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ.....</b>	<b>139</b>
<b>Лыков Ю.Ф. ЗАЩИТА ОТ ОДНОФАЗНЫХ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 6-20 кВ.....</b>	<b>145</b>
<b>Лысаков А.А. ВОЗДЕЙСТВИЕ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ИОНОВ НА СОХРАННОСТЬ КАРТОФЕЛЯ.....</b>	<b>148</b>
<b>Лягина Л.А., Кудрявцев А.С. ОСНОВНЫЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ ИНФРАКРАСНОЙ СУШКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ.....</b>	<b>151</b>
<b>Лягина, Л.А. Кудрявцев А.С. СПОСОБЫ СУШКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ.....</b>	<b>153</b>
<b>Малов В.Т. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПЛАЗМЕННЫХ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВОК.....</b>	<b>154</b>

<b>Марадудин А.М., Каргин В.А., Щербаков Д.П. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ИМПУЛЬСНЫХ МАШИН.....</b>	<b>157</b>
<b>Massad A.Kh., Ugarov G.G., Moshkin V.I. THE INFLUENCE OF HOLDING DEVICES ANCHOR PARAMETERS ON THE HOLDING FORCE MAGNITUDE, OF AN INTEGRATED LINEAR ELECTROMAGNETIC MOTOR .....</b>	<b>161</b>
<b>Мергенова Б.К., Угарова Г.Г. ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ И РЕЖИМНЫХ ФАКТОРОВ НА ПАРАМЕТРЫ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИИ. СПОСОБЫ ПЛАВКИ ГОЛОЛЕДА.....</b>	<b>168</b>
<b>Моисеев А.П., Волгин А.В., Лошкарев И.Ю., Леонтьев А.А. СИЛОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ДВИГАТЕЛЯ С ОСЕВЫМ КАНАЛОМ.....</b>	<b>179</b>
<b>Моисеев А.П., Волгин А.В., Лошкарев И.Ю., Леонтьев А.А. СИЛОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛИНЕЙНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ДВИГАТЕЛЯ С КОНДЕНСАТОРНЫМ ПИТАНИЕМ.....</b>	<b>181</b>
<b>Макаренко А.Е., Стрельников В.А. МИКРОКЛИМАТ В ТОРГОВОМ ЗАЛЕ САДОВОГО ЦЕНТРА.....</b>	<b>185</b>
<b>Макаренко А.Е. ЗНАЧИМОСТЬ ПРОЦЕССА ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЖБИ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО РЫНКА.....</b>	<b>188</b>
<b>Морозова Н.Н. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ «PROPANE AIR» В РОССИИ.....</b>	<b>190</b>
<b>Нейман Л.А. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАБОЧЕГО ЦИКЛА НЕУПРАВЛЯЕМОЙ СИНХРОННОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ МАШИНЫ С ИНЕРЦИОННЫМ РЕВЕРСОМ БОЙКА.....</b>	<b>193</b>
<b>Нейман В.Ю. ИМПУЛЬСНЫЙ ЛИНЕЙНЫЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ПРИВОД С ИНТЕГРИРОВАННОЙ СТРУКТУРОЙ.....</b>	<b>197</b>
<b>Никитенко Г.В., Коноплев Е.В., Коноплев П.В., Бобрышев А.В., Деведеркин И.В. СИСТЕМА АВТОНОМНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИМ АККУМУЛЯТОРОМ.....</b>	<b>202</b>
<b>Никитина Н.К., Федулов К.Э., Степанов С.Ф. СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ЖИЗНЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОРГАНИЗМА С ФУНКЦИЕЙ ОПОВЕЩЕНИЯ.....</b>	<b>206</b>
<b>Новик И.В., Буторин В.А. ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ.....</b>	<b>209</b>
<b>Обухова А.А., Клочкова Н.Н., Обухова Ю.В. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В УСТАНОВКАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЧАСТОТНО РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА.....</b>	<b>211</b>
<b>Овсянников В.Н., Левина Г.Ж. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В МОМЕНТНОМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕ.....</b>	<b>213</b>
<b>Одинец А.И., Федорова Л.Д., Федоров Д.В. ПРИМЕНЕНИЕ ДАТЧИКОВ МЭМС ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ И ДИАГНОСТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЯ.....</b>	<b>215</b>
<b>Панарин И. В. ЭКОНОМИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ С ПОМОЩЬЮ РЕГУЛИРУЕМОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ.....</b>	<b>219</b>
<b>Погребижская Е.М. МОДЕЛИРОВАНИЕ ВИХРЕВОГО РЕГУЛЯТОРА ДАВЛЕНИЯ ГАЗА.....</b>	<b>221</b>
<b>Рахимжанова И.А., Фомин М.Б., Чуйков И.А. К ВОПРОСУ ВОДООБЕСПЕЧЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ.....</b>	<b>223</b>
<b>Романов В.С., Гольдштейн В.Г. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННЫХ КРУПНЫХ ГОРОДОВ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ.....</b>	<b>225</b>
<b>Рудых А.В., Герасимова М.Н. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СИЛОВЫМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК.....</b>	<b>228</b>
<b>Рыбаков Л.М., Миронов Г.И., Иванов А.В. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ.....</b>	<b>234</b>
<b>Рыбаков Л. М., Ласточкин С. В., Мухамадшин Н.В., С.И. Лекомцев ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВОЗДЕЙСТВУЮЩИХ ФАКТОРОВ НА ОРИЕНТАЦИЮ ЛИДЕРА МОЛНИИ ПРИ ПОРАЖЕНИИ ЗАЩИЩАЕМЫХ ОБЪЕКТОВ.....</b>	<b>240</b>
<b>Саттарова Н.А, В.Г. Гольдштейн ОБ ИСПЫТАНИЯХ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ С ИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА.....</b>	<b>244</b>
<b>Сероветников А.С. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ГЕОМАГНИТНО-ИНДУЦИРОВАННЫХ ТОКОВ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ.....</b>	<b>247</b>
<b>Сидоров В.Е ВОПРОСЫ АВТОМАТИЗАЦИИ РАБОТЫ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН.....</b>	<b>255</b>



<b>Солдатов В.А., Комаров В.М. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДОВ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ ФИДЕРОВ 35 КВ ПРИ УЧЕТЕ ПЕРЕХОДНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ.....</b>	<b>257</b>
<b>Солдатов В.А., Чебесов Е.А. КРИТЕРИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВИДОВ АВАРИЙНЫХ НЕСИММЕТРИЧНЫХ РЕЖИМОВ ФИДЕРОВ 0,38 КВ ПРИ УЧЕТЕ ПРИЛЕГАЮЩЕЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ.....</b>	<b>261</b>
<b>Солдатов В. А., Яблоков А.С. ВЛИЯНИЕ КОЛЕБАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ НА НАВЕДЕННЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ АНТЕННЫ ПОД ЛИНИЕЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ 35 КВ. ....</b>	<b>264</b>
<b>Спиридонов А.А., Логачева О.В. К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....</b>	<b>266</b>
<b>Степанов С.Ф., Артюхов И.И., Артюхов Д.И., Ященко И.Н., Чурляева О.Н. КОМБИНИРОВАННЫЕ НАЗЕМНЫЕ АВТОНОМНЫЕ ЗАРЯДНЫЕ СТАНЦИИ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ С ВЕТРО-СОЛНЕЧНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ ДЛЯ МУЛЬТИКОПТЕРОВ.....</b>	<b>269</b>
<b>Стрельников В.А., Катков Д.С., Лавриненко Ф.Н. ОБ ОПЫТЕ ПРИМЕНЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ. ....</b>	<b>274</b>
<b>Степанова А.А. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ПОВЕРХНОСТЬ ТЕПЛООБМЕНА РЕГЕНЕРАТИВНЫХ ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ.....</b>	<b>277</b>
<b>Стоянов К.Ю. , Костышен И.С. СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПОДЗЕМНЫХ СЕТЕЙ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ.....</b>	<b>280</b>
<b>Стоянов К.Ю., Костышен И.С. ВЫБОР НАИБОЛЕЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ СЕТЕЙ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ.....</b>	<b>282</b>
<b>Сукьясов С. В., Седова А. Г., Хуснудинова Е. А. КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ГОРОДСКОЙ СЕТИ С КОММУНАЛЬНО-БЫТОВОЙ НАГРУЗКОЙ.....</b>	<b>284</b>
<b>Табачинский А.С. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ НУЖД ОБЪЕКТОВ АПК В САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ.....</b>	<b>289</b>
<b>Трушин И.А., Левин М.А. СРАВНЕНИЕ СТЕНДОВ ИСПЫТАНИЯ ПУСКОЗАЩИТНОЙ АППАРАТУРЫ УСТ «МИИСП» И «НЕПТУН».....</b>	<b>292</b>
<b>Трушкин В.А., Шлюпиков С.В., Кифарак С.А. НЕОБХОДИМОСТЬ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ.....</b>	<b>295</b>
<b>Трушкин В.А., Шибанов А.А. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ЕГО ВНЕШНЕГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ.....</b>	<b>298</b>
<b>Угаров Г.Г., Вдовина О.В. КОМБИНИРОВАННЫЙ СПОСОБ ОБНАРУЖЕНИЯ И ИЗМЕРЕНИЯ ГОЛОЛЕДНО – ИЗМОРОЗЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ПРОВОДАХ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ.....</b>	<b>301</b>
<b>Улыбина Т.В. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДА И КОЛИЧЕСТВА СЫПУЧЕГО МАТЕРИАЛА В ТРУБОПРОВОДЕ.....</b>	<b>303</b>
<b>Улыбина Т.В. ПАРАМЕТРЫ ИСТЕЧЕНИЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ В ТРУБОПРОВОДЕ.....</b>	<b>306</b>
<b>Усанов К.М., Моисеев А.П. ВЫБОР ЗАХВАТНОГО УСТРОЙСТВА В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ПРИВОД–РАБОЧИЙ ОРГАН.....</b>	<b>308</b>
<b>Усачев А.Е., Александров Д.С., Ятманов Н.А. РАСЧЕТ РЕЖИМА ТРЕХФАЗНОГО КЗ ВО ВСЕХ ТОЧКАХ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ.....</b>	<b>310</b>
<b>Федотов В.А., Цыдыпова О.Н., Очиров В.Д., Халымийн Рахмет ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛООВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЗАРАЖЕННОСТЬ СЕМЯН ПШЕНИЦЫ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ.....</b>	<b>311</b>
<b>Харчев З.Р., Евсеева О.А., Щелоков А.И. ПРИМЕНЕНИЕ СМЕСИТЕЛЬНЫХ ГАЗОВЫХ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРОВ ДЛЯ ОБОГРЕВА ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА.....</b>	<b>314</b>
<b>Четвериков Е.А. РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СЕМЯН РАСТОРОПШИ.....</b>	<b>317</b>
<b>Чемоданов Е. В., Рыбаков Л. М ЗАЩИТА СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ.....</b>	<b>320</b>
<b>Шерязов С.К., Попова В.В., Пятков А.В. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ ПРИЛОЖЕННОГО К ИЗОЛЯЦИИ ТРАНСФОРМАТОРА ПРИ НЕЛИНЕЙНОЙ НАГРУЗКЕ.....</b>	<b>322</b>
<b>Шмигель М.Р., Степанов С.Ф. СИСТЕМА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРАВОНАРУШЕНИЙ АВТОМОБИЛИСТОВ ПРИ ПЕРЕСЕЧЕНИИ СТОП-ЛИНИИ НА ЗАПРЕЩЕННЫЙ СИГНАЛ СВЕТОФОРА.....</b>	<b>327</b>



*Научное издание*

**Актуальные проблемы энергетики АПК:  
материалы VI международной научно-практической  
конференции**

Компьютерная верстка М.В. Муравьевой

---

Сдано в набор 27.04.15. Подписано в печать 30.04.15.  
Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman.  
Печ. л. 18,56 Уч.-изд. л. 17,15. Тираж 300.

---

ООО «ЦЕНТР СОЦИАЛЬНЫХ АГРОИННОВАЦИЙ СГАУ»  
Отпечатано с электронных носителей издательства