

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Саратовский государственный аграрный университет
имени Н. И. Вавилова»**

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ АПК

краткий курс лекций

для аспирантов II курса

Направление подготовки

**35.06.04 Технологии, средства механизации и энергетическое
оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве**

Профиль подготовки

Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве

Саратов 2014

УДК 631.537
ББК 40.7я 73
Е 72

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор кафедры
«Энергообеспечение предприятий» СГТУ
С. Ф. Степанов

Доцент кафедры «Применение электрической энергии в сельском хозяйстве»
ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ»
А.В. Волгин

Эксплуатация электрооборудования АПК: краткий курс лекций для аспирантов II курса направления подготовки 35.06.04 Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве / Сост.: Г.П. Ерошенко, В.А. Трушкин, Ю.В. Иванкина // ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2014. – 91 с.

Краткий курс лекций по дисциплине «Эксплуатация электрооборудования АПК» составлен в соответствии с рабочей программой дисциплины и предназначен для аспирантов направления подготовки 35.06.04 Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве.

УДК 631.537
ББК 40.7я 73

© Г.П. Ерошенко, В.А. Трушкин, Ю.В. Иванкина, 2014
© ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2014

Введение

Дисциплина «Эксплуатация электрооборудования АПК» относится к дисциплинам по выбору вариативной части ОПОП ВО.

Дисциплина базируется на знаниях, имеющихся у аспирантов при получении высшего профессионального образования (специалитет, магистратура).

Для качественного усвоения дисциплины аспирант должен:

- знать: основные принципы системного анализа, инженерного эксперимента, стратегии эксплуатации электрооборудования.

- уметь: решать инженерные задачи, строить многофакторный эксплуатационный эксперимент в условиях неопределенности, определять цели и ставить задачи исследования.

Дисциплина «Эксплуатация электрооборудования АПК» является базовой для сдачи кандидатского экзамена и подготовки выпускной квалификационной работы.

Лекция 1 ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Электрооборудование – это совокупность электротехнических изделий, при работе которых в соответствии с назначением производится, преобразуется, распределяется или потребляется электрическая энергия.

Эксплуатация ЭО – это совокупность всех фаз его существования после изготовления, включая транспортировку к месту применения, подготовку к использованию по назначению, техническое обслуживание, ремонт и хранение.

Производственная эксплуатация – процесс использования оборудования по своему назначению, в результате которого электрическая энергия преобразуется в другие виды.

Техническая эксплуатация – это процесс обеспечения и поддержания требуемого состояния оборудования при использовании и хранении.

Цель эксплуатации – это обеспечение эффективной работы электрифицированных технологических объектов за счет поддержания требуемой надежности и рационального использования электрооборудования.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Эксплуатация электрооборудования – это совокупность всех фаз его существования после изготовления.

Особенность эксплуатационных задач состоит в том, что они имеют не только техническое, но и организационное, управленческое и социальное содержание. Поэтому при изучении курса применяют различные методы познания.

Эксперимент как метод научного познания. Благодаря наглядности и убедительности он имеет большую познавательную роль. При изучении эксплуатации электрооборудования многие зависимости выявляются лишь по экспериментальным данным.

Аналогия — это такой метод получения новых знаний, когда на основе сходства в ряде существенных признаков между двумя или несколькими предметами (явлениями) делается вывод о наличии у изучаемого предмета интересующего признака, т.е. признак известного объекта переносится на другой, в результате чего расширяются знания об изучаемом объекте. Выводы по аналогии позволяют строить гипотезы о сущности неизвестных явлений, о ходе событий и тех результатах, к которым они приводят. Эти выводы всегда носят вероятностный характер.

Сравнение служит важным инструментом выбора наилучшего решения эксплуатационной задачи.

Анализ — метод познания, при котором объект делится на составляющие элементы и каждый элемент изучается в отдельности.

Синтез — метод, при котором объединяются известные положения для получения новых знаний.

Системный подход (ЦОЗАР).

Электрооборудование применяют для выполнения конкретных функций. Выделяют два взаимосвязанных вида эксплуатации: производственную и техническую.

Техническая эксплуатация-это процесс обеспечения и поддержания требуемого состояния электрооборудования, заключающийся в восстановлении его свойств в процессе использования или хранения. Техническую эксплуатацию осуществляют

специалисты электротехнической службы предприятия. Производством технической эксплуатации служит - эксплуатационная надежность электрооборудования (обслуживание).

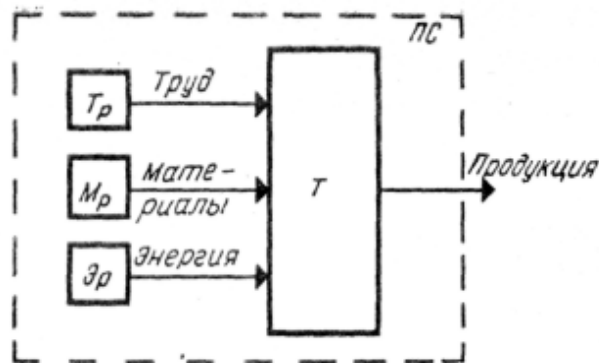


Рис. 8.

Электрооборудование всегда служит частью какой-либо машины или установки.

Цель эксплуатации состоит в обеспечении эффективной работы электрифицированных технологических объектов за счет поддержания требуемой надежности и рационального использования электрооборудования.

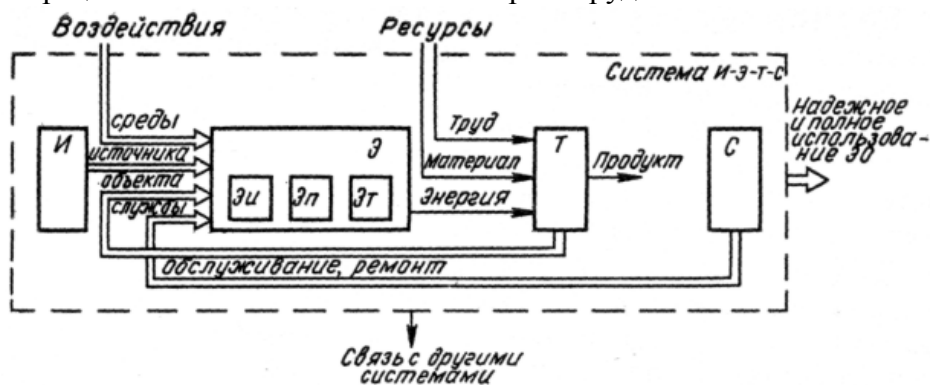


Рис. 8. Система И-Э-Т-С

Источник — это электрооборудование системы электроснабжения.

Электроприемник — это совокупность электрооборудования от ввода в помещение до технологического объекта.

Эн — устройство присоединения к источнику

Эп — непосредственно электроприемник

Эт — устройство передачи энергии технологическому объекту.

Технологический объект — это любая электрифицированная машина, установка, поточно-технологическая линия.

Служба эксплуатации — это специалисты электротехнической службы (ЭТС) которые контролируют использование и осуществляют обслуживание.

Система названных элементов представляет объект изучения теории эксплуатации электрооборудования (И—Э—Т—С).

Задачи рациональной эксплуатации электрооборудования.

Для выполнения главной цели эксплуатации необходимо решить ряд задач.

Решение технических задач связано с повышением качества электрооборудования за счет его совершенствования и своевременной замены устаревших изделий, улучшения обслуживания, оптимизации режимов использования и внедрения автоматизации.

Технологические задачи направлены на более тщательное согласование технологических процессов сельскохозяйственного производства с возможностями электрооборудования.

Социальные задачи состоят в улучшении моральных, трудовых и бытовых условий специалистов ЭТР.

Организационные задачи направлены на совершенствование формы, структуры, принципов управления ЭТС; на улучшение способов выполнения технического обслуживания, текущих и капитальных ремонтов.

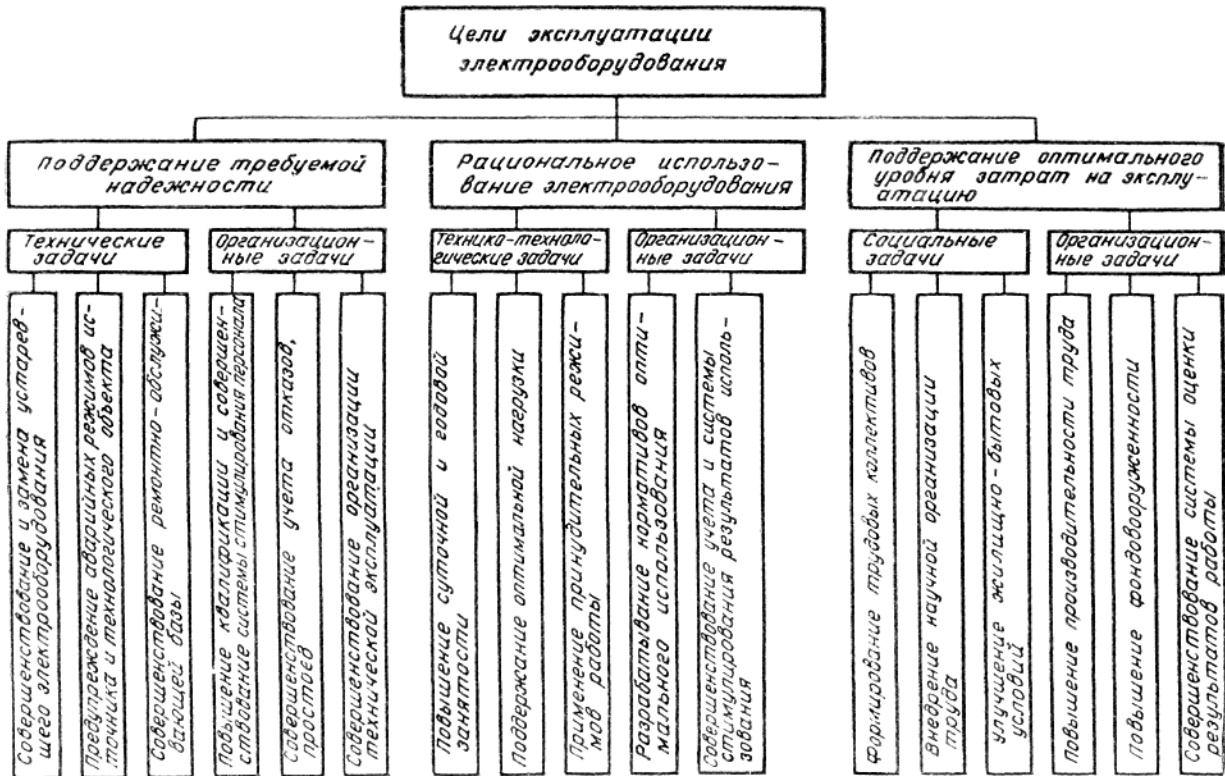


Рис. 9. Структурная схема целей и задач эксплуатации электрооборудования

Вопросы для самоконтроля:

1. Что называется эксплуатацией электрооборудования?
2. Назовите цели эксплуатации электрооборудования.
3. Назовите задачи по поддержанию требуемой надежности оборудования.
4. Назовите задачи рационального использования оборудования.
5. Назовите задачи по поддержанию оптимального уровня затрат на эксплуатацию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная:

1. **Амерханов Р.А., Ерошенко Г.П.** Эксплуатация теплоэнергетических установок и систем / Р.А. Амерханов., Г.П. Ерошенко – М.: Энергоатомиздат, 2008.
2. **Ерошенко, Г.П., Медведько, Ю.А., Таранов, М.А.** Эксплуатация энергооборудования сельскохозяйственных предприятий / Г.П. Ерошенко, Ю.А. Медведько, М.А. Таранов.– Ростов-на-Дону, НПК «Гефест», 2005. – 255 с.
3. **Ерошенко Г.П., Коломиец А.П.** Эксплуатация электрооборудования / Г.П.Ерошенко, А.П. Коломиец и др. – М.: Колосс, 2005.

Дополнительная:

1. **Овчаров В.В.** Эксплуатационные режимы работы и непрерывная диагностика электрических машин в сельскохозяйственном производстве./ В.В. Овчаров. - Киев: Изд-во УСХА, 2000. – 123 с.
2. Правила устройства электроустановок / 7-е изд., -М.: Энергоатомиздат, 2007.
3. Правила технической эксплуатации и техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей –М.: Энергоатомиздат, 2007.

Лекция 2

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ЭНЕРГООБОРУДОВАНИЯ

1 Область применения

Эксплуатационные свойства — это те признаки качества, которые характеризуют, в какой мере то или иное изделие соответствует требованиям эксплуатации. Чем быстрее и проще обнаруживают неисправность, тем лучше эксплуатационные свойства электрооборудования. Такую возможность закладывают при разработке и изготовлении электрооборудования, а реализуют в процессе его эксплуатации.

Совокупность эксплуатационных свойств можно разделить на общие, присущие всем видам электрооборудования, и специальные, имеющие значение для конкретных групп электрооборудования. К *общим* свойствам относят надежность и технико-экономические свойства, а к *специальным* — технологические, энергетические, эргономические и другие свойства. На рисунке 3.1 приведена примерная классификация эксплуатационных свойств оборудования, используемого в сельском хозяйстве.

Эксплуатационные свойства оценивают при помощи единичных или комплексных показателей (параметры, характеристики). Единичный показатель относят только к одному свойству либо одному его аспекту, а комплексный — к нескольким свойствам. Каждый показатель может по-разному учитывать фактор времени. По этому признаку их разделяют на номинальные, рабочие и результирующие показатели.

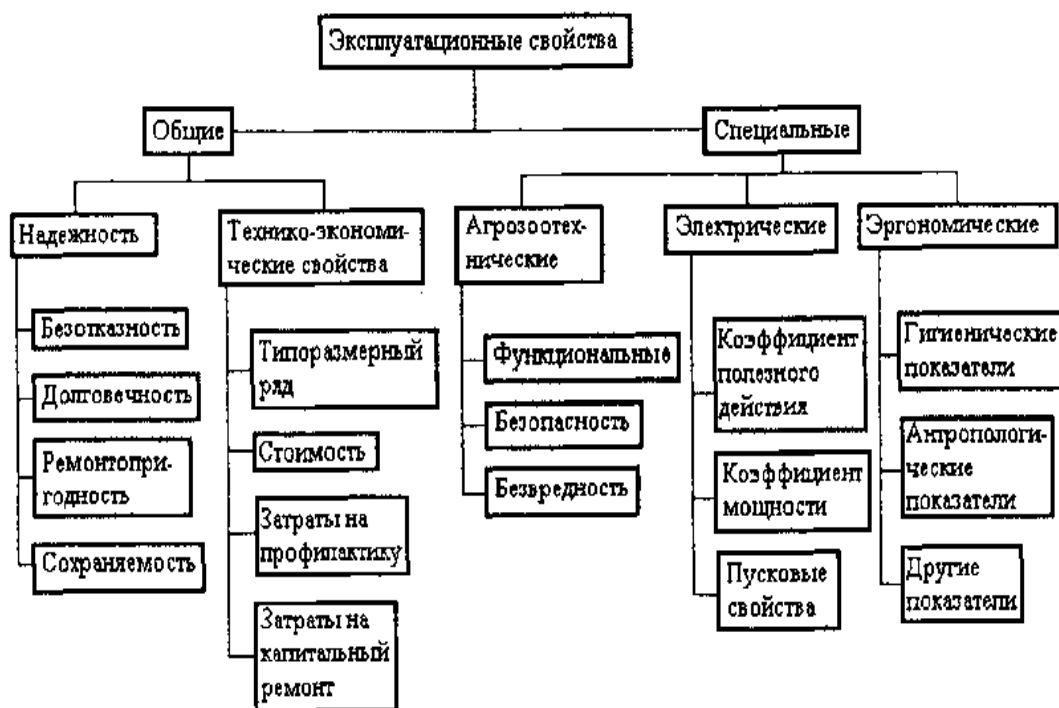


Рис 3.1 Эксплуатационные свойства

Номинальные показатели - указанные изготовителем электрооборудования значения основных параметров, регламентирующие его свойства и служащие исходными для отсчета отклонений от этого значения при испытаниях и эксплуатации. Их указывают в технической документации и на заводском щитке электрооборудования.

Рабочие показатели — фактические значения, наблюдаемые в данный момент эксплуатации при конкретном сочетании действующих факторов. Они дают обычно «точечную» оценку свойств.

Результирующие показатели — средние или средневзвешенные значения за некоторый период эксплуатации (сезон, год или срок службы). Они составляют более полное представление об эффективности использования и результативности обслуживания (ремонта) электрооборудования. Эксплуатация должна быть налажена таким образом, чтобы результирующие показатели были не хуже номинальных.

Электрифицированные объекты (процессы) сельскохозяйственного производства предъявляют особые требования к надежности оборудования. Для этих объектов обычно наибольшую опасность представляет не факт отказа оборудования, а продолжительность восстановления его работоспособности, т.е. простой. Если простой объекта превысит некоторое допустимое время, то нарушение технологического процесса приведет к порче продукции, гибели животных (растений) и другим нежелательным последствиям. Повышение долговечности оборудования зависит от правильного выбора номенклатуры, числа и размещения резервных (запасных) элементов; хорошей организации оперативно-дежурного обслуживания энергетического хозяйства сельскохозяйственных предприятий.

На практике различают конструктивную и эксплуатационную надежность. Первая из них характеризует свойства изделия, заложенные при его проектировании, а вторая - наблюдаемые при эксплуатации.

Хотя многие виды оборудования имеют достаточно высокие показатели конструктивной надежности, их эксплуатационная надежность еще остается низкой. Так, фактическое время безотказной работы до капитального ремонта двигателей серии 4А составляет в животноводстве 3,5 года, а в растениеводстве - 4 года, подсобных предприятиях - 5 лет.

Технико-экономические показатели характеризуют типоразмерный ряд, стоимость приобретения, монтажа, обслуживания и ремонта энергооборудования. Типоразмерный ряд конкретного вида энергооборудования определяет его номенклатуру по мощности, напряжению, исполнению и другим параметрам. Чем больше шкала типоразмеров, тем точнее можно подобрать электрооборудование к условиям эксплуатации. Чтобы удовлетворить растущие требования к качеству энергооборудования со стороны потребителя, электротехническая промышленность непрерывно увеличивает номенклатуру выпускаемых изделий. Так, первая серия электродвигателей имела 9, вторая - 17, а четвертая - более 25 модификаций и специализированных исполнений.

Однако излишняя многономенклатурность затрудняет организацию рациональной эксплуатации из-за неизбежных сложностей приобретения и хранения большого количества запасных деталей, материалов, инструментов и приборов. Повышаются требования к квалификации эксплуатационного персонала. Поэтому стремятся к выпуску энергооборудования с оптимальной структурой его типоразмерного ряда.

Стоимостные показатели дают обобщенную и сопоставимую оценку оборудования. Они необходимы при обосновании оптимальной периодичности обслуживания (ремонта) и нагрузки оборудования, при расчете резервного фонда и решении ряда других эксплуатационных задач.

Оптимальные значения результирующих показателей эксплуатационных свойств определяют суммарными затратами на разработку и использование оборудования. Повышение надежности или КПД связано с увеличением затрат на создание или тех-

ническую эксплуатацию, но при этом удастся снизить технологический ущерб из-за отказов оборудования, потери энергии и затраты на капитальные ремонты. Стоимостные показатели позволяют сопоставить названные конкурирующие показатели и найти наилучшее решение.

Технологические свойства характеризуют соответствие энергооборудования агрозоотехнологическим или другим специальным требованиям. По отношению к животным и растениям оборудование общего назначения (двигатели, трансформаторы и т.п.) должно быть безопасным и безвредным, а специальное оборудование (облучатели, нагреватели и т.п.) - оказывать необходимое воздействие на животных (растения). Например, если облучательная установка не обеспечивает заданный спектральный состав излучения, то вместо ожидаемого укрепления организма животного может наступить его заболевание. Правильный выбор оборудования по техническим свойствам и поддержание этих свойств в процессе эксплуатации обеспечивают не только высокое качество технологического процесса, но и экономию энергоресурсов.

Энергетические свойства отражают способность оборудования потреблять (производить, распределять) энергию с высокой эффективностью в отношении КПД, коэффициента мощности и других энергетических показателей, а также его приспособленность к переходным (пуск, торможение) и другим режимам работы. Хорошие энергетические свойства должны быть у любого вида оборудования сельскохозяйственного назначения. Например, электрооборудование подключают к источнику питания через протяженные электрические сети с многократной трансформацией энергии. Система электроснабжения имеет невысокий КПД (70%), и поэтому сельские электроприемники с низкими энергетическими свойствами вызывают огромные потери электроэнергии, трудно пускаются и нестабильно работают.

При оценке энергетических свойств необходимо учитывать не только номинальные, но и результирующие показатели.

Эргономические свойства определяют соответствие оборудования психофизиологическим возможностям обслуживающего персонала. Они оцениваются по гигиеническим, антропометрическим, физиологическим и психологическим показателям, установленным ГОСТ 21033-75 и ГОСТ 16456-70. В группу гигиенических показателей входят уровни освещенности, запыленности, шума, вибрации, напряженности магнитного поля и др. Обычно новое электрооборудование имеет удовлетворительные гигиенические показатели, но в процессе эксплуатации они ухудшаются. Особенно нестабильны механические и магнитные виброшумовые воздействия. Своевременное и качественное техническое обслуживание позволяет поддерживать гигиенические показатели на требуемом уровне. К антропометрическим относятся показатели, характеризующие соответствие конструкции и размещения оборудования росту обслуживаемого персонала. При правильном размещении электроустановки легко ее обслуживать. Распределительные щиты и пункты не в полной мере удовлетворяют этим требованиям, так как они обычно расположены в узких проходах, на большой высоте и т. п. Другие эргономические свойства оборудования должны соответствовать зрительным, слуховым, силовым и рефлексорным возможностям человека и его трудовым профессиональным навыкам.

2. Причины отказов

Общее представление о причинах и закономерностях появления отказов оборудования можно получить при анализе надежности его отдельных элементов.

Рассмотрим, к примеру, обмотку асинхронного двигателя и выясним причины ее отказов. Известно, что обмотка работоспособна до тех пор, пока имеет правильное соединение и достаточную прочность (электрическую, тепловую и механическую). Нарушение любого из названных параметров приводит к отказу обмотки.

Такие нарушения могут возникнуть из-за выбора заниженного класса изоляции привода при конструировании, а также из-за повреждения проводов при укладке обмотки в статор при изготовлении и ошибочном включении двигателя на повышенное напряжение при эксплуатации. Все эти причины образуют группу субъективных факторов надежности. Вместе с тем при эксплуатации на обмотку воздействует много объективных факторов - влажность, запыленность, вибрация и т.д. Те из них, которые приводят к отказам из-за старения или износа элементов энергооборудования, условно называют внутренними объективными факторами, а остальные - внешними. Таким образом, причины, вызывающие отказы энергооборудования, подразделяют на объективные и субъективные. К группе субъективных факторов относят конструкционные, производственные и эксплуатационные, а объективных - внутренние и внешние дестабилизирующие воздействия.

Конструкционные отказы обусловлены следующими ошибками при проектировании оборудования: нарушение требований стандартов, занижение запаса прочности, недостаточная проработка электрических схем или конструкций узлов. Производственные отказы вызваны нарушениями технологии изготовления, применением некондиционных материалов, недостаточным контролем качества изделий и т.д. Конструкционные и производственные отказы обычно выявляют в начальный период эксплуатации. Они могут быть обнаружены в процессе испытаний в заводских условиях.

Эксплуатационные отказы возникают из-за нарушений установленных для конкретного энергооборудования условий эксплуатации, низкой квалификации электромонтеров или персонала, использующего электрооборудование, естественного старения и т.п. Эти отказы проявляются в течение всего срока службы энергооборудования.

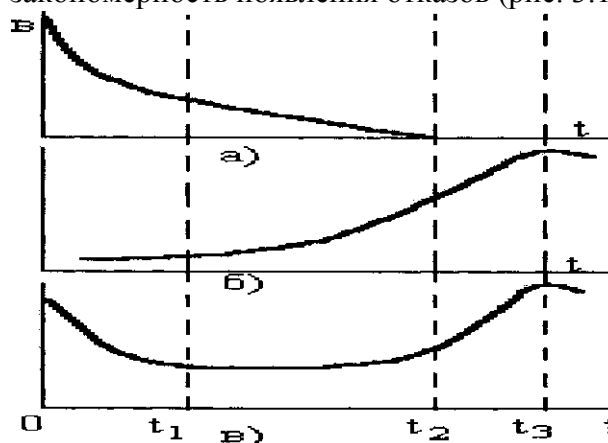
Названные причины неравнозначно влияют на надежность электроустановок. Для конкретных видов энергооборудования и условий эксплуатации обнаруживаются некоторые группы факторов, действие которых оказывается доминирующим. Например, у асинхронных двигателей отказы происходят в основном за счет объективных эксплуатационных факторов и в целом по сельскому хозяйству распределяются следующим образом: из-за увлажнения изоляции - 2%, неполнофазного питания - 20, перегрузки - 20, затормаживания ротора - 15 и прочих причин - 20%.

У конкретных электроприводов структура отказов может значительно отличаться от средних данных. Например, электроприводы транспортеров с ручной загрузкой и вакуумных насосов доильных установок наиболее часто подвержены перегрузкам (40%) и затормаживаниям ротора (30%), а электроприводы насосов и вентиляторов - увлажнению (30%) и неполнофазному питанию (30%).

По характеру проявления все отказы делят на внезапные и постепенные. Внезапные отказы характеризуются резким, скачкообразным ухудшением качества энергооборудования под воздействием внутренних дефектов, нарушений режимов работы или ошибок обслуживающего персонала. Обычно появлению внезапных отказов предшествуют скрытые изменения свойства или пиковые электрические (механические) перегрузки, которые не всегда удается обнаружить.

Постепенные отказы характеризуются медленным изменением свойств элементов энергооборудования и связей между ними. Они являются следствием старения, износа, накопления установленных повреждений и изменений параметров рабочего процесса. При помощи специальных приборов или специальных испытаний можно прогнозировать момент наступления отказов и применять соответствующие меры по повышению надежности энергооборудования.

Интенсивность внезапных и постепенных отказов, а следовательно, и суммарная интенсивность зависят от продолжительности эксплуатации изделия. Установлено, что для всех видов техники эта зависимость имеет три участка, характеризующих общую закономерность появления отказов (рис. 3.1).



Участок 0-t1 называют периодом приработки. В это время проявляются конструктивные и технологические отказы внезапного характера, а постепенные практически отсутствуют. За счет устранения дефектных элементов и мест некачественной сборки и по мере приработки деталей интенсивность отказов уменьшается в конце периода, снижается до некоторого наименьшего значения (рис. 5.1, а).

Рис 3.1 Характер проявления отказов 1

Участок t1-t2 называют периодом нормальной эксплуатации. На этом интервале внезапные конструктивно-

технологические отказы продолжают уменьшаться (см. рис. 3.1, а), но одновременно возрастает доля постепенных отказов (рис. 3.1, б). Суммарная интенсивность остается наименьшей и примерно одинаковой (рис. 3.1, в). Участок нормальной эксплуатации обычно в десятки раз продолжительнее периода приработки. На этом участке показатели надежности достаточно строго описываются экспоненциальным распределением случайных величин.

Участок t2-t3 называют периодом износа. В это время преобладают постепенные отказы из-за износа и старения энергооборудования. Интенсивность отказов постепенно растет, причем темпы роста трудно прогнозировать. Для описания показателей надежности в большей мере подходят закономерности нормального распределения случайных величин.

Вопросы для самоподготовки

1. Эксплуатационные свойства энергооборудования
2. Рабочие показатели
3. Результирующие показатели
4. Надежность оборудования
5. Эргономические свойства
6. Причины отказов
7. Закономерности отказов

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Ерошенко, Г.П.**, Эксплуатация электрооборудования [Текст] /Ерошенко Г.П., Коломиец А.П., Кондратьева Н. П.– М.: КолосС, 2007. – 344 с., ISBN 978-5-9532-0526-9.
2. **Ящура, А.И.** Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования [Текст] – М.: НЦ ЭНАС, 2006. – 504 с., ISBN 5-93196-572-6.
3. **Амерханов, Р.А.** Эксплуатация теплоэнергетических установок и систем [Текст] / Амерханов Р.А., Ерошенко Г.П., Шелиманова Е.В. – М.: Энергоатомиздат, 2008. – 448 с., ISBN 978-5-283-03283-2.

Лекция 3

ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩИЕ И КОМПЕНСИРУЮЩИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ

1. Условия использования энергооборудования

Прежде чем рассматривать условия использования энергетического оборудования в сельском хозяйстве, определимся, что под **энергетическим оборудованием** следует рассматривать электрическое, электронное, теплотехническое и сантехническое оборудование.

Электрическое оборудование. Рассмотрим условия использования электрического оборудования на примере наиболее распространенного - силовых трансформаторов и асинхронных электродвигателей. Одна из основных особенностей эксплуатации силовых трансформаторов сельских потребительских подстанций - асимметрия фазных токов, неслучайная, возникающая из-за неравномерного распределения однофазных токоприемников, которую можно относительно легко устранить, и случайная (вероятная), вызванная случайными включениями однофазных потребителей, устранить которую практически невозможно. Анализ статистических данных показывает, что с увеличением мощности трансформатора несимметрия токов по фазам уменьшается. Однако и относительный рост однофазной осветительной нагрузки, и появление однофазной силовой нагрузки (сварочные трансформаторы, электроводонагреватели, электрифицированный инструмент, бытовые приборы и т.д.) оставляют равномерность нагрузки по фазам очень высокой.

Исследования показывают, что среднее значение асимметрии токов лежит в пределах от 32 до 50%. Асимметрия токов приводит к искажению напряжений по фазам, что отрицательно сказывается на работе всех токоприемников и линий: резко сокращается срок службы источников света, подключенных к фазе с увеличенным напряжением, уменьшается светоотдача тех, которые подключены к фазе с пониженным напряжением; увеличиваются ток намагничивания и потери в стали и обмотках и резко снижается $\cos\phi$ однофазных силовых токоприемников (например, сварочных трансформаторов), подключенных к повышенному против нормы напряжению; увеличиваются потери в линиях и трансформаторе. При относительно небольшой мощности трансформаторов асимметрия токов вызывает изменение и линейных напряжений, что приводит к возрастанию потерь в трехфазных электродвигателях, уменьшению их КПД и развиваемых ими моментов. Особенно резко проявляется отрицательное действие асимметрии токов в наиболее распространенных в сельском хозяйстве трансформаторах, имеющих 0 (12) группу соединений обмоток (Y/Y₀).

Характерно, что трансформаторы новых серий с алюминиевыми обмотками и сердечниками из холоднокатаной стали имеют увеличенное в среднем в 1,5 раза сопротивление нулевой последовательности по сравнению с аналогичными сопротивлениями трансформаторов старых серий с медными обмотками и сердечниками из горячекатаной стали, в них пропорционально возрастает и искажение напряжений по фазам при одной и той же асимметрии токов. Таким образом, асимметрия токов тем более должна быть ограничена для трансформаторов последних серий. Поэтому электротехническая промышленность в ограниченном количестве выпускает трансформаторы I и II габаритов специально для сельского хозяйства с группами соединения обмоток «звезда - зигзаг с нулем» и «треугольник - звезда с нулем». Они позволяют обеспечить высокое качество напряжения при асимметрии токов по фазам. Например, для трансформатора мощностью 100 кВ-А старой серии сопротивление

нулевой последовательности примерно в 10 раз больше сопротивления короткого замыкания, для такого же трансформатора новой серии оно больше в 17 раз, а для трансформаторов с соединением обмоток «треугольник» и «зигзаг» оно равно сопротивлению короткого замыкания.

Вторая особенность эксплуатации трансформаторов сельских подстанций - резко переменный суточный график нагрузки, наличие в нем утреннего и вечернего максимумов, некоторый провал нагрузки в дневное время и практически отсутствие нагрузки в ночное время. Поэтому по сравнению с трансформаторами городских сетей, имеющими нормальную загрузку, среднесуточная загрузка сельских трансформаторов составляет 0,2...0,4 номинальной и тенденций к ее повышению пока не наблюдается.

Статистика показывает, что большая часть трансформаторов выходит из строя не зимой в период максимальной нагрузки, а летом. Происходит это потому, что на нагрев трансформатора влияют не только его нагрузка и значение подводимого напряжения, но и температура окружающей среды, причем влияние последней оказывается очень значительным. В общем случае разница в температурах нагрева трансформатора при несимметричной и равномерной нагрузке по фазам зависит от числа нагруженных фаз, значения нагрузки и группы соединения обмоток.

Теперь рассмотрим режимы работы электродвигателей и их использование в сельском хозяйстве. В различных отраслях, сельскохозяйственного производства режимы работы электродвигателей неодинаковы. Они наиболее легкие в мастерских и подсобных предприятиях, более тяжелые в растениеводстве и наиболее тяжелые в животноводстве. Температура среды животноводческих помещений, как правило, не превышает 15 °С (288 К) и благоприятна для работы электродвигателей, что позволяет допускать при необходимости определенную их перегрузку.

Наблюдения показали, что в животноводстве электродвигатели, как правило, работают с недогрузкой. Это относится к приводам центробежных насосов, доильных установок типа «карусель», вакуум-насосов, кормораздатчиков и транспортеров для уборки навоза. У электродвигателей, работающих с недогрузкой, снижаются КПД и cos φ. Электродвигатели серии 4А имеют запас по температуре нагрева. Согласно техническим условиям, у электродвигателей серии АИР запас по температуре нагрева составляет 20...30°. Этот запас также позволяет допускать при необходимости перегрузку электродвигателей без снижения срока их службы (по нагревостойкости изоляции).

Сезонность и односменность работы, характерные для сельскохозяйственного производства, определяют относительно низкую степень использования установленного электрооборудования как в течение суток, так и на протяжении года. В разных отраслях производства электродвигатели также используются неодинаково. Например, по-разному используются электродвигатели в мастерских и других подсобных предприятиях. Наждачные и сверлильные, а часто и токарные, фрезерные и долбежные станки, работают в кратковременном режиме, часть станков работает в повторно-кратковременном режиме, а электродвигатели вентиляторных установок работают в длительном режиме. Различные пилорамы и деревообрабатывающие станки работают в повторно-кратковременном режиме. На зернотоках часть электродвигателей, например привод опрокидывателя автотранспорта, работает кратковременно, часть электродвигателей работает в повторно-кратковременном режиме, а большая часть - в длительном и часто в две, три смены. Различны режимы работы электродвигателей, используемых на орошении. Подавляющая часть электродвигателей в животноводстве установлена на раздаче кормов, дойке и уборке

навоза и работает в кратковременном режиме. Только в мастерских и подсобных предприятиях электродвигатели работают на протяжении всего года; в животноводстве они очень часто используются только в стойловый период; на орошении электродвигатели работают только два - три месяца, а на зерноочистке - всего несколько недель. Исследования показали, что использование электродвигателей по времени в течение суток по основным процессам животноводства (кормоприготовление, кормораздача, уборка навоза, доение) составляет 0,17, а с учетом вентиляции и водоснабжения - 0,25 и в целом по сельскохозяйственному производству тоже 0,25. Большинство электродвигателей работает кратковременно - только в течение четвертой части суток с несколькими включениями за этот период.

Электронное оборудование обычно устанавливается в чистых сухих помещениях. Однако электронные защитноотключающие устройства зачастую устанавливают в неотапливаемых помещениях. Поэтому следует отметить, что особенно сильное влияние на электронное оборудование оказывает окружающая среда. Подавляющая часть электронных устройств работает в продолжительном режиме. В отличие от города, на селе питающее напряжение подвержено значительным колебаниям, а это оказывает существенное влияние на стабильность работы электронного оборудования.

Теплотехническое оборудование, используемое на селе, работает сезонно и на мелкие объекты. Чаще всего используется индивидуальный обогрев. Оборудование для индивидуального обогрева зачастую устанавливается в помещениях с агрессивной средой или на открытом воздухе, или под навесом.

Сантехническое оборудование, используемое в сельском хозяйстве, обычно устанавливается на открытом воздухе или под навесом. Это приводит к тому, что в зимнее время часто происходит заклинивание рабочих органов из-за их замерзания. Работает это оборудование не более 3-4 часов в сутки с большими перерывами.

2. Характеристика внешней среды

Условия эксплуатации энергетических установок в сельском хозяйстве различаются характером воздействия климатических и механических факторов внешней среды, а также временным режимом работы. Воздействие климатических факторов внешней среды зависит от климатической зоны, места установки и времени года. При выборе энергетического оборудования приходится обращать внимание не только на его электрические свойства, но и рассматривать также их стабильность при воздействии: влажности окружающего воздуха, пониженных и повышенных температур и радиоактивных излучений. Поэтому необходимо рассматривать вопросы влияния этих факторов на работу оборудования.

Влияние влажности на работу электрического и электронного оборудования объясняется тем, что электроизоляционные материалы обладают **гигроскопичностью**, т.е. способностью втягивать в себя влагу из окружающей среды, и **влагопроницаемостью** - способностью пропускать сквозь себя пары воды. Вода является сильным дипольным диэлектриком с низким удельным сопротивлением порядка 10^3 - 10^4 Ом/м. Поэтому попадание воды в поры диэлектриков снижает их диэлектрические свойства. Особенно заметно воздействие влажности при повышенной температуре (порядка 30-40°C) и высоких значениях относительной влажности (порядка 90-100%). Подобные условия наблюдаются в животноводческих помещениях, причем в зимний период эти условия могут длиться значительное время (по 3-4 месяца), что очень тяжело сказывается на работе электрооборудования.

В первую очередь, повышенная влажность отражается на поверхностном сопротивлении диэлектриков. Для предохранения поверхности электроизоляционных деталей их необходимо покрывать лаками, которые не смачиваются водой. Установлено, что с увеличением относительной влажности воздуха снижается теплоотдача оборудования вследствие изменения режима обтекания его поверхности охлаждающим воздухом. При этом возрастает значение превышения температуры оборудования.

Рост относительной влажности воздуха обуславливает увеличение постоянной времени нагрева обмоток. Возрастание постоянной времени нагрева обмоток приводит к уменьшению интенсивности удаления влаги из оборудования. Если рассматривать работу электродвигателей, то нагрузка большинства из них в период рабочего цикла не превышает 60-70%. Поэтому сопротивление изоляции обмоток электродвигателя, рабочий цикл которого меньше, чем постоянная времени нагрева, непрерывно падает, т.е. электродвигатель постоянно увлажняется. Это может привести к пробое изоляции обмоток электродвигателя в момент пуска, так как сразу же после пуска наблюдается снижение сопротивления изоляции обмоток (см. рис. 1.1).

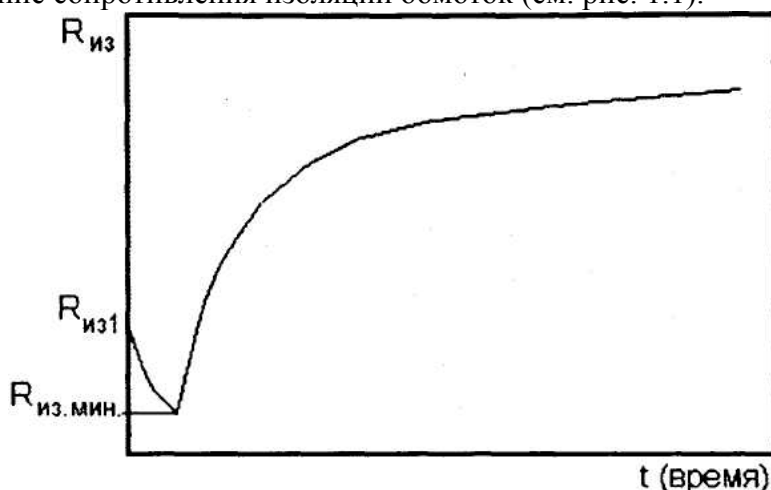


Рис. 1.1. Изменение сопротивления изоляции в момент пуска

Установлено опытным путем, что повышение температуры и постоянной времени нагрева электродвигателя при работе в среде с относительной влажностью 100% увеличивается примерно на 22-27% по сравнению с величинами, полученными при относительной влажности 70% и при постоянной температуре. Примерно до 50% всех электродвигателей, используемых в сельском хозяйстве, установлены в животноводческих помещениях. Среднее время работы большинства из них не превышает 2,5-3,0 часа в сутки. Около половины всех электродвигателей работает в тяжелых условиях.

Влияние температуры на работу оборудования. Длительное воздействие высокой температуры приводит к тепловому старению изоляционных материалов - т.е. необратимому ухудшению свойств материалов. В большинстве случаев тепловое старение связано с термоокислительной деструкцией (окислением) материалов. Вопрос теплового старения определяет допустимую, для данного материала и совокупности материалов, рабочую температуру, связанную с данным сроком службы изделия. Срок службы уменьшается с увеличением температуры. Возможность повышения рабочей температуры для практики очень важна. В электрических машинах и аппаратах повышение нагрева, которое обычно ограничивается изоляцией, дает возможность получить более высокую мощность при неизменных габаритах или же при сохранении

мощности достичь уменьшения габаритов. С вопросами допустимой температуры тесно связаны меры пожарной и взрывобезопасности. В соответствии с рекомендациями МЭК (Международной электротехнической комиссии), изоляционные материалы разделены на классы нагревостойкости и для них определены наибольшие допустимые температуры (табл. 1.2).

Таблица 1.2 Классы нагревостойкости изоляционных материалов

Класс нагревостойкости	Y	A	E	B	F	H	C
Наибольшая допустимая температура, °C	90	105	120	130	155	180	>180

При допустимых температурах обеспечиваются целесообразные сроки службы электрооборудования. В особых случаях (для электрооборудования с весьма коротким сроком службы) возможно некоторое повышение рабочих температур соответствующих электроизоляционных материалов по сравнению с приведенными в табл. 1.2. Кратковременное воздействие высоких температур обычно приводит к снижению механической и электрической прочности, ухудшению и других показателей, но эти изменения, как правило, имеют обратимый характер - свойства восстанавливаются при возвращении к исходной температуре. При низких температурах, как правило, электрические свойства изоляционных материалов улучшаются, однако многие материалы, гибкие и эластичные в нормальных условиях, становятся хрупкими и жесткими, что создает затруднения для работы изоляции. В этом случае существенную роль играют вибрация и тряски электрооборудования, которые приводят к трещинам и сколам изоляции.

Теплопроводность окружающей среды характеризует способность проводить тепло, выделенное работающими электроустановками. Теплопроводность воды примерно в 116 раз выше, чем теплопроводность воздуха. Поэтому теплопроводность окружающей среды оказывает значительное влияние на условия охлаждения электрооборудования.

Влияние пыли и химически агрессивной среды на работу оборудования заключается в следующем. Оборудование в хозяйствах работает, как правило, в условиях большой загрязненности и присутствия агрессивных газов: аммиака, сероводорода, углекислого газа, которые в сочетании с водяными парами образуют кислоты, воздействующие на изоляцию и металлы.

Влажная загазованная среда вызывает коррозию контактов и конструкционных материалов оборудования. Из-за коррозии крепежных деталей затрудняется разборка и демонтаж оборудования, увеличивается переходное сопротивление контактов, ослабляется упругость пружин и т.д. Работа оборудования в атмосфере с повышенным содержанием пыли (на зернотоках, в кормоцехах, птичниках и т.д.) характеризуется тем, что пыль, оседая на обмотках, контактах и конструктивных элементах оборудования, снижает теплоотдачу и вызывает его повышенный нагрев. Наличие абразивных частиц приводит к увеличению зазора в подшипниках. Пыль, будучи гигроскопичной, способствует увеличению влажности обмоток, создает проводящие мостики между токоведущими частями. Это приводит к выходу оборудования из строя.

3. Особенности электроснабжения

К особенностям электроснабжения сельскохозяйственных потребителей следует отнести:

- небольшую мощность трансформаторных подстанций;
- их неравномерную загрузку в течение суток, месяца, сезона сельскохозяйственных работ;
- наличие значительной асимметрии фазных токов;
- большую протяженность воздушных линий электропередачи напряжением 10 и 0,4 кВ;
- отсутствие дорог с твердым покрытием.

Особенности работы трансформаторных подстанций подробно рассмотрены в первом разделе. Большая протяженность воздушных линий напряжением 10 и 0,4 кВ приводит к снижению напряжения на зажимах электроустановок, что приводит к снижению их производительности и ухудшает режим работы. Кроме этого, увеличение протяженности воздушных линий снижает надежность электроснабжения из-за увеличения времени, необходимого для поиска и устранения возникшей неисправности. Отсутствие дорог с твердым покрытием затрудняет поиск неисправностей, доставку необходимого оборудования и материалов к месту аварии. Особенно сильно это сказывается в межсезонные периоды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Амерханов Р.А., Ерошенко Г.П. Эксплуатация теплоэнергетических установок и систем / Р.А. Амерханов., Г.П. Ерошенко – М.: Энергоатомиздат, 2008.

Лекция 4

ОСНОВЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ВЫБОРА И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Теорию комплектования и использования оборудования рассмотрим на примере электротехнического оборудования.

1. Типовые эксплуатационные задачи

Техническая эксплуатация призвана обеспечить готовность оборудования к применению и его эффективное функционирование. Для достижения этой цели эксплуатационный персонал предприятия или службы сервиса может использовать практический или научный подходы.

Между практическим и научным подходами нет противоречия - они дополняют друг друга. Первый служит качественным, а второй - количественным решением эксплуатационных задач. Мировая история подтвердила, что прогресс техники осуществляется за счет накопления научных знаний и совершенствования методов расчета. Использование на практике научных методов повышает эффективность эксплуатации оборудования. Выделим типовые эксплуатационные задачи, для решения которых можно применить известные теоретические положения, и укажем преимущества научного подхода.

1. Прогнозирование числа отказов. Предприятие имеет известный парк оборудования. Заданы условия его эксплуатации. Требуется определить, сколько раз и как часто в течение года будет выходить оборудование из строя. Ответ дают методы теории надежности. При этом удается учесть особенности оборудования и условия эксплуатации, что повышает точность расчета в 1,5 -3,0 раза.

2. Расчет; периодичности техпч_еского обслуживания. Служба сервиса должна составить график обслуживания оборудования и занятости исполнителей. Теория надежности позволяет решить задачу по заданному критерию.

3. Определение продолжительности ремонта. В договоре подряда служба сервиса должна принять решение о сроке завершения ремонта оборудования. Требуется оценить продолжительность ремонта с учетом заявок других заказчиков и своих возможностей. Ответ дает теория массового обслуживания. При этом гарантируется наибольшая эффективность службы сервиса.

4. Формирование группы оперативного обслуживания электрооборудования Для предприятия с заданным парком электрооборудования требуется определить количество дежурных электромонтеров, гарантирующих устранение отказов за установленное время. Теория массового обслуживания позволяет определить количество исполнителей и дать ценную дополнительную информацию.

5. Выбор нагрузки электродвигателя (трансформатора). Известно конкретное оборудование и особенности объекта, на котором оно используется. Требуется определить загрузку по заданному критерию. Теория использования определяет оптимальные интервалы нагрузки, снижая удельные затраты на 20-50% по сравнению с номинальной загрузкой.

6. Определение резервного фонда оборудования. Предприятие реорганизуется службу эксплуатации. Требуется определить, сколько оборудования следует иметь в резерве. Теории надежности и массового обслуживания дают решение с учетом

интересов производства и возможностей ремонтных предприятий. При этом сокращается простой производств и затраты на ремонтный фонд.

7. Прогнозирование состояния оборудования. Дорогостоящее оборудование используется сезонно на ответственном объекте. Требуется дать гарантию безотказной работы. Способы технического диагностирования позволяют изучить определенные параметры оборудования и оценить его состояние. Число примеров можно увеличивать, но приведенные примеры свидетельствуют о широких возможностях применения научных методов решения эксплуатационных задач.

2. Общие сведения по основам рационального выбора и использования электрооборудования

Правильный выбор электрооборудования - необходимое условие его успешной эксплуатации. При проектировании комплексной электрификации сельского хозяйства электрооборудование выбирают, исходя из требований его качественного функционирования и наименьших затрат на электрифицированный объект. Однако по некоторым причинам это не всегда обеспечивает высокую эффективность эксплуатации выбранного электрооборудования.

На стадии проектирования не удается точно предвидеть условия окружающей среды, в которых будет находиться электрооборудование, и приходится ориентироваться на средние данные. Они могут существенно отличаться от фактических условий. Такое же несовпадение может наблюдаться между расчетными и фактическими режимами работ, значениями потребляемой мощности, отклонениями напряжения и другими параметрами. Неопределенность исходной информации нарушает правильность выбора.

Кроме того, при проектировании не учитывают неизбежное ухудшение эксплуатационных свойств электрооборудования и технологических объектов, на которых оно используется. Это особенно заметно после капитального ремонта техники. Поэтому при эксплуатации часто возникают задачи проверки выбора электрооборудования с учетом конкретных и более точных данных об условиях эксплуатации. Такая проверка обязательна для ответственных объектов, у которых погрешности выбора вызывают большой технологический ущерб.

Методика выбора оборудования в общем случае заключается в определении фактических данных о качестве электроснабжения, режиме работы и других условиях эксплуатации и сопоставления этих данных с параметрами электрооборудования. Решение о выборе принимают по принципу ограничения или по принципу оптимизации.

Принцип ограничения состоит в том, что электрооборудование считается пригодным, если значения его параметров больше или равны (для некоторых параметров - меньше или равны) значениям соответствующих факторов, наблюдаемых при эксплуатации. Например, асинхронный электродвигатель выбирают по мощности на основании условия $P_n > P_{\phi}$, где P_n , P_{ϕ} - номинальная мощность выбранного электродвигателя и его фактическая нагрузка.

Принцип оптимизации основан на изучении вариантов возможных решений и выборе такого электрооборудования, которое обеспечивает наилучший результат электрификации объекта или процесса. При этом критерием оптимальности могут быть технические и экономические характеристики.

3. Выбор по техническим характеристикам

Основные технические характеристики, учитываемые при выборе электрооборудования: климатическое исполнение и категория размещения; степень защищенности от попадания посторонних предметов и влаги; номинальные параметры (напряжение, ток, мощность, частота вращения и т.д.); дополнительные характеристики (пусковые свойства, перегрузочная способность, защитные характеристики и т.д.).

Выбор по климатическому исполнению и категории размещения. Электротехнические изделия, выпускаемые промышленностью, предназначены для использования в определенном климатическом районе и в определенном месте размещения, в зависимости от их исполнения.

Изделия, предназначенные для эксплуатации на суше, в реках и озерах, имеют следующие *климатические исполнения* для макроклиматических районов: У - с умеренным климатом; ХЛ - с холодным климатом; ТВ - с влажным тропическим климатом; ТС - с сухим тропическим климатом; Т - с влажным и с сухим тропическим климатом; О - общеклиматическое исполнение.

Для обеспечения надежной работы в особых производственных условиях выпускают электрооборудование сельскохозяйственного (С) и химостойкого (Х) исполнения.

Категории размещения электрооборудования обозначают следующими цифрами: 1 - для работы па открытом воздухе; 2 - для работы в помещениях, где колебания температуры и влажности воздуха несущественно отличаются от колебаний на открытом воздухе, например, в палатках, кузовах, прицепах, металлических помещениях без теплоизоляции, а также в кожухе комплектного устройства категории 1 или под навесом (отсутствие прямого воздействия солнечной радиации и атмосферных осадков на изделие); 3 - для работы в закрытых помещениях с естественной вентиляцией без искусственно регулируемых климатических условий, где колебания температуры и влажности воздуха, воздействие песка и пыли существенно меньше, чем на открытом воздухе; 4 - для работы в помещениях с искусственно регулируемыми климатическими условиями; 5 - для работы в помещениях с повышенной влажностью.

Электротехнические изделия сельскохозяйственного назначения должны быть изготовлены в климатическом исполнении У. К макроклиматическим районам с умеренным климатом относятся районы, где средняя из ежегодных абсолютных максимумов температуры воздуха равна плюс 40°C или ниже, а средняя из ежегодных абсолютных минимумов температуры воздуха равна минус 45°C или выше.

Выбор по степени защиты. Степень защиты от соприкосновения с токоведущими или движущимися частями, находящимися внутри корпуса электротехнических изделий, от попадания посторонних предметов и проникновения в корпус влаги в соответствии с ГОСТ условно характеризуется буквами IP и двумя цифрами (например, IP23, IP54 и т.п.). Эти обозначения проставляют на корпусах изделий или па табличках с паспортными данными.

Первая цифра после IP обозначает степень защиты от соприкосновения персонала с движущимися частями оборудования и от попадания внутрь его твердых посторонних тел. Вторая цифра обозначает степень защиты оборудования от проникновения внутрь корпуса воды.

Электротехнические изделия сельскохозяйственного назначения согласно ГОСТ 19348-74 должны иметь степень защиты IP23, IP30, IP31, IP41, IP44, IP51, IP54 и IP55.

Кожухи вентиляторов охлаждения электродвигателей должны иметь степень защиты не ниже IP20.

Выбор по напряжению. В сельском хозяйстве в основном применяют трехфазный переменный ток напряжением 380/220 В. Все электроприемники выбирают из условия равенства напряжения (номинального и сети). В отдельных случаях для облегчения пуска двигателя схему обмоток переключают со звезды на треугольник и для этих целей выбирают двигатель с номинальным напряжением 660/380 В.

Выбор по мощности или току. Электродвигатели выбирают из условия равенства его номинальной мощности $P_{нд}$ и мощности, потребляемой рабочей машиной или рабочим органом машины, P_m . Решающее значение при этом имеет характер нагрузочной диаграммы электропривода.

При длительной неизменной нагрузке выбор двигателя осуществляют по фактической потребляемой мощности; при мало изменяющейся во времени нагрузке, имеющей коэффициент вариации менее 20%, двигатель выбирают по средней мощности; при переменной нагрузке - по расчетной эквивалентной мощности, т.е. такой постоянной мощности, которая эквивалентна фактической переменной по нагреву двигателя (этому условию удовлетворяет среднеквадратичная мощность).

Зная расчетную мощность машины ($P_{рм}$) (фактическую, среднюю или среднеквадратичную), по каталогу выбирают электродвигатель стандартной мощности ($P_{нд}$), имеющий мощность, ближайшую большую по сравнению с расчетной. В общем случае условие выбора имеет вид $P_{нд} > P_{рм}$. Выбранный двигатель проверяют на перегрузочную способность, на возможность пуска, по частоте пусковых операций.

Выбор электрооборудования по мощности. При помощи критерия приведенных затрат можно более точно решать задачи выбора мощности электрооборудования. Известно, что при выборе по техническим характеристикам принимают электрооборудование, номинальная мощность которого больше или равна расчетной мощности, то есть приближенно. Для электрооборудования массового применения, например, двигателей, погрешности выбора приводят к большому суммарному ущербу (применение двигателей заниженной мощности снижает его надежность и ограничивает производительность рабочей машины, а использование двигателей завышенной мощности ухудшает его энергетические показатели и удорожает электропривод).

Экономический критерий позволяет более точно указать целесообразный диапазон нагрузок для каждого типоразмера электрооборудования, эти диапазоны называют *экономическими интервалами нагрузок*. Их определяют путем исследования системы уравнений приведенных затрат, составленных для каждого типоразмера электрооборудования с учетом ожидаемых условий эксплуатации. Условие выбора имеет вид $P_{э.н} < P_{рас} < P_{э.в.}$, где $P_{э.н.}$, $P_{э.в.}$ - соответственно нижняя и верхняя границы интервалов нагрузок для двигателя (трансформатора) с номинальной мощностью, $P_{рас}$ - расчетная нагрузка.

Метод определения экономических интервалов нагрузок основывается на сравнении приведенных затрат на единицу наработки смежных по мощности двигателей (трансформаторов) из всей шкалы их типоразмеров. Абсолютные границы экономических интервалов нагрузок определяют точками пересечения кривых приведенных затрат, т.е. на экономическом интервале нагрузок данный двигатель имеет среди всех типоразмеров наименьшее значение приведенных затрат.

Экономические интервалы нагрузок двигателей приведены в справочной литературе.

При помощи интервалов экономических нагрузок выбирают марки проводов для воздушных линий. Примерные интервалы для четырехпроводных воздушных линий 0,38 кВ имеют следующие значения: провод А16- интервал 3,7... 10 кВА; А25 - 10... 15; А35 - 15...21; А50 - 21...30 кВА.

4. Выбор типа защиты электродвигателей

В процессе эксплуатации электроприводов возникают различные аварийные ситуации, основные из которых - технологические перегрузки, неполнофазное (несимметричное) питание, затормаживание (заклинивание) ротора, увлажнение изоляции и нарушение условий охлаждения. Чтобы в этих случаях не допустить выхода из строя двигателя, его своевременно отключают от сети при помощи устройства защиты двигателя.

Под технологическими перегрузками подразумевают перегрузки, возникающие в процессе работы электродвигателя, которые приводят к увеличению температуры изоляции обмоток выше предельно допустимого значения (для соответствующего класса изоляции). Такие превышения не приводят к моментальному пробое изоляции обмотки электродвигателя, но влекут за собой ускоренное старение, постепенное разрушение и преждевременный выход из строя изоляции обмотки.

Неполнофазный режим (потеря фазы) возникает в случае перегорания одного из предохранителей, обрыва провода питающей сети, нарушения контактных соединений. При этом происходит перераспределение токов и напряжений электродвигателя, которое и приводит к его отказу. В зависимости от схемы обмоток, степени загрузки и места обрыва фазы может наступить или остановка ротора электродвигателя, или же он будет продолжать работать, но по его обмотке будут протекать повышенные токи.

Особенно чувствительны к неполнофазным режимам электродвигатели малой и средней мощности. Если для двигателей мощностью более 20 кВт опасность разрушения обмотки статора возникает при загрузке более 50%, то для двигателей меньшей мощности - начиная с нагрузки 25%.

Затормаживание ротора - самый тяжелый аварийный режим двигателей, он может возникать из-за разрушения подшипников, заклинивания рабочей машины, примерзания рабочих органов машины и т.д. Затормаживание ротора может происходить как во время пуска, так и во время работы двигателя. При затормаживании ротора по обмоткам двигателя протекают повышенные (пусковые) токи, при которых скорость нагрева обмотки достигает 7...10°C/с, поэтому через 10...15 секунд температура обмотки достигает предельно допустимых значений. Чем меньше постоянная времени нагрева электродвигателя, тем выше температура обмотки при одинаковой продолжительности этого режима и кратности пускового тока. Поэтому, режимы с заторможенным ротором представляют наибольшую опасность для электродвигателей малой и средней мощности, так как у них постоянная времени нагрева меньше постоянной времени нагрева крупных электродвигателей.

Основное требование, предъявляемое к защитным устройствам, заключается в том, чтобы при перегрузках двигателя они не допускали бы перегрева статорной обмотки сверх допустимого значения и тем самым предохраняли бы изоляцию обмотки от ускоренного износа. При этом отключение электродвигателя при перегрузках должно происходить при температуре обмотки, близкой к допустимой,

чтобы по возможности более полно использовать перегрузочную способность электродвигателя.

В связи с переводом сельскохозяйственного производства на промышленную основу защитные устройства должны обеспечивать непрерывность производства, т.е. исключать ложные отключения при появлении кратковременных перегрузок, не представляющих опасности для электродвигателей. Кроме того, защитные устройства должны иметь достаточное быстродействие и минимальное время возврата после срабатывания, надежно работать в реальных условиях сельскохозяйственного производства, быть универсальными и удобными в эксплуатации.

Известно много типов (вариантов) защиты. По назначению их можно разделить на три группы. К первой относятся специальные устройства, которые реагируют на отдельный, специально контролируемый (основной) аварийный режим. Это устройства, отключающие двигатель при неполнофазном и несимметричном напряжении сети; при затормаживании ротора; при недопустимом снижении сопротивления изоляции. Ко второй группе относятся универсальные устройства, которые реагируют на несколько аварийных режимов, контролируя один параметр двигателя. Третью группу составляют комплексные устройства, которые реагируют на все аварийные режимы, контролируя несколько параметров двигателя. По параметру, контролируемому чувствительным (измерительным) органом устройства, все защиты можно разделить на токовые, тепловые, температурные, фазовые, напряженческие и комплексные.

Выбор типа защиты по техническим характеристикам. Для защиты необходимо выявить структуру аварийных режимов, ожидаемых у конкретного электропривода, и подобрать такое устройство, которое наиболее полно реагирует на вероятные аварийные ситуации. Каждый тип защиты имеет следующие рациональные области применения. Для защиты двигателей, используемых с постоянной или мало изменяющейся нагрузкой, следует применять тепловые реле. Для двигателей с длительной постоянной нагрузкой (вентиляторы, насосы и т.п.) - фазочувствительные устройства защиты. Двигатели, используемые в пыльных помещениях или имеющие резкопеременную нагрузку (дробилки, измельчители, лесопилки) либо частые пуски (дозаторы), должны снабжаться устройствами встроенной температурной защиты.

Вопросы для самоконтроля:

1. Описать основы рационального выбора энергооборудования.
2. Описать выбор энергооборудования по климатическому исполнению и категории размещения.
3. Описать выбор энергооборудования по степени защиты.
4. Объяснить основы выбора энергооборудования по экономическим критериям.
5. Объяснить выбор энергооборудования по исполнению.
6. Объяснить выбор ЭД по техническим и экономическим критериям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Ерошенко, Г.П., Медведько, Ю.А., Таранов, М.А.** Эксплуатация энергооборудования сельскохозяйственных предприятий / Г.П. Ерошенко, Ю.А. Медведько, М.А. Таранов.– Ростов-на-Дону, НПК «Гефест», 2005. – 255 с.
2. **Ерошенко Г.П., Коломиец А.П.** Эксплуатация электрооборудования / Г.П.Ерошенко, А.П. Коломиец и др. – М.: Колосс, 2005.
3. Правила устройства электроустановок / 7-е изд., -М.: Энергоатомиздат, 2007.
4. Правила технической эксплуатации и техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей –М.: Энергоатомиздат, 2007.

Дополнительная

- a. Объем и нормы испытаний электрооборудования.- Новосибирск: Сиб. Универ. Изд-во,2008
- б. **Ящура А.И.** Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования / А.И. Ящура – М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2006.

Лекция 5

ТЕХНИЧЕСКОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

1. Системы диагностирования

Техническая диагностика – наука о методах и средствах распознавания технического состояния и обнаружения неисправностей (дефектов) изделий.

Техническое диагностирование – это процесс распознавания состояния объекта, конечным результатом которого служит заключение о техническом состоянии объекта.

Способ (алгоритм) диагностирования – это совокупность и последовательность действий (экспериментов), позволяющих определить техническое состояние объекта.

Системы диагностирования (СД) – это совокупность объектов, способов и средств диагностирования. По назначению и виду решаемой диагностической задачи их условно разделяют на: профилактические, дифференциальные, функциональные и прогнозирующие.

Одно из главных направлений дальнейшего совершенствования технической эксплуатации электрооборудования – более широкое внедрение в практику СД.

Профилактические СД предназначены для выявления в процессе эксплуатации дефектных деталей и элементов, выработавших свой ресурс, т.е. тех элементов объекта, параметры которых близки к предельно допустимым значениям (для выявления слабых мест объекта без вывода его в ремонт). С этой целью систематически проводят плановые профилактические испытания.

Дифференциальные СД служат для обнаружения отдельных неисправностей при плановом техническом обслуживании и ремонте электрооборудования. По полученным результатам уточняют вид необходимого ремонта (текущий или капитальный) и состав его операций. Для дифференциального диагностирования применяют приборы общего и специального назначения. Простейшие омметры (мегомметры) позволяют выявлять неисправности типа обрыв, замыкание в проводах, контактах, изолирующих и других элементах электрооборудования. Специальные приборы контроля влажности (ПКВ) позволяют определить степень увлажнения изоляции, а приборы типа высокочастотного измерителя (ВЧФ) – витковые замыкания в обмотках электрических машин. Кроме того, дифференциальное диагностирование проводят при помощи таблиц характерных неисправностей, которые есть в справочной литературе или в техническом описании конкретного электрооборудования.

Функциональные СД предназначены для оценки качества функционирования и работоспособности путем определения комплекса эксплуатационных свойств (характеристик) электрооборудования при контрольных, типовых или специальных испытаниях и сопоставления их с номинальными или нормируемыми значениями. Например, при контрольных испытаниях асинхронного двигателя определяют сопротивление обмоток постоянному току, сопротивление изоляции, ток и потери холостого хода, напряжение и потери короткого замыкания. Если измеренные параметры находятся в пределах установленных допусков, то двигатель признается работоспособным.

Прогнозирующие СД позволяют предсказать состояние изделия в будущем и определить вероятный момент появления отказа. Для этого оценивают остаточный ресурс элементов на основании информации о закономерностях изменения параметров в период, предшествующий прогнозу. Например, для подшипника известно фактическое и предельное значение зазора. Разделив разность этих значений на скорость изнашивания подшипника, получаем его остаточный ресурс, по которому легко определить ожидаемую дату отказа подшипника. Однако надежное прогно-

зирование освоено лишь для простейших случаев. При эксплуатации электрооборудования создание прогнозирующих СД связано с рядом методических трудностей, обусловленных сложностью процессов старения и износа электроустановок.

2 Профилактические испытания

При профилактических испытаниях основное внимание уделяют изоляции, поскольку она самый слабый элемент электрооборудования и вызывает наибольшее число отказов. При испытании основных видов электрооборудования измеряют сопротивления изоляции в соответствии с указаниями, приведенными в табл. 8.1. Кроме измерения сопротивления изоляции, в состав профилактических испытаний для некоторых видов электрооборудования в те же сроки входят и другие операции.

Таблица 1- Сроки и нормы профилактического измерения сопротивления изоляции электрооборудования

Тип электропроводки и электрооборудования	Указания по измерениям (напряжение мегаомметра, периодичность и другие указания)	Норма сопротивления, МОм
Силовые и осветительные проводки; распределительные устройства, щиты; электрические аппараты 0,38...0,66кВ	1000 В. Испытания производятся в сроки, установленные ППР и местным инструкциям. Измеряют между любым проводом и землей, а также между двумя любыми проводами при снятых плавких вставках и отключенных электроприемниках	0,5
Силовые кабельные линии до 1 кВ	2500 В. В стационарных установках не реже 1 раза в пять лет, в сезонных – перед наступлением сезона	0,5
Силовые кабельные линии выше 1 кВ	2500 В. В стационарных установках не реже 1 раза в пять лет, в сезонных – перед наступлением сезона	Не нормируется
Трансформаторы до 35 кВ	2500 В. Испытания производятся в сроки, установленные ППР и местным инструкциям	Не нормируется, но не ниже 70% от предыдущего измерения
Электродвигатели до 0,66 кВ (обмотка статора)	1000 В. Периодичность – по системе ППР	1,0 – в холодном состоянии; 0,5 при 60°C
Электродвигатели выше 1 кВ (обмотка статора)	2500 В. Испытания производятся в сроки, установленные ППР и местным инструкциям	1,0 – в холодном состоянии; 0,5 при 60°C
Сборные и соединительные шины	2500 В. Испытания производятся в сроки, установленные ППР и местным инструкциям. Измерения производятся при положительной температуре	300

Вводы и проходные изоляторы	2500 В. Испытания производятся в сроки, установленные ППР и местным инструкциям.	500
Конденсаторы	2500 В Испытания производятся в сроки, установленные ППР и местным инструкциям	По данным завода - изготовителя
Масляные электромагнитные выключатели и	2500 В для первичных цепей 1000 В для вторичных цепей Испытания производятся в сроки, установленные ППР и местным инструкциям	300 1
Электродные котлы	2500 В В положении электродов при максимуме и минимуме мощности по отношению к корпусу	0,5
Ручной электроинструмент и переносные светильники	500 В. Периодичность - по системе ППР, но не реже 1 раза в шесть лет	0,5

Испытание изоляции повышенным напряжением - основной и обязательный вид испытания электрооборудования. Подводя к изоляции повышенное напряжение, можно выявить её местные и общие дефекты, которые нельзя обнаружить другими способами.

В зависимости от типа оборудования и характера испытания используют повышенное переменное или выпрямленное напряжение согласно нормам.

Создание новых способов и средств диагностирования позволит в будущем перейти к прогрессивной послеосмотровой технической эксплуатации электрооборудования. На современном этапе есть предпосылки для внедрения отдельных систем диагностирования, которые позволяют уточнять объемы ремонтных работ и сроки их проведения, а также определять исправность электрооборудования при списании электрифицированной техники.

Основные критерии годности электрооборудования можно разделить на два вида: абсолютные и относительные.

Из-за присутствия в диэлектриках свободных зарядов, в изоляции всегда возникает ток сквозной проводимости, происходит замедленная поляризация, создающих ток абсорбции, происходит мгновенная поляризация, создающая ток смещения.

Ток абсорбции затухает по мере завершения процессов замедленной поляризации, а ток сквозной проводимости сохраняется неизменным. Истинное сопротивление изоляции зависит от сквозного тока.

Сопротивление изоляции рассчитывают как частное от деления напряжения на значение тока, установившегося через минуту после включения напряжения.

К основным способам диагностирования изоляции относятся: измерение сопротивлений изоляции; измерение емкости изоляции; измерение диэлектрических потерь; испытание повышенным напряжением переменного или постоянного тока.

Измерение сопротивления изоляции производится мегаомметром на соответствующее напряжение в зависимости от типа электрооборудования.

Диагностирование увлажнения изоляции методом коэффициентом абсорбции состоит в измерении мегаомметром ее сопротивления в моменты 15с и 60с после подачи напряжения и определения отношения $\frac{R_{60}}{R_{15}}$. Если $\frac{R_{60}}{R_{15}} > 1,3$, то изоляцию считают сухой; если $\frac{R_{60}}{R_{15}} \leq 1,3$, то изоляцию признают влажной.

В некоторых случаях дополнительно проверяют степень увлажнённости изоляции ёмкостными методами как-то: «ёмкость-температура», «ёмкость-частота», «ёмкость-время».

Метод «ёмкость-температура» заключается в сравнении ёмкостей оборудования, измеренных при разных температурах (70°С и 20°С). Отношение этих емкостей для сухой изоляции не должно превышать 1,15.

Метод «ёмкость – частота» заключается в измерении емкости изоляции при частоте 2 Гц и 50 Гц и определении их отношения. Если $(\frac{C_2}{C_{50}}) < 1,2$, то изоляция сухая, если $(\frac{C_2}{C_{50}}) \geq 1,2$, – увлажненная.

Метод «ёмкость-время» - характеризуется тем, что сначала создают ёмкость испытываемого объекта, а затем осуществляют двухкратный его разряд: быстрый - сразу после окончания заряда, и медленный - через одну секунду. Прирост общей емкости ΔC за счет абсорбционной сухой изоляции будет небольшой $\Delta C_{\text{сух}} = (0.02...0.08)C$; влажной - $\Delta C_{\text{вл}} \geq 0.1C$.

При испытании изоляции рассмотренными методами пользуются приборами ПКВ-7, ПКВ-8, ПКВ-11. Эти же приборы применяют для определения влажности изоляции залитых и не залитых маслом трансформаторов - в процессе их монтажа и ремонта.

Метод коэффициента нелинейности применяется в электрических машинах, при этом критерием степени увлажненности служит вольтамперная характеристика, т.е. зависимость тока утечки от приложенного при испытании напряжения, имеющая для сухой изоляции линейную зависимость, а для влажной – нелинейную.

Алгоритм диагностирования при определении местных дефектов по частичным разрядам состоит в следующем. На изоляцию подают повышенное напряжение. Приемным колебательным контуром или антенной ИЧР исследует пространство вокруг изоляционной системы. При этом измерительный прибор ИЧР позволяет зафиксировать высокочастотные колебания и выявить место, где они имеют наибольший уровень. Обычно это место совпадает с местным дефектом

Прохождение активного тока через диэлектрик вызывает потери электрической энергии, называемыми диэлектрическими потерями, пропорциональными $tg\delta$, который называется тангенсом угла диэлектрических потерь.

Значение $tg\delta$ обычно не превышает сотых или десятых долей единицы, поэтому его принято измерять в процентах. Предельное значение $tg\delta$ для конкретных электроустановок не должно быть больше установленного «Нормами испытаний электрооборудования».

Сопротивление изоляции является изменчивой величиной, поскольку зависит от многих факторов. Наибольшее влияние на нее оказывают температура и влажность, с увеличением которых сопротивление изоляции снижается.

Целью измерения сопротивления изоляции является установление возможности проведения испытаний машины или включения ее в сеть без повышенного риска повреждения.

При этом температура, при которой производятся измерения должна быть одинаковой. При несовпадении температуры измерения применяются специальные коэффициенты приведения.

Электрическим контактом называют место перехода тока из одной токоведущей части в другую. По своему назначению контакты разделяют на соединительные и коммутирующие.

Соединительные контакты разделяют на разборные (болтовые, винтовые, клиновые) и неразборные (сварные, паяные, клепаные и т.п.). Коммутирующие контакты классифицируют по признаку подвижности (подвижные, неподвижные), по степени подвижности (самоустанавливающиеся, несамоустанавливающиеся), по геометрической форме (точечные, линейные, поверхностные), по виду охлаждения (естественное, искусственное), по назначению (главные, дугогасительные, дополнительные) и по другим признакам.

Определяющими параметрами контактов являются переходное сопротивление, падение напряжения и температуру нагрева контактов, а вспомогательными - площадь соприкосновения, раствор, провал и усилие сжатия контактов.

Для низковольтной аппаратуры установлены следующие допустимые падения напряжения на контакте: серебро - 0,01... 0,02 В, медь - 0,01...0,03 В, алюминий - 0,01...0,04 В, железо - 0,02...0,05 В.

Для надежной работы контактов необходимо строго соблюдать установленные нормы для температуры нагрева: коммутирующие контакты из меди без покрытия - 85°C, с серебряным покрытием - 240°; соединительные контакты внутри аппаратов из меди - 95°, с покрытием благородными металлами - 105°, с серебряным покрытием - 135°C (при расчетной температуре окружающей среды 45 °C).

В исправном состоянии фактическая площадь соприкосновения составляет не менее 70% от номинальной площади контакта.

Раствором контактов называют наибольшее расстояние L_p между поверхностями соприкосновения при разомкнутом состоянии контактов. В зависимости от типа аппарата эта величина может быть от 3 до 50 мм.

Провалом контактов называют расстояние L_p , на которое перемещается подвижный контакт, не теряя соприкосновения с неподвижным контактом при размыкании или замыкании цепи. Для низковольтных аппаратов провал составляет 3...6 мм.

У нового контакта переходное сопротивление не должно превышать сопротивления целого эквивалентного участка проводника в 1,2 раза, допускается увеличение сопротивления, но не более чем в 1,8 раза.

В исправном контакте отношение падения напряжения на нем к падению напряжения на целом эквивалентном участке не должно превышать 1,1... 1,2, при отношении 1,7, необходимы ремонт или замена контакта.

Оценить состояние изоляции электротехнического оборудования можно по результатам нескольких измерений, выполненных в течение определенного интервала времени (от 1 до 6 месяцев). По результатам измерений определяют скорость

изменения сопротивления изоляции, а затем момент ожидаемого наступления предельного (по наименьшему сопротивлению) состояния изоляции

ПРОЦЕСС УВЛАЖНЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ

В сельском хозяйстве до 60% электрооборудования работают в животноводческой отрасли. Производство продукции в животноводстве связано с тяжёлыми условиями работы электрооборудования (повышенная влажность, химически агрессивная среда). 25% отказов в работе электродвигателей и трансформаторов происходит из-за недопустимого увлажнения изоляции. Поэтому контроль за степенью увлажнения изоляции имеет важное значение. Под увлажнением понимается процесс проникновения молекул воды в мельчайшие поры капилляры изоляции. Под действием воды происходит диссоциация, неполярных молекул кислот и солей, входящих в состав изоляции, на полярные ионы, которые являются носителями тока. В результате проводимость изоляции увеличивается, а ее изолирующие свойства ухудшаются. В результате наступает пробой изоляции.

Влага в изоляцию попадает из окружающей среды. Процессы перемещения влаги из окружающей среды в изоляцию (увлажнение), а также перемещение влаги из изоляции в окружающую среду (сушка), зависят от многих причин: материала изоляции, конструкции обмоток, конструкции машины, атмосферного давления, влажности, температуры и т. д.

Основными факторами являются: влагосодержание и температура изоляции ($W_{из}, t_{из}$) и окружающей среды (W_0, t_0)

В качестве объекта рассмотрим асинхронный двигатель:

$W_{из}, W_0$ – влагосодержание изоляции и окружающей среды;

$t_{из}, t_0$ – температура изоляции и окружающей среды;

$P_{из}, P_0$ – атмосферное давление в двигателе и окружающей среды.

Из термодинамики известно, что влагосодержание определяется:

$$W = K_W \text{grad } W + K_t \text{grad } t + K_p \text{grad } P.$$

$$W = K_W (W_{из} - W_0) + K_t (t_{из} - t_0) + K_p (P_{из} - P_0)$$

K_W, K_t, K_p – коэффициенты пропорциональности, зависящие от вида изоляции, от конструкции обмоток и т.д.

Рассмотрим три случая работы электродвигателя:

1. Длительный простой:

$W_0 > W_{из}$ – влагосодержание окружающей среды больше влагосодержания изоляции;
 $t_{из} \approx t_0$ – температура изоляции равна температуре окружающей среды.

$$W = K_W (W_{из} - W_0) + K_t (t_{из} - t_0)$$

$$W_0 > W_{из} \rightarrow (W_{из} - W_0) < 0 \rightarrow \text{увлажнение изоляции.}$$

2. Длительная работа:

$W_0 > W_{из}$ – влагосодержание окружающей среды больше влагосодержания изоляции;
 $t_{из} > t_0$ – температура изоляции больше температуры окружающей среды.

$$W = K_W (W_{из} - W_0) + K_t (t_{из} - t_0)$$

увлажнение сушка

3. Повторно-кратковременный режим:

$W_0 > W_{из}$ – влагосодержание окружающей среды больше влагосодержания изоляции;
 $t_{из} > t_0$ – температура изоляции больше температуры окружающей среды.

$$W = K_W (W_{из} - W_0) + K_t (t_{из} - t_0)$$

увлажнение сушка

Таким образом, повторно-кратковременный режим работы характеризуется двумя явлениями: В рабочие периоды температура изоляции повышается и $t_{из} > t_0$ - температура изоляции больше температуры окружающей среды, что приводит к сушке изоляции.

В период пауз, температура снижается и происходит увлажнение изоляции. Результирующий процесс зависит от длительности пауз и работы электродвигателя.

ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБОВ ИЗМЕРЕНИЯ УВЛАЖНЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ.

В настоящее время в эксплуатационной практике применяется несколько способов измерения увлажнения. Чтобы уяснить их сущность рассмотрим картину физических процессов, протекающих в изоляции, находящейся под напряжением. Каждый элемент изоляции находится между двумя токопроводящими частями оборудования, и его можно представить как бы находящимся между обкладками конденсатора. При подаче напряжения через изоляцию, будут протекать 3 тока.

1 — активный ток утечки $i_{ут}$, обусловленный наличием свободных электронов и ионов.

2 — емкостный ток абсорбции $i_{аб}$, обусловленный поляризацией тяжелых молекул воды и диссоциировавших ионов.

3 — емкостный ток смещения $i_{см}$, обусловленный поляризацией электронов.

В соответствии с этими токами схема замещения изоляции, находящейся под напряжением, содержит три элемента, моделирующих пути протекания соответствующих токов (рис 1).

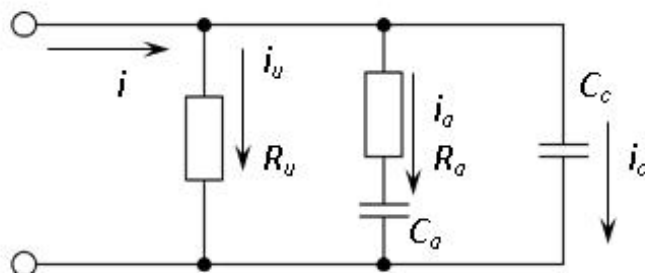


Рис. 1. Схема замещения изоляции находящейся под напряжением: 1— активное сопротивление утечки $R_{ут}$, 2 — емкость абсорбции $C_{аб}$, 3 — емкость смещения $C_{см}$.

Параметры элементов схемы замещения одновременно являются и параметрами, характеризующими состояние изоляции.

Сопротивление утечки (сопротивление изоляции) определяется количеством свободных носителей тока и очень сильно зависит от степени увлажнения изоляции. Эта зависимость носит обратный характер, чем выше влажность изоляции, тем меньше ее сопротивление и больше ток утечки.

Величина **емкости абсорбции** $C_{аб}$ определяется числом молекул воды и диссоциированных ионов. Она имеет прямую зависимость от влажности. При подаче на изоляцию постоянного напряжения ток абсорбции протекает только в течение времени поляризации диэлектрика. Это время зависит, главным образом, от общей массы изоляции. В машинах мощностью выше 100 кВт и напряжением более 6000 В оно

составляет 30—40с. Для низковольтного оборудования мощностью до 100кВт поляризация длится 5–10с.

При подаче на диэлектрик переменного напряжения под действием переменного электрического поля молекулы и ионы совершают колебательные движения вокруг своей оси. Это явление называется током поляризации. Ток поляризации имеет активно емкостный характер. Величина и активной и емкостной составляющей зависит от увлажнения.

Емкость смещения характеризует процессы электронной поляризации диэлектрика. Этот процесс протекает очень быстро 10^{-11} - 10^{-13} с. Величина $C_{см}$ от увлажнения не зависит и определяется, главным образом, взаимным расположением токоведущих частей (проводников, обмоток) машины по отношению друг к другу и к заземленным частям. Поэтому в литературе $C_{см}$ иногда называют геометрической емкостью.

Таким образом, из вышеизложенного следует, что способы измерения увлажнения могут быть основаны на измерении $R_{ут}$ или $C_{аб}$.

На измерении тока утечки (сопротивления изоляции) основано 3 способа: непосредственное измерение величины сопротивления изоляции; измерение коэффициента абсорбции; измерение тангенса угла диэлектрических потерь.

На измерении абсорбционной емкости основаны методы: емкость-частота; емкость-время; емкость-температура.

Рассмотрим кратко суть данных способов измерения увлажнения изоляции.

Определение увлажнения по величине сопротивления изоляции

Измерение сопротивления изоляции наиболее простой и доступный способ. Он основан на непосредственном измерении величины сопротивления изоляции, которое осуществляется с помощью мегомметра. Затем измеренная величина сравнивается с минимально допустимой, для рабочей температуры 75°C , определяемой по формуле:

$$R_{75} = I_n / (1000 + 0,01 * P), \text{ МОм},$$

где I_n — номинальное линейное напряжение оборудования, В; P — номинальная мощность оборудования, кВт.

Для оборудования мощностью до 100 кВт и напряжением 380/220 В минимально допустимое сопротивление изоляции при температуре 75°C составляет 0,4 МОм. Однако на практике измерения выполняются в период рабочих пауз, когда температура изоляции равна температуре окружающей среды. В этом случае минимальное сопротивление изоляции R_{min} можно определить по эмпирической формуле, которая верна в диапазоне температуре $0...50^{\circ}\text{C}$.

$$R_{min} = R_{75} (8,5 - 0,1 t_o), \text{ МОм},$$

где t_o — температура окружающей среды, $^{\circ}\text{C}$.

Достоинство этого способа заключается в простоте, недостатки связаны с малой точностью. Это обстоятельство объясняется тем, что сопротивление изоляции зависит от многих причин, среди которых увлажнение является главной, но не окончательной, поэтому в ряде случаев по величине сопротивления невозможно с большой точностью оценить степень увлажнения. Несмотря на этот недостаток, данный способ остается единственным для низковольтного оборудования мощностью до 100 кВт.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ УВЛАЖНЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ПО КОЭФФИЦИЕНТУ АБСОРБЦИИ

Коэффициентом абсорбции называется отношение сопротивления измеренного через 60с после приложения измерительного напряжения к сопротивлению, измеренному через 15с после приложения измерительного напряжения

$$K_{аб} = R_{60} / R_{15}$$

При измерении коэффициента абсорбции традиционной пользуются измерением сопротивлений изоляции, но физически более правильно рассматривать диаграммы токов.

С момента приложения напряжения по изоляции начинают протекать два тока. Ток утечки i_y , который возрастает до установившегося значения, и ток абсорбции $i_{аб}$, вызванный поляризацией ионов и молекул воды. Этот ток в начале возрастает до максимального значения, по мере того, как в процесс поляризации вовлекается все больше носителей зарядов, а затем убывает до нуля, т. к. молекулы ориентируются по направлению эл. поля и их дальнейшее движение прекращается. Максимального значения $i_{аб}$ достигает через 15с от момента приложения напряжения. Полное затухание его происходит через 30...50с. Этим объясняется выбор времени для измерения коэффициента абсорбции.

Сопротивления R_{15} и R_{60} соответственно равны: $R_{15} = I / (i_{аб} + i_y)$ и $R_{60} = I / i_y$, а отношение $R_{60} / R_{15} = i_y / (i_y + i_{аб})$.

Максимальное значение $i_{аб}$ незначительно зависит от степени увлажнения. Величина i_y во влажной изоляции намного больше чем в сухой. Поэтому $K_{аб}$ для влажной изоляции будет всегда меньше чем для сухой.

Если $K_{аб} > 1,3$, то изоляция считается сухой, если $K_{аб} < 1,3$, то влажной.

Этот метод используется для определения степени увлажнения ответственного оборудования и наиболее точен по сравнению с измерением сопротивления изоляции.

СУЩНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ УВЛАЖНЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ МЕТОДОМ ТАНГЕНСА УГЛА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ

Угол диэлектрических потерь служит характеристикой и емкостной составляющих токов, протекающих через изоляцию. С увеличением степени увлажнения это соотношение изменяется в сторону увеличения активной составляющей, соответственно $\text{tg } \sigma$ увеличивается. Это позволяет по характеру прироста судить об увеличении увлажнения изоляции.

Данный способ рекомендуется для ответственного высоковольтного оборудования, на которое имеются нормы предельных значений $\text{tg } \sigma$. У современных диэлектриков $\text{tg } \sigma = 0,0001 \text{---} 0,005$. Оборудование подвергается периодическим контрольным измерениям, при которых фактические значения сравниваются с нормами.

Для низковольтного электрооборудования данный способ не применяется из-за сложности и малой точности измерений, которая обусловлена низкими абсолютными значениями сопротивления изоляции низковольтного оборудования.

СУЩНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ УВЛАЖНЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ МЕТОДОМ «ЁМКОСТЬ-ЧАСТОТА»

Сущность этого метода заключается в том, что к изоляции подводят напряжение и измеряют ёмкость при частоте 2 Гц и 50 Гц, а затем находят соотношение. При более

высокой частоте измерительного напряжения (десятки Гц) молекулы и ионы не успевают ориентироваться вслед за быстроизменяющимся полем, а только колеблются возле своей оси, соответственно емкость объекта уменьшается и приближается к емкости смещения.

Если $C_2/C_{50} > 1,2$, то изоляция считается влажной, а если $C_2/C_{50} < 1,2$ - сухая. Температура изоляции при измерениях не должна быть ниже 10°C . Измерения осуществляют с помощью специальных приборов контроля влажности ПКВ-7; ПКВ-13.

СУЩНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ УВЛАЖНЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ МЕТОДОМ «ЁМКОСТЬ-ВРЕМЯ»

Этот способ основан на особенностях характеристики абсорбционной емкости. Эта емкость имеет большую постоянную времени разряда, ее полный разряд происходит за 5...10с. Причем, чем выше влажность изоляции, тем больше по величине $C_{аб}$ и тем медленнее происходит разряд. Следовательно, при разряде увлажненной изоляции измеренная емкость будет тем больше, чем дольше ведется измерение (в пределах времени полного разряда). Соответственно, если задаться определенным временем, то измеренная емкость будет тем больше, чем выше влажность изоляции.

Этот способ позволяет определить влажность изоляции объекта только при сравнении результатов данного замера с предыдущим. Обычно исходным служит замер выполненный на заводе при заведомо сухой изоляции.

СУЩНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ УВЛАЖНЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ МЕТОДОМ «ЁМКОСТЬ-температура»

В основу способа положена различная зависимость емкости сухой и влажной изоляции от температуры.

При нагревании емкость влажной изоляции возрастает, а сухой —остается неизменной. За верхний предел температуры принимают 70°C , а за нижний 20°C . Изоляция считается сухой при $C_{70}/C_{20} < 1,15$, где C_{70} и C_{20} — емкость при 70°C и 20°C соответственно. В остальных случаях изоляция влажная.

Емкость обмоток можно измерить с помощью моста типа МД-16, или методом амперметра и вольтметра.

Вопросы для самоконтроля:

1. Дайте определение технической диагностики, технического диагностирования, способа диагностирования.
2. Системы диагностирования (СД).
3. Назначение профилактических СД.
4. Назначение дифференциальных СД.
5. Назначение прогнозирующих СД.
6. Назначение профилактических испытаний.
7. Объем и сроки профилактических испытаний.
8. Объяснить процесс увлажнения изоляции.
9. Описать классификацию способов диагностирования изоляции.
10. Объяснить диагностирование изоляции по величине сопротивления изоляции.
11. Объяснить диагностирование изоляции по коэффициенту абсорбции.
12. Объяснить диагностирование изоляции по тангенсу угла диэлектрических потерь.
13. Объяснить диагностирование изоляции по методу "емкость-частота".
14. Объяснить диагностирование изоляции по методу "емкость-время".
15. Объяснить диагностирование изоляции по методу "емкость-температура".

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

5. **Ерошенко, Г.П., Медведько, Ю.А., Таранов, М.А.** Эксплуатация энергооборудования сельскохозяйственных предприятий / Г.П. Ерошенко, Ю.А. Медведько, М.А. Таранов.– Ростов-на-Дону, НПК «Гефест», 2005. – 255 с.
6. **Ерошенко Г.П., Коломиец А.П.** Эксплуатация электрооборудования / Г.П.Ерошенко, А.П. Коломиец и др. – М.: Колосс, 2005.
7. Правила устройства электроустановок / 7-е изд., -М.: Энергоатомиздат, 2007.
8. Правила технической эксплуатации и техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей –М.: Энергоатомиздат, 2007.

Дополнительная

- с. Объем и нормы испытаний электрооборудования.- Новосибирск: Сиб. Универ. Изд-во,2008
- д. **Ящура А.И.** Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования / А.И. Ящура – М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2006.

Лекция 6 ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ

1.1. Основные определения теории надежности

Надежность - свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования.

Исправность – состояние объекта, при котором он соответствует всем установленным требованиям.

Неисправность – состояние объекта, при котором он не соответствует хотя бы одному из указанных требований.

Работоспособность – состояние объекта, при котором значения всех параметров соответствует требованиям, установленным технической документацией.

Неработоспособность – состояние объекта, при котором хотя бы один параметр работоспособности не соответствует установленным требованиям.

Предельное состояние – состояние объекта, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима по условиям безопасности или нецелесообразна по экономическим критериям.

Отказ – событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта.

1.2. Составляющие надежности

Надежность характеризуется следующими свойствами: безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость и живучесть. Для конкретных объектов и условия их эксплуатации эти свойства могут иметь различную относительную значимость.

Безотказность – свойство объекта сохранять работоспособность без вынужденных перерывов в течении некоторого периода времени или наработки до появления первого или очередного отказа.

Долговечность – свойство объекта сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния с необходимыми перерывами для технического обслуживания и ремонтов. При этом под предельным состоянием понимается состояние объекта, при котором его дальнейшее применение по назначению недопустимо или нецелесообразно, либо восстановление его исправного состояния невозможно или нецелесообразно.

Ремонтпригодность – приспособленность объекта к предупреждению, обнаружению и устранению отказов путем проведения технического обслуживания и ремонтов. Это свойство определяется конструкцией машины, доступностью к любому узлу и детали для проведения ремонта или замены. Бывают ремонтпригодные устройства и неремонтпригодные (первые – электродвигатели, трансформаторы и т.п., вторые – лампы накаливания, люминесцентные лампы и др.).

Сохраняемость – свойство объекта сохранять значения показателей безотказности, долговечности и ремонтпригодности во время хранения и транспортирования. Свойство сохраняемости характеризует способность объекта противостоять отрицательному влиянию факторов длительного его хранения или транспортирования и обеспечить его применение после этих режимов с сохранением вышеуказанных показателей.

1.3. Показатели надежности

Для численной характеристики одного или нескольких свойств надежности предназначены показатели надежности. Они позволяют количественно сравнивать надежность различных объектов между собой или надежность одного и того же объекта в разных условиях, либо на разных этапах эксплуатации. По признаку ремонтпригодности выделяют показатели восстанавливаемых и невосстанавливаемых объектов. Показатели могут быть единичными или комплексными. Единичный показатель относится к одному из свойств надежности, а комплексный – к нескольким свойствам.

Основные единичные показатели надежности восстанавливаемых и невосстанавливаемых объектов приведены в таблице 1.1

Таблица 1.1

Классификация основных показателей надежности

Свойство	Показатель
Безотказность	Невосстанавливаемые объекты
	Вероятность безотказной работы – $P(t)$
	Частота отказов – $f(t)$
	Интенсивность отказов – $\lambda(t)$
	Наработка до отказа – T_0
	Восстанавливаемые объекты
Вероятность безотказной работы – $P(t)$	
Параметр потока от отказов – $\omega(t)$	
Средняя наработка на отказ – T_{cp}	
Долговечность	Гамма – процентный ресурс – $T_{p\gamma}$
	Средний ресурс – T_{pcp}
	Гамма – процентный срок службы – $T_{сл\gamma}$
	Средний срок службы – $T_{сл.ср}$
Ремонтпригодность	Вероятность восстановления – $P_g(t)$
	Интенсивность восстановления – $\mu(t)$
	Среднее время восстановления – T_g
Сохраняемость	Гамма – процентный срок сохраняемости – $T_{сх\gamma}$
	Средний срок сохраняемости – $T_{сх}$

Список литературы

1. Липай, Б.П. Электромеханические системы [Текст] : учеб. пособие / Б.П. Липай, А.Н. Соломин, П.А. Тырчев. – М.: изд. Дом МЭИ, 2011. – 248 с.: ил. – 500 экз. – ISBN 978-5-383-00243.
2. Разгильдяев, Г.И. Надежность электромеханических систем [Текст] : учеб. пособие / Г.И. Разгильдяев. – Кемерово: Куз ГТУ, 2011. – 157с.: ил. – 150 экз. – ISBN 5-285-04387-8.
3. Кузнецов, Н.Л. Сборник задач по надежности электрических систем [Текст] : учеб. пособие / Н.Л. Кузнецов. – изд. Дом МЭИ, 2012. – 408с.: ил. – 500 экз. – ISBN 978-5-383-00261-2.

Лекция 7,8 МЕТОДЫ ТЕОРИИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

1 Примеры и характеристики потоков событий

Объектом изучения в теории эксплуатации служит техническая система. Это совокупность разнообразных подсистем и элементов, нацеленных на выполнение какого-либо задания. Способность системы выполнять свои функции оценивается идеализированными понятиями о состояниях, в пределах которых выделенные параметры системы остаются неизменными. Переход системы от одного состояния к другому называется **событием**.

В теории надежности, например, главными состояниями принимают работоспособность и неработоспособность, а центральным понятием служит **событие** перехода из работоспособного в неработоспособное состояние, которое называется **отказом**.

Из-за большого числа элементов и множества влияющих факторов отказы в системе возникают непрерывно и образуют поток отказов или поток событий, характеризующих реальное состояние системы.

В общем случае **потоком событий** называют последовательность однородных событий, следующих одно за другим в случайные моменты времени. Примерами служат: поток отказов электрооборудования в сельскохозяйственном предприятии, поток вызовов электромонтеров на оперативное обслуживание, поток подключений к телефонной станции и т.д.

Важной характеристикой потока событий служит его **интенсивность** « λ » - среднее число событий в единицу времени. Интенсивность потока событий обычно зависит от времени. В отдельных случаях интенсивность может быть (или принимают) постоянной величиной.

Кроме этого, потоки оценивают по регулярности, стационарности, последствиям и т.д. Поток считают **регулярным**, когда события следуют друг за другом через равные промежутки времени. Поток событий называют **стационарным**, если его вероятностные характеристики не зависят от времени. Когда для двух интервалов времени число событий не зависит между собой, тогда поток событий называют потоком **без последствий**. Поток событий считают **ординарным**, если появление группы (несколько) событий в небольшом интервале времени маловероятно.

По совокупности признаков выделяют простейшие, рекуррентные и др. потоки. Так, поток событий называют простейшим (пуассоновским), если он обладает сразу тремя свойствами: стационарен, ординарен и не имеет последствий.

2 Элементы теории массового обслуживания

В системах с потоками событий возникает широкий круг задач, в которых надо определить результаты применения изделий или ресурсов при случайной потребности в них. Случайный характер потоков наиболее ярко выражен при массовом применении изделий. Поэтому теория, раскрывающая закономерности удовлетворения случайных потребностей, называется **теорией массового обслуживания** (ТМО). Примерами систем массового обслуживания (СМО) являются различные службы сервиса, электро- и авторемонтные предприятия, билетные кассы и т.п.

Объектом изучения ТМО служит идеализированная СМО, которая состоит из следующих элементов. **Источник требований (заявок)** - это совокупность обслуживаемых объектов (парк электродвигателей, трансформаторов и т.д.). **Накопитель** - часть СМО, в которой поступившие требования находятся в очереди на обслуживание. **Каналы (приборы, исполнители и др. объекты)**, которые обслуживают требования за счет ремонта, замены изделий или другими способами.

Работа СМО представляет собой случайный процесс перехода от одного состояния к другому. Если принять за исходное состояние « s_0 » - отсутствие заявки, то появление первой заявки скачком переводит СМО в состояние « s_1 » - имеется одна заявка; появление второй заявки скачком переводит СМО в состояние « s_2 » - имеется две заявки и т.д. Аналогичные изменения происходят при окончании обслуживания, потери заявки и т.п. Такие переходы изображают размеченным графом состояний, показанным на рис. 13.1.

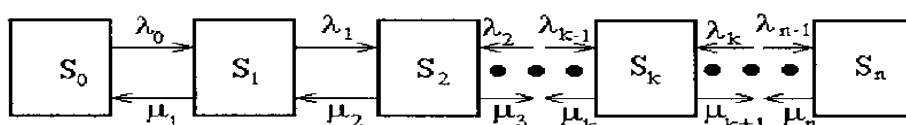


Рис. 9.1. Граф состояний процесса «гибели и размножения»

При теоретическом изучении используют следующие параметры СМО: N - количество источников заявок; γ - число каналов обслуживания; $X=1/T_3$ - интенсивность потока заявок от одного источника; $\lambda\zeta = \lambda N$ - суммарная интенсивность потока заявок; $\zeta=1/T_b$ - интенсивность обслуживания (ремонта) в одном канале; $M=\zeta\gamma$ - суммарная интенсивность обслуживания; T_3 и T_b - средние продолжительности между заявками и между завершениями обслуживания.

Для оценки эффективности СМО применяют различные критерии. Основными из них считают: Z - среднее число занятых каналов; L_c и L_0 - среднее число заявок в системе и в накопителе (очереди); P_c и P_0 - средние продолжительности пребывания заявки в системе и в очереди; P_3 - вероятность занятости канала (загрузка канала).

Предмет ТМО заключается в установлении зависимости между параметрами СМО и ее критериями. При этом выделяют прямые задачи, когда по исходным параметрам требуется определить значения критериев, и обратные задачи, когда надо выбрать параметры СМО, обеспечивающие заданную эффективность.

Практическая значимость методов ТМО возрастает за счет дополнительного использования экономических критериев, характеризующих, во-первых, степень удовлетворения заявок источника, а во-вторых, степень использования каналов. Совместное использование этих данных позволяет найти оптимальные системы массового обслуживания.

В зависимости от состава исходных данных и решаемых задач СМО имеют разнообразные варианты. По числу каналов: одноканальные и многоканальные. По дисциплине очереди: 1 - обслуживание с отказом (если каналы свободны, то заявки обслуживаются немедленно; если каналы заняты, то заявки получают отказ и теряются); 2 - обслуживание с ожиданием в очереди по мере поступления; 3 - обслуживание с приоритетом. По размерам источника заявок: 1 - открытые - источник имеет неограниченное число заявок; 2 - закрытые - число заявок ограничено. По характеру потока заявок: простейшие и произвольные потоки.

Каждые СМО характеризуются размеченным графом состояний. Простейшие СМО имеют граф в виде схемы гибели и размножения, показанной на рис. 9.1. Все состояния системы вытянуты в одну цепочку. Каждое среднее состояние (s_0, s_2, s_{n-1}) связано

прямой и обратной стрелками со смежными состояниями, а крайние s_G и s_n - только с одним соседним состоянием. Главная задача ТМО - определение вероятности каждого состояния СМО.

В произвольный момент времени « t » система находится в состоянии s_k с вероятностью $P_k(t)$. В установившемся режиме, т.е. при $t \rightarrow \infty$, произвольные вероятности состояний стремятся к своим пределам, которые называют финальными вероятностями. Для их нахождения составляют систему уравнений, характеризующих все состояния. В уравнении для каждого состояния в левой части записывают произведение финальной вероятности этого состояния на сумму интенсивностей потоков, выходящих из этого состояния, а в правой - сумму произведений интенсивностей всех потоков, входящих в данное состояние, на вероятность тех состояний, из которых потоки исходят.

3 Оптимизация оперативного обслуживания техники

Прогрессивная организация технического сервиса основывается на создании такой службы, в которой одна часть исполнителей выполняет плановые работы, а другая - оперативное обслуживание, т.е. быстро устраняет отказы электрооборудования.

Процесс обслуживания оперативной службой состоит в следующем. Электрохозяйство сельскохозяйственного предприятия имеет определенное количество электрооборудования, которое учитывается числом условных электроустановок [1]. Отдельные электроустановки время от времени выходят из строя и оперативная служба обслуживает их, восстанавливая или заменяя.

Каждый отказ происходит в случайный момент времени. Количество отказов за сутки и за год - тоже случайная величина.

Это затрудняет правильный выбор числа исполнителей оперативной бригады. Если выбрать по наибольшему количеству отказов, то в отдельные периоды, когда отказов мало, исполнители будут простаивать. Если выбрать по наименьшему количеству отказов, то исполнители не всегда будут успевать устранять отказы. Расчет по среднему количеству отказов также не гарантирует полную занятость исполнителей и полное устранение отказов. Успешное решение такой задачи дают методы ТМО.

Предположим, что парк электрооборудования сельскохозяйственного предприятия состоит из « m » условных электроустановок. Они создают поток отказов с интенсивностью « λ ». Оперативная служба устраняет эти отказы с интенсивностью « μ ». Промежутки времени между отказами, а также продолжительности восстановления распределены по показательному закону. Эти исходные данные описывают простейшую СМО. Требуется определить количество каналов обслуживания - электромонтеров, обеспечивающих наибольшую эффективность оперативного обслуживания.

В данном случае эффективность следует оценить экономическим критерием. Необходимо создать такую службу, чтобы затраты, связанные с простоем производственных процессов и содержанием оперативной службы, были бы наименьшими. Производительность устранения отказов зависит от числа исполнителей в оперативной службе. Если исполнителей много, то отказы устраняются быстро и просто. При этом ущерб производственных процессов не велик, но на оплату труда этих исполнителей придется выделить большие средства, и они могут быть плохо загружены. Если же электромонтеров мало, то простои из-за отказов увеличиваются и возрастает ущерб производству, хотя затраты на оперативную службу снижаются.

Такое изменение экономического критерия системы оперативного обслуживания электроустановок или другой техники описывается следующим уравнением:

$$Z = nC_{\Pi} + rC_r$$

где n - среднее число простаивающих из-за отказа электроустановок (обслуживаемых и ожидающих обслуживания);

r - число электромонтеров оперативной службы;

C_{Π} - потери в единицу времени от простоя одной условной электроустановки;

C_r - заработная плата одного электромонтера в единицу времени.

Среднее число простаивающих электроустановок численно равно длине очереди системы и определяется суммированием произведений состояний « k » на их вероятности « P_k ». По предыдущему уравнению находим

$$n = L = \sum_{k=r+1}^M k P_k = \sum_{k=r+1}^M k \frac{\rho^k}{k!} P_0$$

Следовательно, суммарные затраты зависят не только от числа электромонтеров, но и от нагрузки системы $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$, количества электроустановок « M » и удельных стоимостных показателей C_{Π} и C_r .

Вопросы для самоподготовки

1. Что называется системой массового обслуживания.
2. Что понимается под потоком события.
3. Оперативное обслуживание в потоке событий СМО.

Список литературы

1. **Ерошенко, Г.П.**, Эксплуатация электрооборудования [Текст] /Ерошенко Г.П, Коломиец А.П., Кондратьева Н. П.– М.: КолосС, 2007. – 344 с., ISBN 978-5-9532-0526-9.
2. **Амерханов, Р.А.** Эксплуатация теплоэнергетических установок и систем [Текст] / Амерханов Р.А., Ерошенко Г.П., Шелиманова Е.В. – М.: Энергоатомиздат, 2008. – 448 с., ISBN 978-5-283-03283-2.

Лекция 9

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОЗДУШНЫХ И КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

В комплекс эксплуатационных мероприятий, проводимых для кабельных линий, входят:

- замер нагрузок и контроль нагрева;
- защита металлических оболочек кабелей от коррозии;
- контроль за состоянием трасс и кабельных сооружений;
- надзор за производством работ на трассах или вблизи линий;
- плановые ремонты кабельных сооружений и линий;
- плановые осмотры и ремонты концевых заделок кабелей в РП и ТП;
- профилактические испытания линий повышенным напряжением;
- проверка величины сопротивления изоляции линий;
- ремонт линий при их повреждении.

Срок службы кабеля в значительной степени зависит от его нагрузки. В связи с этим для каждой кабельной линии требуется установить допустимую токовую нагрузку, определяемую по участку линии с наихудшими условиями охлаждения. В процессе эксплуатации нельзя допускать превышения фактической нагрузки над допустимой. Перегрузки кабелей допускаются только в послеаварийном режиме продолжительностью не более 6 часов в сутки в течение 5 суток, но не более 100 часов в год, если нагрузка в остальные периоды не превышает длительно допустимой. Значение допустимой перегрузки зависит от материала изоляции кабеля. Замер нагрузок кабельных линий должен производиться периодически, в сроки, устанавливаемые главным инженером предприятия. По результатам замеров уточняется режим работы и схема сети.

На срок службы кабеля оказывает влияние и состояние металлической оболочки, которая подвержена электрической, почвенной или химической коррозии. Наиболее опасными источниками коррозии являются блуждающие токи от установок электрифицированного рельсового транспорта и агрессивные химические вещества, находящиеся в грунте. Зона, в которой блуждающие токи переходят из грунта в оболочку кабеля, называется катодной; зона, в которой эти токи проходят из оболочки в грунт, называется анодной. Коррозия оболочки кабеля создается только в анодной зоне. Эту зону определяют по наличию положительного потенциала на оболочке по отношению к земле, для чего используют магнитоэлектрический вольтметр, присоединяемый к оболочке и стальному колу, забиваемому в грунт. Степень опасности коррозии зависит от величины потенциала на оболочке, а также от силы и направления протекающего в ней тока.

ПТЭ запрещают эксплуатацию кабельных линий без антикоррозионной защиты в районах с электрифицированным рельсовым транспортом или с агрессивными грунтами. Для участков кабельных линий, проходящих в таких районах, необходимо

систематически проводить измерения блуждающих токов, составлять и корректировать потенциальные диаграммы и карты почвенных коррозионных зон. Предприятие, эксплуатирующее кабельные сети, обязано контролировать выполнение мероприятий по уменьшению значений блуждающих токов, а проводить эти мероприятия должны управления и службы городского электрифицированного транспорта.

При обнаружении признаков опасной коррозии необходимо принять меры по ее предотвращению путем специальной защиты. Защитные устройства должны быть под регулярным контролем.

Коррозия оболочек силовых кабелей наносит существенный материальный ущерб эксплуатирующему предприятию, поэтому очень важным является правильный выбор трассы линии на стадии проектирования, а также последовательная борьба с завалами трасс, отбросами и мусором, являющимися одним из источников агрессивных веществ в грунте.

Контроль за состоянием кабельных линий осуществляется с помощью осмотров, которые проводятся электромонтером по графику, выборочно - инженерно-техническим персоналом и вне графика в периоды паводков, после ливней и после отключения линии от релейной защиты. Осмотры трасс кабелей, проложенных в земле, должны проводиться не реже одного раза в три месяца; проложенных в коллекторах, туннелях, шахтах, - не реже одного раза в полгода; проложенных под усовершенствованным покрытием - не реже одного раза в год.

Осмотры кабельных сооружений на подстанциях делаются в сроки, установленные главным инженером предприятия. При осмотре кабельных сооружений следует проверять исправность вентиляции и освещения, уровень температуры в сооружении, состояние антикоррозионного покрытия оболочек, расстояния между кабелями, отсутствие их провеса и смещения, наличие и правильность маркировки. Нарушения, выявленные при осмотре, должны быть зафиксированы в журнале дефектов.

На персонал, эксплуатирующий кабельные линии, возлагается обязанность надзора за сохранностью кабельных линий при работах, проводимых вблизи них. Все раскопки кабельных трасс и земляные работы вблизи них производятся только с письменного разрешения предприятия, эксплуатирующего соответствующую кабельную сеть. Надзор за сохранностью кабелей должен быть обеспечен на все время работ. Все вскрытые кабели должны быть укреплены и защищены. ПТЭ обязывают предприятие, эксплуатирующее кабельную сеть, периодически оповещать все организации и население соответствующего района о правилах производства земляных работ или возведения сооружений вблизи кабельных трасс.

С целью выявления ослабленных мест в изоляции кабелей и муфт и предупреждения их аварийных повреждений требуется проводить периодические профилактические испытания высоковольтным мегомметром (1000-2500 В) и повышенным напряжением постоянного тока.

В эксплуатации необходимо проверять допустимость токовых нагрузок на кабели путем сопоставления максимальных токов ($I_{\text{макс}}$) в них с длительно допустимыми ($I_{\text{доп.дл}}$).

Список литературы

1. Ерошенко, Г.П., Эксплуатация электрооборудования [Текст] /Ерошенко Г.П, Коломиец А.П., Кондратьева Н. П.– М.: КолосС, 2007. – 344 с., ISBN 978-5-9532-0526-9.
2. Амерханов, Р.А. Эксплуатация теплоэнергетических установок и систем [Текст] / Амерханов Р.А., Ерошенко Г.П., Шелиманова Е.В. – М.: Энергоатомиздат, 2008. – 448 с., ISBN 978-5-283-03283-2.

Лекция 10, 11
ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ
ПОДСТАНЦИЙ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ. ПРИЕМ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ

Техническая эксплуатация трансформаторных подстанций включает плановые и оперативные работы. В плановом порядке проводят: техническое обслуживание, текущий и капитальный ремонты. К оперативным работам относят: периодический и внеочередной осмотры, контроль режима работы, переключения и отключения и профилактические испытания. Эти работы имеют типовой объем работ, который регламентируют нормативными документами, заводским паспортом и инструкциями местных энергетических служб. Такой объем работ является усредненным и нуждается в творческом осмыслении применительно к каждой трансформаторной подстанции. Кроме этого, при эксплуатации приходится решать ряд специальных инженерных задач: выбор оптимальной нагрузки и допустимой перегрузки, обоснование графика регулирования напряжения, определение неисправностей и т. п. Для успешной эксплуатации следует организовать правильную транспортировку, монтаж и прием трансформаторных подстанций в эксплуатацию. Основным элементом трансформаторной подстанции—трансформатор.

Трансформаторы отправляют с завода полностью собранными, заполненными маслом и опломбированными. С каждым трансформатором потребителю передают бланк с техническими характеристиками и инструкцию по эксплуатации, которые упаковывают вместе с термометром или в отдельном ящике с газовым реле и термометрическим сигнализатором. На бланке указывают основные технические данные, имеющиеся на щитке трансформатора, а также потери короткого замыкания, потери и ток холостого хода, активное сопротивление обмоток, сопротивление изоляции, напряжения, которыми испытывалась изоляция обмоток трансформаторов на заводе-изготовителе, схему соединения каждой обмотки и расположение выводов на крышке. Эти данные служат базой для контроля изменений параметров при эксплуатации.

Транспортируемый по железной дороге трансформатор на станции принимают по накладной и заводской отправочной спецификации. Проводят осмотр трансформатора, проверяют все уплотнения, целостность пломб на кранах и пробках. Особое внимание уделяют состоянию фарфоровых выводов, дефекты в которых обнаруживают по наличию утечки масла. О всех замеченных неисправностях в упаковке, о повреждениях деталей и самого трансформатора (течи, неплотности, повреждения крепления трансформатора на платформе) заказчику необходимо составить акт в присутствии представителя железной дороги и сообщить на завод-изготовитель.

Для обслуживания трансформаторов должны быть обеспечены удобные и безопасные условия для наблюдения за уровнем и температурой масла, газовым реле, а также для отбора масла. В каждом трансформаторе на основе заводских данных определяют максимально допустимую температуру верхних слоев масла. В трансформаторах без принудительной циркуляции масла эта температура должна быть не больше 95 °С. Превышение температуры масла над температурой окружающего воздуха должно быть не более 60 °С.

Персонал, обслуживающий трансформаторы, оборудованные переключателем коэффициента трансформации ПБВ (переключатель без возбуждения), проверяет,

правильно ли установлен коэффициент трансформации, не менее двух раз в год — перед наступлением зимнего максимума и летнего минимума нагрузки.

2. ОСМОТР ТРАНСФОРМАТОРОВ, ВЫВОД ТРАНСФОРМАТОРОВ В РЕМОНТ И ПРИЧИНЫ ОТКАЗОВ

Осмотр трансформаторов без отключения проводят в следующие сроки: в установках с постоянным дежурством персонала — один раз в сутки; в установках без постоянного дежурства персонала — не реже одного раза в месяц, а на трансформаторных пунктах — не реже одного раза в шесть месяцев.

В зависимости от местных условий, конструкции и состояния трансформатора эти сроки осмотров могут быть изменены лицом, ответственным за электрохозяйство предприятия. Внеочередные осмотры трансформаторов проводят при резком изменении температуры наружного воздуха, стихийных явлениях (гололед и т. п.) и при каждом случае срабатывания защиты. При этом проверяют следующее: показания термометров и мановакуумметров; состояние кожуха трансформатора и отсутствие течи масла; соответствие уровня масла в расширителе температурной отметке и наличие масла в маслонеполненных вводах; отсутствие нагрева контактных соединений; исправность сигнализации и пробивных предохранителей; состояние маслоохладяющих и маслосборочных устройств, изоляторов, ошиновки и кабелей, сети заземления, устройств непрерывной регенерации масла и трансформаторного помещения.

Текущие ремонты трансформаторов с их отключением проводят в следующие сроки: трансформаторов центральных распределительных подстанций — по местным инструкциям, но не реже одного раза в год; всех остальных трансформаторов — по мере необходимости, но не реже одного раза в три года. В объем текущего ремонта входят: наружный осмотр и устранение повреждений; чистка изоляторов и кожуха; спуск грязи из расширителя; доливка масла и проверка маслоуказателя; проверка термосифонных фильтров и при необходимости замена сорбента; проверка защит; отбор и проверка проб масла; проведение необходимых профилактических испытаний и измерений.

Вывод трансформаторов из работы обязателен при следующих условиях: неравномерном шуме и потрескивании внутри трансформатора; ненормальном и постоянно нарастающем нагреве трансформатора при нормальной нагрузке и охлаждении; выбросе масла из расширителя или разрыве диафрагмы выхлопной трубы; течи масла с понижением его уровня ниже уровня масломерного стекла; необходимости немедленной замены масла по результатам лабораторных анализов.

Теперь рассмотрим **причины**, вызывающие эти неисправности.

Перегрев трансформатора может происходить по следующим причинам: трансформатор перегружен; слишком высокая температура в трансформаторном помещении; слишком низкий уровень масла в трансформаторе (в этом случае обнаженная часть обмотки и активной стали сильно перегревается); в трансформаторе имеются внутренние повреждения (витковые замыкания, междуфазные замыкания, образование короткозамкнутых контуров из-за повреждения изоляции болтов, замыкания между листами активной стали).

Ненормальные шумы в трансформаторе могут быть вызваны следующими неисправностями: ослабла прессовка шихтованного магнитопровода трансформатора; нарушена прессовка стыков в стыковом магнитопроводе;

вибрируют крайние листы магнитопровода; ослабли болты, кренящие крышку трансформатора и прочие детали; трансформатор перегружен или нагрузка фаз отличается значительной несимметрией; имеются замыкания между фазами или витками; трансформатор работает при повышенном напряжении — эту неисправность можно устранить, установив переключатель напряжения в положение, соответствующее повышенному напряжению.

Потрескивание внутри трансформатора может быть вызвано: перекрытием (но не пробоем) между обмотками или отводами и корпусом вследствие перенапряжения; обрывом заземления внутри трансформатора.

Пробои обмоток и обрывы в них могут возникнуть по следующим причинам: из-за грозových, коммутационных или аварийных перенапряжений; резкого ухудшения качества масла (по причине его увлажнения, загрязнения); понижения уровня масла: возникновения электродинамических перенапряжений внутри трансформатора при внешних коротких замыканиях и при замыканиях внутри трансформатора: если изоляция подверглась естественному старению. Кроме перечисленного, обрывы в обмотках могут возникнуть: из-за плохо выполненной пайки; если имеются повреждения в проводах, соединяющих концы обмоток с выводами и т. д. Этот дефект обнаруживают по выделению горючего газа в газовом реле и работе его на сигнал или отключение. При включенном трансформаторе обрывы в обмотках можно обнаружить по показаниям амперметров.

Ненормальное вторичное напряжение. Если первичные напряжения одинаковы, а вторичные — одинаковы при холостом ходе, но сильно различаются при нагрузке, то это может быть из-за: плохого контакта в соединении одного из зажимов или внутри одной из фаз, обрыва в первичной обмотке трансформатора стержневого типа треугольник — звезда или треугольник — треугольник.

Если первичные напряжения одинаковы, а вторичные — неодинаковы, то это может быть следствием одной из следующих неисправностей: вывернута обмотка одной из фаз вторичной обмотки, соединенной в звезду; обрыв в первичной обмотке трансформатора, соединенного по схеме звезда—звезда; обрыв во вторичной обмотке трансформатора, соединенного по схеме звезда—звезда или треугольник—звезда.

Течь масла может возникнуть из-за: нарушения сварных швов бака; неплотности между крышкой и баком трансформатора; неплотности в установке выводов.

3. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И ТЕКУЩИЙ РЕМОНТ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ

Эксплуатационно-профилактические работы на трансформаторных подстанциях (ТП) проводят с целью предупреждения и устранения возможных при эксплуатации повреждений и дефектов. В объем этих работ входят систематические *осмотры, профилактические измерения и проверки*. Плановые осмотры ТП выполняют в дневное время по утвержденному графику, но не реже одного раза в шесть месяцев. После аварийных отключений питающих линий, при перегрузках оборудования, резком изменении погоды и стихийных явлениях (мокрый снег, гололед, ураган и т. п.) проводят внеочередные осмотры. Не реже одного раза в год инженерно-технический персонал выполняет контрольные осмотры ТП. Обычно их совмещают с приемкой объектов к работе в зимних условиях, с осмотрами ВЛ 10 или 0,4 кВ и т. д.

Для поддержания ТП в технически исправном состоянии осуществляют *планово-предупредительные ремонты*, которые позволяют обеспечить длительную, надежную и экономичную их работу. Осмотры, ремонты и профилактические испытания оборудования на трансформаторных подстанциях напряжением 10/0,4 кВ проводят в основном комплексно в одни сроки, без снятия напряжения, а при необходимости с частичным или полным отключением оборудования.

При *осмотре мачтовых подстанций* с земли проверяют состояние предохранителей, разъединителей и их проводов, изоляторов, крепление проводов к ошиновке, заземляющих спусков и контактов, крепление VI взаимное расположение проводов высшего и низшего напряжения, состояние конструкции подстанции, состояние древесины и железобетона, наличие и состояние предупредительных плакатов, а также целостность замков и лестниц. При осмотрах подстанций типа КТП (комплектная ТП) дополнительно проверяют загрязненность поверхности металлических корпусов, шкафов, плотность закрытия дверей и исправность их запоров, состояние опорных фундаментов.

При осмотрах оборудования ТП и КТП необходимо обращать внимание на следующее:

- у выключателей нагрузки, разъединителей и их приводов — отсутствие следов перекрытия и разрядов на изоляторах и изоляционных тросах; правильное положение ножей в неподвижных контактах; внешнее состояние дугогасящих ножей и камер у выключателя; правильное положение рукояток приводов; исправность гибкой связи между ножом и вводным зажимом у разъединителя типа РЛНД;

- у предохранителей типа ПК — соответствие плавких вставок параметрам защищаемого оборудования, целостность и исправность патронов, правильность расположения и закрепления патронов в неподвижных контактах, состояние и положение указателей срабатывания предохранителей;

- у разрядников — отсутствие следов дуги перекрытия по поверхности, правильность установки, состояние внешних искровых промежутков трубчатых разрядников и правильность расположения зон выхлопа газов;

- у проходных, опорных и штыревых изоляторов — отсутствие сколов, трещин и следов перекрытия дуги;

- у ошиновки распределительных устройств (РУ 10 кВ) — отсутствие следов местного нагрева контактов в местах присоединения к оборудованию и в соединениях тин, состояние окраски и крепления шин;

- у кабельных устройств — состояние кабельных муфт и воронок, отсутствие течи мастики, целостность наконечников, наличие маркировки, заземления муфт и воронок, состояние кабельных приемков и проходов через стены;

- у РУ низкого напряжения (0,4 кВ) — состояние рабочих контактов рубильников, предохранителей и автоматов, отсутствие на них следов копоти, перегрева и оплавления, состояние трансформаторов тока, реле защиты и разрядников, целостность плавких вставок предохранителей и их соответствие параметрам потребителей, исправность фотореле, целостность пломб и защитных стекол на приборах учета и измерения, состояний контактов ошиновки 0,4 кВ и ее крепления.

При внешнем осмотре могут быть установлены некоторые неисправности трансформатора: поверхностное перекрытие; пробой или разрушение изоляторов, разрушение ввода, вздутие бака, образовавшееся вследствие механических усилий внутри трансформатора при его аварии; нарушение прочности швов "бака или уплотнений, наличие течи масла; неисправности работы

маслоуказателя, сливного крана и другие дефекты. При помощи мега-омметра измеряют изоляцию обмоток и отводов. Проверяют качество масла, взяв пробу и выполнив сокращенный химический анализ в лаборатории. Качество трансформаторного масла и условия его эксплуатации имеют большое значение для надежности работы трансформатора. Повышение температуры масла более 95 °С приводит к перегреву, снижению теплоотводящих и изолирующих свойств масла. При необходимости, если отсутствуют паспортные данные, проверяют группу соединения обмоток, определяют коэффициент трансформации.

Для устранения замеченных при осмотре неисправностей в работе оборудования ТП и КТО в случаях, не терпящих отлагательства до очередного текущего или капитального ремонта, проводят профилактические выборочные ремонты с заменой отдельных элементов и деталей. Эти работы выполняет эксплуатационный оперативный персонал.

После этого составляют ведомости дефектов и оформляют наряд на проведение технического обслуживания или текущего ремонта силового трансформатора. В документах записывают паспортные данные, требования заказчика, результаты внешнего осмотра, проверочных испытаний и измерений.

4. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И ТЕКУЩИЙ РЕМОНТ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Одна из основных задач эксплуатации распределительных устройств — поддержание необходимых запасов по динамической, термической устойчивости, пропускной способности, по уровню напряжения в устройстве в целом и в отдельных его элементах. Выполнение этих задач можно обеспечить при правильном обслуживании распределительных устройств. При техническом обслуживании проводят осмотры распределительных устройств, а при текущем ремонте устраняют замеченные неисправности, требующие разборки оборудования. Текущий ремонт выполняют на месте установки оборудования, при этом неисправные детали заменяют, после их замены проводят регулировку и испытания распределительных устройств.

Периодичность осмотров распределительных устройств. Периодичность осмотра устанавливают в зависимости от типа устройства, его назначения и формы обслуживания. Примерные сроки осмотров следующие:

* в распределительных устройствах, обслуживаемых сменным персоналом, дежурящим на самой подстанции или на дому, — ежедневно. При неблагоприятной погоде (мокрый снег, туманы, сильный и продолжительный дождь, гололед и т. п.), а также после коротких замыканий и при появлении сигнала о замыкании на землю в сети проводят дополнительные осмотры. Рекомендуют 1 раз в неделю осматривать устройство в темноте для выявления возможных разрядов коронирования в местах повреждения изоляции и нагревов токоведущих частей;

* в распределительных устройствах подстанций напряжением 35 кВ и выше, не имеющих постоянного дежурного персонала, график осмотров составляют в зависимости от типа устройства (закрытое или открытое) и от назначения подстанции. В этом случае осмотры выполняет начальник группы подстанции или мастер не реже 1 раза в месяц;

* трансформаторные подстанции и распределительные устройства электрических сетей напряжением 10 кВ и ниже, не имеющие дежурного персонала, осматривают не реже одного раза в шесть месяцев;

* внеочередные осмотры на объектах без постоянного дежурного персонала проводят в сроки, устанавливаемые местными инструкциями с учетом мощности короткого замыкания и состояния оборудования. Во всех случаях независимо от значения отключаемой мощности короткого замыкания осматривают выключатель после цикла неуспешного автоматического повторного включения (АПВ) и отключения из-за короткого замыкания.

О всех неисправностях, замеченных при осмотрах распределительных устройств, делают запись в эксплуатационном журнале. Неисправности, которые нарушают нормальный режим работы, необходимо устранять в кратчайший срок. Исправность резервных элементов распределительных устройств (трансформаторов, выключателей, шин и др.) нужно регулярно проверять, включая их под напряжение в сроки, установленные местными инструкциями. Резервное оборудование должно быть в любой момент готово к включению без какой-либо предварительной подготовки. Периодичность очистки распределительных устройств от пыли и грязи зависит от местных условий. Ее устанавливает главный инженер предприятия.

Обслуживание выключателей. Внешние осмотры масляных выключателей без отключения проводят с учетом местных условий, но не реже одного раза в шесть месяцев, вместе с осмотрами РУ. При осмотрах проверяют: состояние изоляторов, креплений и контактов ошиновки, уровень масла и состояние маслоуказателей; отсутствие течи масла из решеточных контактов малообъемных выключателей или через прокладки баковых выключателей. Уровень масла у выключателей во многом определяет надежность их работы. Он не должен выходить за пределы маслоуказателя при температурах окружающей среды от - 40 до +40 °С. Повышенный уровень масла в полюсах и соответственно уменьшенный объем воздушной подушки над маслом приводят к чрезмерному давлению в баке при гашении дуги, что может служить причиной разрушения выключателя.

Снижение объема масла также приводит к разрушению выключателя. Если течь значительна и масла нет в масломерном стекле, то выключатель ремонтируют и заменяют в нем масло. При этом ток нагрузки разрывают другим выключателем или снижают нагрузку на данном присоединении до нуля. Ненормальный нагрев дугогасительных контактов малообъемных выключателей вызывает потемнение и подъем уровня масла в маслоуказательном стекле, а также характерный запах. Если температура бачка выключателя превышает 70 °С, выключатель следует отремонтировать.

В местностях с минимальной температурой ниже 20 °С выключатели оборудуют автоматическими устройствами для подогрева масла в баках. Не реже одного раза в три (шесть) месяцев рекомендуют проводить проверку приводов выключателя. При наличии АПВ опробование на отключение целесообразно осуществлять от релейной защиты с выключением от АПВ. При отказе в срабатывании выключатель необходимо отремонтировать.

При наружном осмотре воздушных выключателей обращают внимание на его общее состояние, на целостность изоляторов гасительных камер, отделителей, шунтирующих сопротивлений и емкостных делителей напряжения, опорных колонок и изолирующих растяжек, а также на отсутствие загрязненности поверхности изоляторов. По манометрам, установленным в распределительном шкафу, проверяют давление воздуха в резервуарах выключателя и поступление его на вентиляцию. В схеме управления выключателем предусмотрена

блокировка, препятствующая работе выключателя при понижении давления воздуха ниже нормального.

При осмотре также контролируют исправность и правильность показаний устройств, сигнализирующих о включенном или выключенном положении выключателя. Обращают внимание на то, надежно ли закрыты заслонки выхлопных козырьков гасительных камер. Визуально проверяют целостность резиновых прокладок в соединениях изоляторов гасительных камер, отделителей и их опорных колонок. Контролируют степень нагрева контактных соединений шин и аппаратных соединений. При эксплуатации воздушных выключателей 1—2 раза в месяц из резервуаров удаляют накапливающийся конденсат. В период дождей увеличивается подача воздуха на вентиляцию, при понижении температуры окружающего воздуха ниже минус 5°C включается электрообогрев в шкафах управления и в распределительных шкафах. Не реже двух раз в год проверяют работоспособность выключателя путем контрольных опробований на отключение и включение. Для предупреждения повреждений выключателей 2 раза в год (весной и осенью) проверяют и подтягивают болты всех уплотнительных соединений.

Обслуживание комплектных распределительных устройств. Эксплуатация комплектных распределительных устройств (КРУ) имеет свои особенности в связи с ограниченными габаритными размерами ячеек. Для защиты персонала от случайного прикосновения к токоведущим частям, находящимся под напряжением, в КРУ предусмотрена блокировка. В стационарных КРУ блокируют сетчатые двери, которые открывают только после отключения выключателя и разъединителей присоединения. В КРУ выкатного исполнения есть автоматические шторки, закрывающие доступ в отсек неподвижных разъединяющих контактов при выкатенной тележке. Кроме того, имеется оперативная блокировка, предохраняющая персонал при выполнении ошибочных операций. Например, выкатывание тележки в испытательное положение разрешается блокировкой только после отключения выключателя, а вкатывание тележки в рабочее положение — при отключенном положении выключателя и заземляющих ножей. Наблюдение за оборудованием ведут через смотровые окна и сетчатые ограждения или смотровые люки, закрытые защитной сеткой.

Осмотры КРУ без их отключения проводят по графику, но не реже одного раза в месяц. При осмотрах проверяют работу сетей освещения и отопления помещений и шкафов КРУ; состояние выключателей, приводов, разъединителей, первичных разъединяющих контактов, механизмов блокировки; загрязненность и отсутствие видимых повреждений изоляторов; состояние цепей вторичной коммутации; действие кнопок управления выключателей. Систематически в зависимости от местных условий очищают изоляцию от пыли и загрязнения, особенно в КРУ наружной установки (КРУН). При осмотрах комплектных распределительных устройств КРУ и КРУН обращают внимание на состояние уплотнений в местах стыков элементов металлоконструкций; исправность присоединения оборудования к контуру заземления; наличие средств безопасности и пожаротушения; работу и исправность устройств обогрева шкафов КРУН; наличие, достаточность и нормальный цвет масла в выключателях; состояние монтажных соединений; нагрев токоведущих частей и аппаратов; отсутствие посторонних шумов и запахов; исправность сигнализации, освещения и вентиляции. Одновременно с осмотром проверяют правильность положения коммутирующих аппаратов. Встроенное в КРУ и КРУН оборудование осматривают в соответствии с инструкциями по эксплуатации.

При эксплуатации КРУ запрещается отвинчивать съемные детали шкафа, поднимать и открывать автоматические шторы при наличии напряжения в тех местах, доступ в которые ими закрыт. В шкафах КРУ выкатного типа для заземления отходящих линий при помощи разъединителей, встроенных в КРУ, нужно сделать следующее: отключить выключатель, выкатить тележку, проверить отсутствие напряжения на нижних разъединяющих контактах, включить заземляющий разъединитель, поставить тележку в испытательное положение.

Предохранители в шкафу трансформатора собственных нужд можно менять только при снятой нагрузке. При проведении работ внутри отсека выкатной тележки на автоматической шторке необходимо вывешивать предупреждающие плакаты: «*Не включать! Работают люди*», «*Высокое напряжение! Опасно для жизни!*» Выкатывать тележку с выключателем и устанавливать ее в рабочее положение может только подготовленный оперативный персонал.

Вкатывать тележку в рабочее положение разрешается только при отключенном положении заземляющего разъединителя.

Обслуживание короткозамыкателей и отделителей.

Короткозамыкатели — аппараты, предназначенные для искусственного создания короткого замыкания в тех случаях, когда ток при повреждениях в трансформаторе может оказаться недостаточным для срабатывания релейной защиты. Включается короткозамыкатель автоматическим приводом при срабатывании релейной защиты, а отключается вручную.

При отключении силовых трансформаторов без нагрузки, а также автоматическом отключении поврежденных трансформаторов используют *отделители*. Отключается отделитель автоматически или вручную, включается — только вручную при помощи съемной рукоятки. На присоединениях 35...110 кВ с установленными последовательно отделителями и разъединителями отключение намагничивающего тока трансформаторов и емкостных токов линии следует выполнять отделителями. Отделителями на 35 кВ допускается отключение тока замыкания на землю до 5 А.

Короткозамыкатели и отделители осматривают не реже 2 раз в год, а также после аварийных отключений. При осмотрах особое внимание обращают на состояние изоляторов, контактов, заземляющего провода, пропущенного через окно трансформатора тока. При обнаружении следов обгорания контакты зачищают или заменяют.

В процессе эксплуатации короткозамыкателей и отделителей особое внимание следует уделять наиболее ненадежным узлам: открытым, или недостаточно защищенным от возможного загрязнения и обледенения пружинам, контактными системам и шарнирным соединениям, а также незащищенным подшипникам, выступающим с задней стороны.

Во время наладки короткозамыкателя и отделителя обращают внимание на надежное срабатывание блокировочного реле отделителя (БРО). При токах короткого замыкания менее 500 А шину заземления следует заменить проводом и пропустить его через трансформатор тока несколько раз. Если этого не сделать, реле БРО будет подтягивать якорь нечетко и тем самым освобождать запирающий механизм привода отделителя до отключения тока короткого замыкания. Преждевременное отключение отделителей — одна из причин их разрушения.

Текущий ремонт отключающих аппаратов, а также проверку их действия (опробование) проводят по мере необходимости в сроки, установленные главным инженером предприятий. В объем работ по текущему ремонту входят: внешний осмотр,

чистка, смазка трущихся частей и измерение сопротивления контактов постоянному току. Внеплановые ремонты выполняются в случае обнаружения внешних дефектов, нагрева контактов или неудовлетворительного состояния изоляции. Наладка короткозамыкателя и отделителя заключается в проверке работы привода на включение и отключение, проверке положения ножей и завода отключающей пружины привода с блокирующим реле БРО, регулировке хода сердечников электромагнитов и реле.

Вопросы для самоконтроля:

1. Описать виды ремонтов котельного оборудования и их назначение.
2. Описать типовой объем работ текущего ремонта котельного оборудования.
3. Описать типовой объем работ капитального ремонта котельного оборудования.
4. Описать приемку котельного оборудования из ремонта.
5. Описать эксплуатационные испытания котлов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

9. **Ерошенко, Г.П., Медведько, Ю.А., Таранов, М.А.** Эксплуатация энергооборудования сельскохозяйственных предприятий / Г.П. Ерошенко, Ю.А. Медведько, М.А. Таранов.– Ростов-на-Дону, НПК «Гефест», 2005. – 255 с.
10. **Ерошенко Г.П., Коломиец А.П.** Эксплуатация электрооборудования / Г.П.Ерошенко, А.П. Коломиец и др. – М.: Колосс, 2005.
11. Правила устройства электроустановок / 7-е изд., -М.: Энергоатомиздат, 2007.
12. Правила технической эксплуатации и техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей –М.: Энергоатомиздат, 2007.

Дополнительная

- e. Объем и нормы испытаний электрооборудования.- Новосибирск: Сиб. Универ. Изд-во, 2008
- f. **Ящура А.И.** Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования / А.И. Ящура – М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2006.

Лекция 12 ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ И ГЕНЕРАТОРОВ

1. ПРИЁМКА ЭЛЕКТРОПРИВОДА В ЭКСПЛУАТАЦИЮ

При приемке электродвигателя в эксплуатацию проводят осмотр двигателя, передаточного устройства между электродвигателем и рабочей машиной, пускозащитной аппаратуры, заземления и крепежа всего электропривода. Проверяют возможность свободного вращения вала. На электродвигателе и приводных механизмах стрелками указывают направление вращения машины.

Аппаратуру управления располагают ближе к электродвигателю, т. е. в местах, удобных для ее обслуживания. При дистанционном расположении аппаратуры управления и защиты непосредственно у электродвигателя устанавливают кнопочную станцию и сигнализацию, оповещающую о предстоящем пуске рабочей машины.

Для контроля наличия напряжения на щитах устанавливают вольтметры или сигнальные лампы, а при необходимости и амперметры для контроля за режимом работы электродвигателя. При приемке в эксплуатацию измеряют сопротивление изоляции электродвигателя, значение которого в соответствии с ПТЭ должно быть не ниже 0,5 МОм при рабочей температуре обмотки. Такое же сопротивление изоляции должна иметь пускозащитная аппаратура.

Корпуса электрических машин надежно заземляют, заземляющие проводники (окрашены в черный цвет) должны быть доступными для осмотра и при необходимости иметь защитные устройства для предотвращения возможных механических воздействий.

Непосредственно перед пробным пуском определяют начала и концы обмотки статора электродвигателя. Пуск асинхронного электродвигателя включает в себя ряд операций, в ходе которых проверяют: сопротивление изоляции обмоток; легкость вращения машины (от руки); работоспособность пусковой аппаратуры и правильность защиты электродвигателя; симметрию напряжения сети и его соответствие номинальному значению напряжения электродвигателя. Асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором включают в сеть, как правило, напрямую под полное напряжение сети. При этом для электродвигателей мощностью

более 10 кВт определяют потери напряжения при пуске ΔU :
$$\Delta U = \frac{Z_{л} + Z_{мп}}{Z_{мп} + Z_{л} + Z_{дв}}$$

$Z_{л}$ - сопротивление линии электропередачи, зависящее от марки, площади поперечного сечения и длины провода; $Z_{дв}$ - сопротивление электродвигателя при пуске:

$$Z_{дв} = \frac{U_{н}}{K_i I_{ндв}}$$

$U_{н}$ – номинальное напряжение сети; K_i – кратность пускового тока электродвигателя; $I_{ндв}$ - номинальный ток электродвигателя; $Z_{тр}$ – сопротивление трансформатора при пуске электродвигателя:

$$Z_{тр} = \frac{U_{нтр} U_{к\%}}{I_{нтр} 100}; U_{нтр} - \text{номинальное напряжение трансформатора};$$

$U_{к\%}$ – напряжение короткого замыкания трансформатора; $I_{нтр}$ - номинальный ток трансформатора.

Прямой пуск электродвигателя допустим, если при этом снижение напряжения сети не превышает 15...20% номинального. При необходимости проверяют пуск электродвигателя, работающего с рабочей машиной.

Для снижения пусковых токов короткозамкнутых асинхронных электродвигателей применяют следующие способы: пуск электродвигателя с переключением обмотки со звезды на треугольник, автотрансформаторный пуск, пуск при помощи реакторов. В настоящее время разработаны средства для управления частотой вращения асинхронных электродвигателей на базе широтно-импульсной модуляции. Их использование позволяет снизить пусковой ток короткозамкнутого асинхронного электродвигателя до $(1,5...2,0) I_n$.

2. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И ТЕКУЩИЙ РЕМОНТ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Техническое обслуживание (ТО) электродвигателей проводят на месте установки без демонтажа и разборки. В объем ТО входят: очистка электродвигателя от пыли и грязи; проверка исправности заземления, крепления электродвигателя и его элементов, степени нагрева и уровня вибрации и шума, надежности контактных соединений; измерение сопротивления изоляции и устранение обнаруженных неисправностей. У двигателей с фазным ротором проверяют состояние контактных колец и щеточного механизма.

Сроки ТО электродвигателей зависят от характеристики помещений и рабочих машин, с которыми они работают. ТО электродвигателей проводят 1 раз в три месяца, кроме электродвигателей, установленных на зернодробилках, молотилках, прессах, измельчителях кормов (пыльные, влажные помещения), для которых ТО осуществляют 1 раз в полтора месяца. Такую же периодичность обслуживания имеют электродвигатели, работающие на открытом воздухе или под навесом. Для двигателей молочных вакуум-насосов и пастеризаторов (особо сырые помещения) ТО выполняют 1 раз в два месяца.

Текущий ремонт (ТР) электродвигателей проводят либо на месте их установки, либо на пункте технического обслуживания, в мастерской и т. д. Текущие ремонты на месте установки электрооборудования выполняют специализированные выездные бригады.

В соответствии с системой ППР и ТО в *объем текущего ремонта* электродвигателя входят: очистка от пыли и грязи; отсоединение от питающих проводов и заземление; демонтаж на месте установки и разборка; очистка обмотки; измерение сопротивления изоляции обмотки и при необходимости сушка обмотки; промывка подшипников, проверка и их замена при необходимости; ремонт или замена поврежденных выводных проводов обмотки и клемной панели, коробки выводов; сборка; смазка подшипников; испытание на холостом ходу; покраска и при необходимости установка электродвигателя на рабочее место; центровка с рабочей машиной и испытание под нагрузкой.

У электродвигателей с фазным ротором проверяют состояние контактных колец, при необходимости выполняют их проточку и шлифовку, регулируют щеточный механизм и, если нужно, заменяют щетки.

При сушке обмоток электродвигателя удаляется влага из пор и трещин обмотки, но сами трещины и поры в лаковой пленке сохраняются. Значит, сохраняется вероятность довольно быстрого увлажнения обмотки электродвигателя при его

«дыхании» в процессе эксплуатации, а, следовательно, и вероятность пробоя. Устранение пор и трещин лаковой пленки проводников обмотки позволяет избежать ее увлажнения на длительный срок. Трещины и поры могут быть устранены только пропиткой обмотки в лаке.

Пропитка обмотки повышает ее надежность, но усложняет технологию ремонта, требует наличия пропиточных ванн, емкостей для хранения лака и т. д. Кроме того, увеличивается время нахождения электродвигателя в ремонте, оно может оказаться больше времени простоя между рабочими циклами. В этом случае потребуется замена ремонтируемого электродвигателя на резервный. Поэтому необходимо в каждом конкретном случае перед текущим ремонтом проводить тщательную диагностику состояния электродвигателя и на основе полученных данных решать вопрос об объеме и месте проведения ремонта.

Периодичность текущих ремонтов электродвигателей серий 4А и АИР в соответствии с системой ППР и ТО составляет 24 месяца, за исключением электродвигателей, установленных на молочных вакуум-насосах и пастеризаторах в особо сырых помещениях, в которых влажность превышает 98 %; в этом случае периодичность текущих ремонтов составляет 18 месяцев.

В системе ППР и ТО определена периодичность обслуживания и ремонта применительно к помещению и рабочей машине, для которых используют электродвигатель. Влияние режима работы электродвигателя на изменение характеристики изоляции обмотки при определении периодичности ТО и ТР не учтено. Кроме того, не учтен срок эксплуатации электродвигателя. -В соответствии с системой ППР и ТО одинаковую периодичность имеют новый электродвигатель, впервые подвергавшийся ТО или ТР, и электродвигатель, уже неоднократно прошедший ТО и ТР. Не оговорена периодичность ТО и ТР электродвигателей, установленных на рабочие машины после капитального ремонта или модернизации.

В этих условиях возрастает значение диагностики электрооборудования и роль руководителей электротехнической службы хозяйства при составлении месячных и годовых графиков ТО и ТР электрооборудования. Качественно выполненная диагностика электрооборудования хозяйства позволяет скорректировать сроки проведения технического обслуживания и текущего ремонта электрооборудования. При помощи диагностики выявляют и выводят из работы для ремонта (модернизации) или для списания электрооборудование, выработавшее свой ресурс и имеющее предельно допустимые параметры надежности. В результате предотвращают внезапный отказ электрооборудования и аварийную остановку технологического процесса.

3. МЕРЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

Модернизация своевременно выведенного в ремонт электрооборудования позволит повысить его надежность и, как следствие, обеспечить непрерывность технологического процесса сельскохозяйственного производства. В результате диагностики может быть принято решение об удлинении сроков между проведением ТО и ТР для электрооборудования, имеющего высокие параметры надежности, что позволит экономить затраты на проведение технического обслуживания электрооборудования.

Основные причины выхода из строя электродвигателей, используемых в сельскохозяйственном производстве:

- несоответствие тяжелым условиям среды;
- несоответствие или отсутствие защиты от неполнофазных режимов работы и аварийных перегрузок;
- недостаточный уровень обслуживания при эксплуатации.

Остановимся только на первой причине. Меры для ее устранения следующие: выпуск электродвигателей повышенной надежности; модернизация электродвигателей старых серий при ремонте; вынос электродвигателей за пределы влажной агрессивной среды.

Выпуск электродвигателей повышенной надежности. Повышая надежность, на заводах делают электродвигатели в узкоспециализированном исполнении для условий сельскохозяйственного производства. Электродвигатели четвертой серии сельскохозяйственного исполнения 4А...СХ хорошо себя оправдали в эксплуатации. При работе в животноводческих помещениях срок службы электродвигателей сельскохозяйственного исполнения достигает 6...8 лет, а серии общепромышленного исполнения — всего 1...2 года.

В четвертой серии электродвигателей общепромышленного исполнения использованы те же изоляционные и активные материалы, что и в двигателях А02СХ. Поэтому электродвигатели серий 4А и А02СХ работают с одинаковой надежностью. Отличие выпускаемых электродвигателей специализированного исполнения 4А...СХ заключается только в анодировании или никелировании крепежных частей двигателя и более качественной окраске.

Модернизированные электродвигатели четвертой серии 4АМ обладают повышенной надежностью. Отечественная электропромышленность выпускает электродвигатели серии АИ (интернациональной), характеристики и надежность, которых еще более повышены, наработка на отказ этих электродвигателей увеличена в два раза по сравнению с электродвигателями серии 4А.

Таким образом, современные электродвигатели общепромышленного исполнения относят к универсальным, так как их можно использовать в особо сырых животноводческих помещениях (влажность 80...100 %) с химически активной средой, содержащей, мг/м³: аммиак — 2...140, сероводород — 10...90 и углекислый газ — 0,03...0,88, запыленность — до 240 г/м³.

Модернизация электродвигателей старых серий. В сельскохозяйственном производстве используют электродвигатели разных серий, в том числе и старых — А, АО, А2, А02, прошедших не один капитальный ремонт. При капитальных и текущих ремонтах электродвигатели старых серий желательно модернизировать.

Пропитка обмоток — первый способ модернизации. Обычно на электромашиностроительных заводах при изготовлении электродвигателей применяют двукратную пропитку обмоток. На электроремонтных заводах иногда отступают от технологии ремонта и применяют только однократную пропитку обмотки, что заметно снижает надежность двигателей.

Простейшей модернизацией электродвигателей при их ремонте считают трехкратную пропитку лаком, модифицированным ингибиторами. Ингибитор диффундирует в лаковую пленку и, заполняя ее поры, препятствует проникновению влаги. При выполнении текущего ремонта лобовые части обмотки статора обрабатывают при помощи краскораспылителя или окунают в специальные ванны с растворами (для электродвигателей малой мощности).

Экспериментальные данные показали, что после двух месяцев эксплуатации сопротивление изоляции обмоток электродвигателей, пропитанных

модифицированной эмалью, оказалось в 4 раза выше, чем сопротивление изоляции электродвигателей, пропитанных немодифицированной эмалью ГФ-92ХС.

Капсулирование лобовых частей электродвигателей — второй способ модернизации электродвигателей старых серий. Способ капсулирования обмоток при помощи эпоксидных смол ввиду сложности технологии капсулирования применяют только на ремонтных заводах при капитальных ремонтах двигателей. Кроме того, следует учесть, что двигатель с капсулированной эпоксидным компаундом обмоткой становится неремонтопригодным.

Способ капсулирования лобовых частей обмоток при помощи эластомеров на основе синтетического каучука применяют при текущих ремонтах электродвигателей даже в мастерских сельскохозяйственных предприятий.

Для мощных электродвигателей старых серий применяют лобовые охладители обмоток. Суть способа заключается в нанесении на лобовые части обмотки слоя изоляционного лака. Затем на обмотку укладывают алюминиевые сегменты, плотно охватывающие обмотку и прилегающие к пакету статора. В результате обмотка герметизируется (капсулируется) и резко возрастает ее теплоотдача. Опыты показали, что срок службы электродвигателей достигает 8 лет, при этом мощность двигателя может быть увеличена на одну ступень. Недостаток способа заключается в его сложности.

Меры против воздействия влаги на электродвигатель. При монтаже электродвигателей в помещении необходимо учитывать обеспечение надежности их работы. Так, существующие системы крышной вентиляции животноводческих комплексов по откорму крупного рогатого скота в основном выполнены таким образом, что на электродвигатель постоянно стекает влага, поступающая в помещение из окружающей среды через вентиляционную трубу. Это приводит к выходу из строя значительного числа электродвигателей. Смещением электродвигателя относительно вентиляционной трубы (вентилятора) можно резко сократить аварийность данных электродвигателей.

К числу эффективных профилактических мероприятий, предотвращающих возможное увлажнение изоляции, относят создание микроклимата внутри оболочки электродвигателя путем подогрева обмоток электродвигателя в период его нерабочего состояния. При токовом методе подогрева и сушке электродвигателей непосредственно на рабочем месте обмотки подключают через: конденсаторы (рис. 10.1, а), однотиристорное (рис. 10.1, б), двух-тиристорное устройства (рис. 10.1, в).

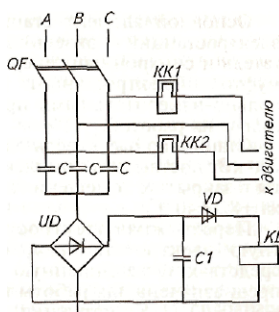


Рис. 2. Схема с использованием конденсаторов для защиты от потери фазы:

KK1, KK2— электротепловые реле; *KL* — промежуточное реле; *UD*— выпрямительный преобразователь; *VS* — стабилитрон; *QF*— автоматический выключатель

Обмотки могут быть подключены и к вторичной обмотке понижающего трансформатора, например сварочного. Ток в обмотке электродвигателя должен быть таким, чтобы температура электродвигателя превышала температуру окружающей среды на 5...10 °С, что препятствует проникновению внутрь изоляции влаги и ее агрессивных примесей. При таком подогреве электродвигателя улучшается коэффициент мощности электроустановки фермы в целом.

Кроме того, индивидуальные конденсаторные батареи, соединенные в звезду, можно использовать в качестве элемента реле защиты от потери фазы для двигателей, однофазный режим которых недопустим (рис. 10.2).

Одно из главных условий долговечной работы электрических машин — правильный выбор аппаратуры управления электродвигателями и их защиты в соответствии с требованиями Правил устройства электроустановок (ПУЭ).

4. ХРАНЕНИЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Повышение эксплуатационной надежности электродвигателей зависит от условий и способов их хранения. При длительном хранении изоляция обмоток электродвигателей увлажняется, что приводит к выходу ее из строя. Хранение электродвигателей на открытом воздухе приводит их также к выходу из строя. Отказы (пробой изоляции) электродвигателей наступают в период измерения сопротивления изоляции обмоток при помощи мегаоммет-ра напряжением 500 В.

Поэтому электродвигатели необходимо хранить на специально оборудованных складах ремонтно-технической базы электротехнической службы или на пунктах электриков. При отсутствии таких помещений их нужно хранить на технологических складах (например, зерноскладах) или, в крайнем случае, под навесами. На складах электротехнической службы хранят не только электродвигатели, но и любое другое электрооборудование (запасные части и материалы). Эти помещения должны соответствовать техническим условиям на складские помещения. Их площади, зависящие от габаритных размеров электрооборудования, определяют из расчета 0,01...,0,03 м² на одну ремонтную единицу.

Помещения должны быть сухими, светлыми, чистыми, по возможности с постоянной температурой, достаточно изолированными от производственных участков, от пыли и грязи, оборудованы необходимым складским инвентарем.

Вопросы для самоконтроля:

1. Как правильно осуществляется хранение электродвигателей.
2. Перечислите основные причины выхода электрооборудования из строя.
3. Назовите основные способы модернизации электрооборудования.
4. Назовите состав операций ТО электродвигателей.
5. Назовите состав операций ТР электродвигателей.
6. Как осуществляется прием электропривода в эксплуатацию?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Ерошенко, Г.П., Медведько, Ю.А., Таранов, М.А.** Эксплуатация энергооборудования сельскохозяйственных предприятий / Г.П. Ерошенко, Ю.А. Медведько, М.А. Таранов.– Ростов-на-Дону, НПК «Гефест», 2005. – 255 с.
2. **Ерошенко Г.П., Коломиец А.П.** Эксплуатация электрооборудования / Г.П.Ерошенко, А.П. Коломиец и др. – М.: Колосс, 2005.
3. Правила устройства электроустановок / 7-е изд., -М.: Энергоатомиздат, 2007.
4. Правила технической эксплуатации и техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей –М.: Энергоатомиздат, 2007.

Дополнительная

1. Объем и нормы испытаний электрооборудования.- Новосибирск: Сиб. Универ. Изд-во,2008
2. **Ящура А.И.** Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования / А.И. Ящура – М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2006.

Лекция 13

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРООСВЕТИТЕЛЬНЫХ И ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

1. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРООСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

При недостаточной освещенности производственных цехов промышленных предприятий у рабочих ухудшается зрение, уменьшается производительность труда и снижается качество выпускаемой продукции. Поэтому для промышленных предприятий разработаны и являются обязательными нормы минимальной освещенности. Величины освещенности по этим нормам зависят от характера производства и они тем выше, чем большая точность требуется при выполнении технологических операций.

При проектировании светотехнических расчетов принимают освещенность несколько большую, чем требуется по нормам. Принимаемый запас обуславливается тем, что во время эксплуатации уровень первоначальной (проектной) освещенности с течением времени неизбежно снижается. Это происходит за счет постепенного уменьшения светового потока, который дает новая лампа, частично за счет постепенного загрязнения арматуры и некоторых других причин.

Однако принимаемый при проектировании запас освещенности является достаточным при нормальной эксплуатации электроосветительных установок: регулярной очистке светильников, своевременной смене ламп и т. д. При неудовлетворительной эксплуатации принятый запас освещенности не может компенсировать происходящего понижения освещенности, и она становится недостаточной. При эксплуатации осветительной электроустановки уделяется большое внимание поддержанию ее состояния на уровне, обеспечивающем бесперебойную работу производства. С этой целью осветительную электроустановку регулярно осматривают, ремонтируют, очищают от пыли светильники и арматуру, а также своевременно меняют перегоревшие или отслужившие лампы. Следует иметь в виду, что влияние на освещенность помещений оказывает также цвет окраски потолков и стен и их состояние. Окраска в светлые тона и регулярная очистка от загрязнения способствуют обеспечению требуемых норм освещенности. Периодичность осмотров осветительных электроустановок зависит от характера помещений и устанавливается главным энергетиком предприятия. Ориентировочно можно принять для помещений сырых, пыльных, с едкими парами и газами и т. п. необходимую периодичность осмотров рабочего освещения один раз в два месяца, а в помещениях с нормальной средой — один раз в четыре месяца. Для установок аварийного освещения сроки осмотров сокращают в 2 раза.

При осмотрах осветительных электроустановок проверяют состояние электропроводки, щитков, осветительных приборов, выключателей, штепсельных розеток и прочих элементов установки. Проверяют также надежность имеющихся в установке контактов: ослабевшие контакты должны быть затянуты, а обгоревшие — зачищены или заменены на новые. Не следует применять лампы накаливания с прозрачной колбой без арматуры, а также снижать установленную нормами высоту подвеса светильников.

При эксплуатации электроосветительных установок необходимо заботиться о своевременном включении и отключении освещения в цехах. В производственных цехах промышленных предприятий существуют два способа смены ламп: индивидуальный и групповой. При индивидуальном способе лампы

заменяются по мере их выхода из строя, при групповом способе их заменяют группами (после того, как они отслужили положенное количество часов). Второй способ экономически выгодней, так как может быть совмещен с очисткой светильников, но связан с большим расходом ламп. При смене ламп не следует включать лампы большей мощности, чем это допускается для осветительного прибора. Завышенная мощность ламп приводит к недопустимому перегреву светильников и патронов и ухудшает состояние изоляции проводов.

Светильники и арматуру очищают от пыли и копоти в цехах с небольшим выделением загрязняющих веществ (цехи механические, металлоконструкций, инструментальные, машинные залы, кожевенные заводы и т. п.) два раза в месяц; при большом выделении загрязняющих веществ — три раза в месяц и с очень большим выделением загрязняющих веществ (кузнечные и литейные цехи, операционные отделения суперфосфатных заводов, отделения дробления обогатительных фабрик, прядильные фабрики, цементные заводы, мельницы и т. п.) — четыре раза в месяц.

Очищают все элементы светильников: отражатели, рассеиватели, лампы и наружные поверхности арматур. Очистку светопроемов естественного света производят по мере их загрязнения.

Включают и отключают рабочее освещение в производственных цехах по графику, в котором предусматривают включение рабочего освещения лишь в то время, когда естественное освещение недостаточно для производства работ.

Электроосветительные установки подвергают при эксплуатации ряду проверок и испытаний. Сопротивление изоляции сети рабочего и аварийного освещения проверяют. Исправность системы аварийного освещения проверяют, отключая рабочее освещение, не реже одного раза в квартал. Автомат аварийного переключения освещения проверяют один раз в неделю в дневное время. У стационарных трансформаторов на 12—36 в изоляция испытывается один раз в год, а у переносных трансформаторов и ламп на 12—36 в — каждые три месяца. Фотометрические измерения освещенности в основных производственных помещениях с контролем соответствия мощности ламп проекту производят один раз в год. Сеть аварийного освещения проверяют, чтобы убедиться в ее исправности и готовности к действию. Обращают внимание на то, чтобы во всех светильниках были годные лампы. Автомат аварийного освещения проверяют на четкость переключения при отключении рубильника от линии переменного тока. У переносных трансформаторов проверяют исправность кожуха, а также надежность заземления корпуса и обмотки низшего напряжения.

Уровень освещенности проверяют с помощью люксметра во всех цехах и на основных рабочих местах. Полученные значения освещенности должны отвечать проектным. Перед тем, как приступить к проверке освещенности, необходимо установить те места, на которых целесообразно измерить освещенность. Результаты осмотров и проверок оформляют актами, утвержденными главным энергетиком предприятия.

2. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Электротепловые установки, применяемые в сельскохозяйственном производстве, весьма разнообразны по конструкции, и поэтому при их эксплуатации необходимо руководствоваться инструкциями, которые прилагаются заводами-изготовителями с технической документацией на установку. Например, в техническое обслуживание электродного проточного с замкнутым контуром электронагревателя типа ЭПЗ-100

входит проведение профилактического осмотра перед каждым отопительным сезоном, при этом делают следующее: проверяют правильность показаний всех измерительных и регулирующих приборов; проверяют состояние электроконтактных поверхностей, в случае необходимости их зачищают;

3) убеждаются в том, что траверса плавно перемещается по винту; очищают от коррозии и накипи все металлические элементы электродной группы, если после очистки на стенке электродов или антиэлектродов обнаружатся сквозные отверстия, то эти элементы заменяют; очищают от накипи и коррозии внутреннюю часть корпуса водонагревателя и промывают его;

б) осматривают резиновые прокладки и изоляторы и в случае необходимости заменяют их; заменяют, если нужно, сальниковые уплотнения; собирают водонагреватель и проверяют электрическое сопротивление изоляции «сухого» водонагревателя, оно не должно быть Менее 220 кОм; заполняют систему водой и убеждаются в отсутствии течи. При эксплуатации электродных нагревателей могут появиться следующие неисправности:

а) не срабатывает автоматика (не отключается магнитный пускатель). Такое явление может быть из-за неправильного положения переключателя или тумблера (положение «ручное» вместо «автоматика») или система не нагревается до требуемой температуры, В этом случае можно уменьшить число радиаторов или расход воды через теплообменник, использовать электроды с большей активной поверхностью или при замкнутой системе слегка подсолить воду (из расчета не более 1 г соли на 20 л воды). Одной из причин отказа в работе нагревателя может быть выход из строя промежуточного реле;

б) система не нагревается вообще при включенном питании. Причиной этого может быть неполное заполнение системы водой или утечка воды;

в) не включается магнитный пускатель. Это может быть при отсутствии напряжения одной из фаз, в частности при перегорании одного из предохранителей и выходе из строя промежуточного реле;

г) отключается автомат, что происходит вследствие перегрузки его по току. При этом можно изменить уставку автомата, использовать электроды с меньшей активной поверхностью или в замкнутой системе использовать воду с большим удельным сопротивлением. в некоторых случаях автомат заменяют или при наличии рубильника и предохранителей можно подключить нагреватель непосредственно к магнитному пускателю.

д) появление воды на крышке водонагревателя из-под защитного кожуха или в разъеме между крышкой и корпусом, что является следствием ослабления затяжки болтов и гаек, а также износа прокладок и резиновых изоляторов;

е) значительное падение мощности водонагревателя и ухудшение нагрева системы, что происходит из-за износа электродов, отложения на них накипи и солей. В сельском хозяйстве используются электродные водонагреватели типа ЭПЗ и КЭВ. Первые имеют ручное управление, основное условие их бесперебойной работы— отсутствие накипи на электродах, так как удалять ее очень трудно. Электродные водонагреватели типа КЭВ автоматизированы, их мощность колеблется в пределах от 100 до 10 000 кВт с регулированием ее от 26 до 100% номинальной. Пластинчатые

электроды этих водонагревателей взаимозаменяемы, что облегчает их техническое обслуживание и ремонт. Водонагревательные котлы типа ЭКВ-0,4 имеют в качестве нагревателей ТЭНы, их эксплуатация практически не отличается от технического обслуживания водонагревателей ВЭТ (см. ниже). При эксплуатации электродных котлов необходимо соблюдать правила техники безопасности. Устанавливать котлы следует в отдельных помещениях — электрокотельных. Котлы напряжением до 1000 В можно устанавливать в производственных помещениях вместе с другим оборудованием. Трубопроводы тепловой сети необходимо заземлять не менее чем в двух точках, одна из которых должна быть в электрокотельной. Общее сопротивление заземления трубопроводов (без учета заземления в электрокотельной) должно быть не более 4 Ом. Корпус трехфазного электродного котла присоединяют к нулевому проводу четырехпроводной сети, который повторно заземляют на вводе в электрокотельную, согласно ПУЭ. Электродный котел необходимо защищать трехфазным автоматом, действующим на отключение при перегрузках и коротких замыканиях в цепях электродного котла. Рекомендуется выполнять защиту, действующую на отключение электродного котла при появлении в нулевом проводе тока, равного 25% номинального тока котла. В сетях напряжением 380 В с глухозаземленной нейтралью, питающих животноводческие фермы, нужно применять только трехфазные электродные котлы с изолированным корпусом, не соединенным с нулевым проводом сети. Корпус котла ограждают специальным кожухом, который обязательно заземляют, присоединяя к нулевому проводу сети. Трубопроводы горячей и холодной воды присоединяют к корпусу котла через изолирующие вставки и заземляют, присоединяя к нулевому проводу сети. Сопротивление повторного заземления на вводе в животноводческую ферму должно быть не более 10 Ом. Водонагреватели-термосы типа ВЭТ при длительном хранении увлажняются — влага из воздуха проникает внутрь трубчатых элементов. Нагреватели можно просушить, включая их все три последовательно в цепь напряжением 127 В на воздухе или 220 В в воде. Включение их на полное напряжение на воздухе быстро выводит их из строя. Корпус водонагревателя должен быть надежно заземлен, сопротивление изоляции отдельного элемента хорошего качества должно быть не менее 15...20 МОм, общее — 0,5 МОм. Причиной медленного нагрева воды может быть понижение напряжения сети, работа нагревателей на двух фазах, например при перегорании одного из элементов. Характер повреждения определяют при помощи вольтметра или контрольной лампы. В последнее время взамен указанных нагревателей промышленность поставляет сельскому хозяйству водонагреватели типа УАП, УАП-200, УАП-400, УАП-800, УАП-1000. Они предназначены для подогрева воды при поливе растений в теплицах, парниках, на фермах, в гаражах и для бытовых нужд. По своей конструкции они мало отличаются от нагревателей типа ВЭТ. Для зон с низкой температурой промышленность выпускает электронагревательные установки для автопоилок ВЭП-600 с тиристорным управлением. По данным кафедры применения ЧИМЭСХ, при большой влажности среды, в которой работают эти нагреватели, влага, попадая на платы схемы управления, нарушает работу последней. Поэтому необходимо в шкафу управления создавать микроклимат при помощи обычной контрольной лампы. Кроме того, нередко плохо выполненное соединение

насоса с электродвигателем приводит к быстрому износу сальника и попаданию влаги в электродвигатель. Рекомендуется просверлить отверстия в нижней части подшипникового щита, электродвигателя со стороны насоса. Это отверстие предназначено для отведения влаги от обмотки, поскольку, попадая в электродвигатель, влага сразу же стекает вниз. Появление капель из отверстия сигнализирует о разрушении сальника. Для поения крупного рогатого скота в коровниках при беспривязном содержании промышленность поставляет групповые- четырехместные автопоилки АТК.-4 с электроподогревом воды. Нагревателями воды служат тепловые элементы (ТЭНы). Недостаток конструкции этих поилок — малая жесткость. В эксплуатации необходимо повышать их механическую прочность. В отличие от водонагревателей воздухонагреватели более опасны в пожарном отношении. В сельском хозяйстве применяются электрокалориферы СФО и СФОА. Электрокалорифер СФО комплектуется на месте, а СФОА представляет собой агрегат, полностью скомплектованный на заводе-изготовителе. Эти калориферы имеют очень хорошую амортизационную способность, отлично сбалансированы и бесшумны в работе. Схема управления калориферной установкой должна исключать работу спиралей без обдува их воздухом. Один раз в месяц нагреватели нужно очищать от пыли и грязи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Ерошенко, Г.П., Медведько, Ю.А., Таранов, М.А.** Эксплуатация энергооборудования сельскохозяйственных предприятий / Г.П. Ерошенко, Ю.А. Медведько, М.А. Таранов.– Ростов-на-Дону, НПК «Гефест», 2005. – 255 с.
2. **Ерошенко Г.П., Коломиец А.П.** Эксплуатация электрооборудования / Г.П.Ерошенко, А.П. Коломиец и др. – М.: Колосс, 2005.
3. Правила устройства электроустановок / 7-е изд., -М.: Энергоатомиздат, 2007.
4. Правила технической эксплуатации и техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей –М.: Энергоатомиздат

Лекция 14.15

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО И САНТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

1. Общие положения. Особенности эксплуатации котельных агрегатов

При эксплуатации теплотехнического оборудования должны обеспечиваться:

- надежность и безопасность работы основного и вспомогательного оборудования;
- его номинальные параметры;
- экономичность и бесшлаковый режим работы, установленный в результате пусконаладочных испытаний и выполнения требований, инструкций заводоизготовителей оборудования.

Паровые барабанные и водогрейные котлы, вводимые вновь в эксплуатацию, подвергаются предпусковому щелочению и тщательной промывке очищенной водой совместно с основными трубопроводами и другими элементами питательного тракта и тракта сетевой воды в пределах котельной. Непосредственно после щелочения и промывки принимают меры по защите поверхностей нагрева котла от «стояночной» коррозии.

Перед пуском котла после ремонта или длительного резервирования проверяют исправность вспомогательного оборудования и устройств автоматики. Паровые барабанные и водогрейные котлы перед растопкой заполняют только деаэрированной водой с температурой не ниже +5°C. До растопки и при остановке котла топку и вое газоходы, включая их обводные участки, вентилируют дымососом и дутьевым вентилятором в течение 10 мин при сжигании газа и мазута и не менее 5 минут - при сжигании твердых топлив, за исключением фрезерного торфа, тогда дымоходы вентилируют только дымососом. При работе котлов на естественной тяге вентиляцию осуществляют при помощи дутьевых вентиляторов.

С момента растопки парового котла контролируют уровень воды в барабане. Водоуказательные приборы продувают при достижении избыточного давления в котле около 0,4 МПа и второй раз перед включением котла в работу в общий паропровод котельной. В процессе эксплуатации водоуказательные приборы проверяют продувкой котлов с рабочим давлением до 2,35 МПа включительно не реже одного раза в смену, у котлов с рабочим давлением от 2,4 МПа до 3,9 МПа включительно - не реже одного раза в сутки. Показания сниженных указателей уровня воды с водоуказательными приборами прямого действия сверяют не реже одного раза в смену. Предварительные уровни воды в барабане не должны превышать уровни, установленные заводом-изготовителем.

Если до пуска котла на нем производились работы, связанные с разборкой фланцевых соединений и лючков, то при избыточном давлении от 0,3 до 0,5 МПа обязательно необходимо подтянуть болтовые соединения. При большем давлении подтяжка болтовых соединений запрещается.

Щелочение котла производится для очистки внутренних поверхностей котла от грязи, ржавчины, окалины и маслянистых отложений, образовавшихся при изготовлении, транспортировке, хранении и монтаже оборудования. Перед щелочением проверяют правильность сборки и установки отдельных элементов котла, трубопроводов и арматуры. Заполнение котла водой перед щелочением и

подпитку его во время щелочения проводят химически очищенной водой при температуре 40...70°C, но не ниже +5°C.

Перед заполнением котла водой заклинивают один из предохранительных клапанов котла (клапан находится в открытом состоянии) и открывают воздушник водяного экономайзера; при появлении воды из воздушника экономайзера его закрывают. Затем уровень воды в барабане доводят до нижнего предельного уровня. Парообразователь не подвергают щелочению, его очищают при помощи пара.

Ввод агрегатов и начало щелочения котла в целях экономии времени и топлива производят за три дня до окончания сушки обмуровки. Щелочение сопровождается растопкой котла и подъемом давления. При появлении пара из открытого предохранительного клапана его переводят в рабочее положение. При давлении пара 0,05...0,01 МПа (по манометру) продувают водоуказательные приборы и манометры, а также проверяют плотность продувочных линий на ощупь (линия должна быть холодной). Реагенты подают в котел непосредственно дозатором или через установленный над котлом бачок емкостью 0,5 м³.

Для щелочения применяют следующие реагенты: каустическую (едкий натр) Na_3PO_4 или кальцинированную Ca_2CO_3 соду и тринатрийфосфат $\text{Ca}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$. Перед вводом в котел реагенты растворяют в воде в пропорции приблизительно 1:8 и вводят в котел через один из штуцеров верхнего барабана. При вводе реагентов в котел необходимо соблюдать правила техники безопасности и технической эксплуатации котельных установок. Порядок ввода реагентов в котел и время, необходимое для проведения операций по щелочению, приведены в инструкции по эксплуатации котельного агрегата. В приложении 20.2 приведены примерный порядок и время, необходимые для проведения щелочения котла типа ДКВР.

После окончания парового опробования котла и продувки паропроводов снижают давление до нуля, а температуру воды до 50...60°C и спускают воду из котла, затем закрывают лазы барабанов и лючки коллекторов и тщательно промывают котел водой под давлением 0,4...0,5 МПа (желательно горячей).

Подготовка котла к работе. После монтажа или капитального ремонта котельный агрегат до пуска в работу подвергают освидетельствованию и техническому осмотру комиссией предприятия, назначенной приказом по хозяйству. При технической приемке комиссия проверяет правильность включения котла в общий паропровод (трубопровод горячей воды) или систему отопления и горячего водоснабжения, состояние котельного помещения, наличие предохранительных устройств, контрольно-измерительных приборов и средств автоматики, наличие и состояние питательных устройств, инструкций, а также организацию эксплуатации котельной установки в соответствии с требованиями «Правил устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов», «Правил устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды», «Правил безопасности в газовом хозяйстве».

При подготовке к растопке, котла, работающего на газе, включаемый участок газопровода к котлу продувают газом через «свечи». При растопке котла, работающего на газе и мазуте, дутьевые вентиляторы работают с начала растопки. До включения дымососа убеждаются в том, что ротор не задевает за его корпус. Непосредственно перед розжигом горелок проверяют наличие достаточного давления газа в газопроводе перед котлом (парогенератором), а при подаче воздуха от дутьевого вентилятора - также и давление воздуха перед газогорелочным устройством. Механические мазутные форсунки перед установкой на место испытывают на

водяном стенде с целью проверки производительности и качества распыления. Применение нетарированных форсунок запрещается. В котельной должен храниться запас протарированных форсунок.

Систематически следят за работой мазутных форсунок, не допуская, чтобы корень факела касался краев амбразуры, во избежание образования коксовых наростов. Работа мазутных форсунок без организованного подвода к ним воздуха не разрешается. Подвод пара для продувки механических форсунок и мазутопровода в пределах котла должен исключать возможность попадания мазута в паропровод.

При работе топки на жидком и газообразном топливе запрещается:

- зажигать в топке газ (мазут) без предварительной вентиляции топки и газоходов;
- зажигать газовый (мазутный) факел от раскаленной кладки топки (без запальника или растопочного факела).

2. Проверка контрольного и вспомогательного оборудования и испытание котельного агрегата

Проверка предохранительных клапанов. Предохранительные клапаны котлов, пароперегревателей должны быть отрегулированы на нормативное давление.

Предохранительные клапаны отключаемого экономайзера регулируют на начало открытия: со стороны входа воды в экономайзер - при давлении, превышающем рабочее давление в котле на 25%, и со стороны выхода воды из экономайзера - на 10%. Предохранительные клапаны водогрейных котлов регулируют на начало открытия при давлении не более $1,08P_{\text{раб}}$. Для предупреждения прикипания предохранительных клапанов их подрывают па 2...3 секунды: у котлов с рабочим давлением до 2,4 МПа включительно это делают для каждого клапана - не реже одного раза в сутки, у котлов с рабочим давлением от 2,4 до 3,9 МПа включительно - поочередно по одному клапану каждого котла, паробразователя и экономайзера - не реже одного раза в сутки.

Проверка водоуказательной уровня воды в котле. На барабане котла должно быть установлено не менее двух водоуказательных приборов прямого действия. У котлов паропроизводительностью менее 0,2 кг/с (0,7 т/ч), а также у котлов паровозного типа и локомотивных, разрешается замена одного из водоуказательных приборов двумя пробными кранами (вентильями) диаметром не менее 8 мм, допускающими прочистку по прямому направлению.

Водоуказательные приборы прямого действия устанавливают в вертикальной плоскости или с наклоном вперед под углом не более 30° и располагают и освещают так, чтобы уровень воды был хорошо виден с рабочего места машиниста (кочегара). У водогрейных котлов должен быть установлен пробный кран в верхней части барабана котла или при отсутствии барабана – на выходе воды из котла в магистральный трубопровод до запорного устройства.

На водоуказательных приборах против допустимого низшего и высшего уровней воды в котле должны быть установлены неподвижные металлические указатели с надписью «низший уровень» и «высший уровень». Низший уровень должен быть не менее чем на 25 мм выше нижней видимой кромки стекла, а высший - на 25 мм ниже верхней видимой кромки стекла водоуказательного прибора.

Проверяют водоуказательные приборы при помощи продувки у котлов с рабочим давлением до 2,4 МПа включительно не реже одного раза в сутки. Сверяют

показания сниженных указателей уровня воды с водоуказательными приборами прямого действия не реже одного раза в смену.

Проверка манометров. Согласно требованиям Госгортехнадзора, на котлах паропроизводительностью более 2,77 кг/с (10 т/ч) и водогрейных котлах теплопроизводительностью 5 Гкал/ч обязательна установка регистрирующего манометра. Манометр устанавливают на барабане котла, а при наличии пароперегревателя - и за пароперегревателем, до главной задвижки. Установка манометра на пароперегревателях паровозных, локомотивных, жаротрубных котлов и котлов вертикального типа не обязательна.

На водогрейных котлах манометры устанавливаются: на входе воды в котел и на выходе нагретой воды из котла до запорного органа, на всасывающей и нагнетательной линиях циркуляционных насосов с расположением на одном уровне по высоте, а также на линиях питания котла или подпитки тепловой сети.

Манометры, устанавливаемые на котлах, пароперегревателях, экономайзерах и питательных линиях, должны иметь класс точности не ниже:

- 2,5 - для рабочего давления до 2,25 МПа;
- 1,5 - для рабочего давления от 2,25 до 3,85 МПа.

На шкале манометра должна быть нанесена красная черта по делению, соответствующему допускаемому рабочему давлению в котле, а для сниженных манометров - с учетом добавочного давления от веса столба жидкости. Манометр устанавливают так, чтобы его показания были отчетливо видны обслуживающему персоналу, при этом шкала его должна находиться в вертикальной плоскости или с наклоном вперед до 30°. Диаметр манометра, устанавливаемого на высоте до 2 м от площадки наблюдения, принимается не менее 100 мм, на высоте от 2 до 5 м - 160 мм и на высоте более 5 м - 250 мм. Между манометром и паровым котлом должна быть соединительная сифонная трубка диаметром не менее 10 мм с трехходовым краном.

Аварийная остановка котла выполняется в случаях, предусмотренных производственной инструкцией:

- если перестанут действовать более 50% предохранительных клапанов;
- если давление поднялось выше разрешенного более чем на 10% и продолжает расти, несмотря на прекращение подачи топлива, уменьшение тяги и дутья и усиленное питание котла водой;
- при упуске воды (подпитка котла водой при этом категорически запрещается);
- если уровень воды быстро снижается, несмотря на усиленное питание котла водой;
- если уровень воды поднялся выше верхней видимой кромки водоуказательного прибора (перепитка) и продувкой котла не удается снизить его;
- при прекращении действия всех питательных приборов;
- при прекращении действия всех водоуказательных приборов;
- если в основных элементах котла (барабане, коллекторе, камере, жаровой трубе, огневой коробке, кожухе топки, трубной решетке, внешнем генераторе, паропроводе) будут обнаружены трещины, выпучины, пропуски в их сварных швах, обрывы двух и более находящихся рядом связей;

- в котельных, работающих на газовом топливе, и в случаях, предусмотренных правилами и инструкциями по безопасности в газовом хозяйстве;
- при взрыве газов в газоходах, прекращении подачи электроэнергии при искусственной тяге, а также при повреждениях элементов котла и его обмуровки, создающих опасность для обслуживающего персонала или угрозу разрушения котла;
- при возникновении пожара в котельной или загорании сажи и частиц топлива в газоходах, угрожающих обслуживающему персоналу или котлу.

Гидравлическое испытание котельного агрегата производится перед первым запуском вновь смонтированного котла или после его капитального ремонта. Его проводят с целью проверки плотности и прочности всех элементов парогенератора (котла), пароперегревателя и водяного экономайзера, а также всех сварных и других соединений. **Гидравлическому испытанию подлежат:**

- все трубные, сварные, литые, фасонные и другие элементы и детали, а также арматура, если они не прошли гидравлическое испытание на местах их изготовления или капитального ремонта в мастерских;
- элементы котлов в собранном виде (барабаны и камеры с приваренными штуцерами или трубами, блоки поверхностей нагрева и трубопроводов и др.).

Согласно правилам Госгортехнадзора, гидравлическое испытание котлов, пароперегревателей, экономайзеров и их элементов производят под следующим давлением:

Оборудование	Рабочее давление котла, Р	Пробное давление
Паровой котел	Не более 0,49 МПа	1,5Р, но не менее Р+0,29 МПа
То же	Более 0,49 МПа	1,25Р, но не менее Р+0,29 МПа
Отключаемый экономайзер	Независимо	1,25Р+0,29 МПа
Водогрейный котел	Независимо	1,25Р, но не менее Р+0,29 МПа

Пароперегреватель испытывают пробным давлением для котла, независимо от его рабочего давления.

Под рабочим давлением в котле понимается давление пара или воды на выходе из котла.

Для гидравлического испытания применяют воду с температурой +5°С и выше. Давление измеряют по двум проверенным манометрам, один из которых является контрольным. Давление поднимают и снижают постепенно. Время выдержки котла, пароперегревателя, экономайзера и их элементов под пробным давлением должно быть не менее 5 мин.

После снижения пробного давления до рабочего тщательно осматривают все сварные швы и прилегающие к ним участки с обстукиванием их легкими ударами молотка массой от 0,5 до 1,5 кг (в зависимости от толщины стенки) с закругленным бойком при соблюдении всех необходимых мер безопасности.

Очистка котла от накипи выполняется химическим способом (кислотным) ингибиторной соляной кислотой, изготовленной специально для очистки котлов от

накипи, содержащей в своем составе замедлитель «Уникод» и специальный эмульгатор, способствующий проникновению кислоты через масляный слой, которым иногда бывает, покрыта накипь.

Удалять накипь можно и обыкновенной соляной кислотой или фосфорной и хромовой кислотой, но две последние менее эффективны и дороги. Если накипь содержит труднорастворимые соединения, то в раствор соляной кислоты добавляют фтористый натрий или фтористый аммоний.

3. Состав операций по техническому обслуживанию и текущему ремонту теплотехнического оборудования

Техническое обслуживание теплотехнического оборудования осуществляется постоянным дежурным оперативным персоналом, прошедшим специальную техническую подготовку.

Техническое обслуживание установок, не имеющих дежурного оперативного персонала, осуществляется специализированными группами энергетических служб хозяйств.

Работы по эксплуатации, обслуживанию и ремонту теплосилового оборудования в соответствии с его видами производятся согласно действующим правилам Гостехнадзора, правилам технической эксплуатации теплоиспользующих установок и тепловых сетей Госэнергонадзора Министерства энергетики и электрификации; рекомендациям по применению и эксплуатации водогрейных котлов; сборнику правил и руководящих материалов по котлонадзору; правилам устройств и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов, трубопроводов пара и горячей воды; правилам безопасности в газовом хозяйстве; правилам устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением; правилам устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды.

Техническое обслуживание котельного и котельно-вспомогательного оборудования

- 2.1. Произвести наружный осмотр котлов и оборудования.
- 2.2. Очистить наружную поверхность оборудования от загрязнений.
- 2.3. Осмотреть и проверить техническое состояние измерительных приборов, предохранительных клапанов, арматуры и гарнитуры котла.
- 2.4. Проверить исправность водомерного стекла, при необходимости разобрать, промыть стекло и заменить прокладки.
- 2.5. Проверить техническое состояние колосниковых решеток, при необходимости заменить непригодные секции.
- 2.6. Очистить от сажи и золы дымовую коробку и трубу.
- 2.7. Проверить техническое состояние кожуха и жаровой трубы котла, очистить от сажи, золы и нагара.
- 2.8. Проверить свободное открытие и закрытие всех вентиляей.
- 2.9. Проверить свободное открытие питательного насоса.
- 2.10. Для котельных, работающих на жидком топливе, проверить состояние форсунок, топливопровода, топливного насоса.
- 2.11. Устранить выявленные мелкие неисправности путем ремонта или замены изношенных или вышедших из строя деталей и узлов.

Текущий ремонт котельного и котельно-вспомогательного оборудования

6.1. Очистить поверхность котла и котельно-вспомогательного оборудования от загрязнений.

6.2. Очистить котел от накипи химическим или механическим способом.

6.3. Разобрать котел на отдельные узлы (пароперегреватель, рубашка котла, жаровая камера насоса, арматура и гарнитура котла).

6.4. Разобрать и осмотреть отдельные узлы и детали, обращая особое внимание на состояние кожуха котла, водогрейных труб, жаровой камеры, водонагревателя, пароперегревателя, предохранительных клапанов.

6.5. Поврежденные участки жаровой камеры вырезать и заварить получившиеся отверстия вставками из соответствующего металла.

6.6. Перегоревшие водогрейные трубы вырезать и приварить взамен новые стальные бесшовные трубы соответствующего диаметра.

6.7. Устранить вмятины и следы коррозионных разрушений на наружном кожухе или барабане путем вырезки поврежденных мест, вставки и приварки накладок.

6.8. Заварить трещины и изломы ушек в корпусе ручного насоса, в топочных и зольных дверцах.

6.9. Удалить следы износа на рабочих поверхностях пробковых кранов путем расточки и притирки.

6.10. Заменить прогоревшие колосниковые решетки и отражатели на новые.

6.11. Проверить приборы контроля, вышедшие из строя, и заменить новыми.

6.12. Поверхности нагрева котла, пароперегреватель и обмуровка. Осмотреть экранные, кипяtilьные перепускные и соединительные трубы, трубы пароперегревателя, коллекторов, барабанов и сухопарников. Очистить наружную поверхность от сажи, золового уноса и шлачного напыля. Проверить трубы на золовой износ и на увеличение диаметра. Устранить на трубах свищи, вздутия и вмятины. Очистить внутреннюю поверхность барабана и сухопарника, проверить и очистить штуцера и трубы к водоуказательным колонкам. Провести частичную замену отдельных лючков, хвостиков, шпилек и прокладок. Частично разобрать обмуровку котла и произвести ее восстановление. Произвести ремонт обвязки котла, запорной арматуры, теплоизоляции трубопроводов и емкостей.

6.13. **Экономайзеры.** Произвести осмотр состояния каркаса, обшивки и обмуровки. Очистить трубы и газоходы от сажи и уноса. Частично заменить змеевики чугунных труб, калачей, фланцев и прокладок. Очистить и промыть внутреннюю поверхность от шлака и накипи. Произвести ремонт сажеобдудного устройства.

6.14. **Газомазутные горелки.** Разобрать и очистить привод воздушных регистров, тяг воздушной трубы и других элементов горелки. Заменить или отремонтировать отдельные детали. Заменить изношенные детали регулировочных устройств подачи воздуха, лопастей, завихрителей, рукояток и тяг.

Капитальный ремонт предусматривает восстановление агрегата до состояния, равноценного новому, и включает в себя следующие работы:

- полную разборку всех узлов и механизмов агрегата с последующей заменой или восстановлением изношенных деталей;
- устранение всех дефектов, испытание и опробование; регулировку и выверку всех технических характеристик агрегата по нормам ГОСТ и другим техническим условиям;
- отделочные работы, шпатлевку, окраску поверхностей агрегатов,

трубопроводов, полировку рукояток, маховиков, рычагов управления, восстановление или нанесение новых делений и цифр на приборах.

При проведении капитального ремонта следует учитывать возможность модернизации оборудования.

Вопросы для самоконтроля:

1. Описать виды ремонтов котельного оборудования и их назначение.
2. Описать типовой объем работ текущего ремонта котельного оборудования.
3. Описать типовой объем работ капитального ремонта котельного оборудования.
4. Описать приемку котельного оборудования из ремонта.
5. Описать эксплуатационные испытания котлов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

13. **Ерошенко, Г.П., Медведько, Ю.А., Таранов, М.А.** Эксплуатация энергооборудования сельскохозяйственных предприятий / Г.П. Ерошенко, Ю.А. Медведько, М.А. Таранов.– Ростов-на-Дону, НПК «Гефест», 2005. – 255 с.
14. **Ерошенко Г.П., Коломиец А.П.** Эксплуатация электрооборудования / Г.П.Ерошенко, А.П. Коломиец и др. – М.: Колосс, 2005.
15. Правила устройства электроустановок / 7-е изд., -М.: Энергоатомиздат, 2007.
16. Правила технической эксплуатации и техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей –М.: Энергоатомиздат, 2007.

Дополнительная

- а. Объем и нормы испытаний электрооборудования.- Новосибирск: Сиб. Универ. Изд-во, 2008
- б. **Ящура А.И.** Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования / А.И. Ящура – М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2006.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Амерханов Р.А., Ерошенко Г.П.** Эксплуатация теплоэнергетических установок и систем / Р.А. Амерханов., Г.П. Ерошенко – М.: Энергоатомиздат, 2008.
2. **Березнев Ю.И.** О проблеме обеспечения надежности электроснабжения / Ю.И. Березнев – Энергетик, 2007, №10. С. 24, 25.
3. **Будзко И.А., Лещинская Т.Б., Сукманов В.И.** Электроснабжение сельского хозяйства / И. А. Будзко, Т.Б.Лещинская, В.И.Сукманов - М.: Колос, 2000.- 536 с.
4. **Ерошенко, Г.П., Медведько, Ю.А., Таранов, М.А.** Эксплуатация энергооборудования сельскохозяйственных предприятий / Г.П. Ерошенко, Ю.А. Медведько, М.А. Таранов.– Ростов-на-Дону, НПК «Гефест», 2005. – 255 с.
5. **Ерошенко Г.П., Коломиец А.П.** Эксплуатация электрооборудования / Г.П.Ерошенко, А.П. Коломиец и др. – М.: Колосс, 2005.
6. **Еремин В.Г., Сафронов В.В., Схиртладзе А.Г., Харламов Г.А.** Безопасность жизнедеятельности в энергетике / В. Г. Еремин, В. В. Сафронов, А. Г. Схиртладзе, Г. А. Харламов – М.: Академия, 2010.
7. **Карнеева Л.К., Рожкова Л.Д., Чиркова Т.В.** Электрооборудование электрических станций и подстанций: Учебник для сред. проф. образования / Л.К. Карнеева, Л.Д. Рожкова, Т.В.Чиркова. — М.: Издательский центр «Академия», 2004. — 448 с.
8. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок. ПОТ Р М-016-2001 (РД 153-34.0-03.150–00).
9. Объем и нормы испытаний электрооборудования.- Новосибирск: Сиб. Универ. Изд-во, 2008
10. **Овчаров В.В.** Эксплуатационные режимы работы и непрерывная диагностика электрических машин в сельскохозяйственном производстве./ В.В. Овчаров. - Киев: Изд-во УСХА, 2000. – 123 с.
11. **Пархоменко, П.П., Согомоян, Е.С.** Основы технической диагностики./ П.П. Пархоменко, Е.С. Согомоян - М.: Энергоиздат, 2006. – 146 с.
12. Правила устройства электроустановок / 7-е изд., -М.: Энергоатомиздат, 2007.
13. Правила технической эксплуатации и техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей –М.: Энергоатомиздат, 2007.
14. **Хорольский В.Я., Медведев А.А, Жданов В.Т.** Сборник задач по эксплуатации электрооборудования / В.Я. Хорольский, А.А Медведев, В.Т. Жданов– Ставрополь, 2005.
15. **Ящура А.И.** Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования / А.И. Ящура – М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2006.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Лекция 1. Основные понятия и определения	4
Вопросы для самоконтроля.....	6
Список литературы.....	7
Лекция 2. Эксплуатационные свойства энергооборудования	8
Вопросы для самоконтроля.....	12
Список литературы.....	13
Лекция 3. Дестабилизирующие и компенсирующие воздействия на электрооборудование	14
Список литературы.....	19
Лекция 4. Основы рационального выбора и использования электрооборудования	20
Вопросы для самоконтроля.....	25
Список литературы.....	26
Лекция 5. Техническое диагностирование электрооборудования	27
Вопросы для самоконтроля.....	36
Список литературы.....	37
Лекция 6. Элементы теории надежности	38
Список литературы.....	40
Лекция 7,8. Методы теории массового обслуживания	41
Вопросы для самоконтроля.....	44
Список литературы.....	44
Лекция 9. Эксплуатация воздушных и кабельных линий	45
Список литературы.....	47
Лекция 10,11. Обслуживание и ремонт трансформаторных подстанций	48
Вопросы для самоконтроля.....	56
Список литературы.....	56
Лекция 12. Эксплуатация электродвигателей и генераторов	57
Вопросы для самоконтроля.....	63
Список литературы.....	63
Лекция 13. Эксплуатация электроосветительных и электронагревательных установок	64
Список литературы.....	68
Лекция 14,15. Эксплуатация теплотехнического и сантехнического оборудования	69
Вопросы для самоконтроля.....	76
Список литературы.....	76
Библиографический список	77
Содержание	78