

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Саратовский государственный аграрный университет
имени Н. И. Вавилова»

ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

краткий курс лекций

Направление подготовки
35.03.06 Агроинженерия

Профиль подготовки
Электрооборудование и электротехнологии

Саратов 2015

УДК 631.313
ББК 31.26
С 72

Технология ремонта электрооборудования: краткий курс лекций для студентов 3 курса специальности (направления подготовки) 35.03.06 Агроинженерия / Сост.: А. А. Спиридонов / ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ» - Саратов, 2015. – 39 с.

Краткий курс лекций по дисциплине «Технология ремонта электрооборудования» составлен в соответствии с рабочей программой дисциплины и предназначен для студентов направления подготовки 35.03.06 Агроинженерия. Краткий курс лекций содержит теоретический материал по основным вопросам организации капитального ремонта электрооборудования в условиях сельского хозяйства, а также проектирования электроремонтных предприятий. Направлен на формирование у студентов знаний по определению неисправностей и испытаний электрооборудования при капитальном ремонте, а также по расчету электрооборудования в ходе выполнения капитального ремонта.

УДК 631.313
ББК 31.26

© Спиридонов А.А.
© ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ», 2015

Введение

“Технология ремонта электрооборудования” – одно из основных направлений эксплуатационной подготовки бакалавров. Этот раздел студенты изучают на лекционных, лабораторных и практических занятиях. Завершается изучение дисциплины выполнением курсовой работы. Полученные знания и навыки затем студенты используют при подготовке квалификационной работы и в практической деятельности на производстве.

В настоящее время в сельскохозяйственном производстве эксплуатируется достаточно большое количество электрооборудования. В процессе эксплуатации электрооборудования отдельные его детали и узлы изнашиваются, в результате чего наступает его отказ. Вышедшие из строя электрооборудования подвергаются капитальному ремонту. Капитальный ремонт призван восстановить технические показатели электрооборудования до уровня первоначальных значений.

Капитальный ремонт электродвигателей, сварочных и силовых трансформаторов, а также автотракторного электрооборудования выполняются как специализированными ремонтными предприятиями, так и небольшими ремонтными цехами Агропромэнерго или частными фирмами.

Централизованный ремонт электрооборудования выполняют в крупных электроремонтных мастерских или цехах, где обеспечивается соблюдение передовой технологии. За счёт применения механизации и автоматизации отдельных операций технологического процесса ремонта, а также рационального использования оборудования и площадей, достигается снижение себестоимости и повышения качества ремонта. Как правило, надежность отремонтированных машин на таких предприятиях не уступает надежности новых.

Нецентрализованный капитальный ремонт электрооборудования выполняют в небольших мастерских, не имеющих преимуществ перед крупными специализированными предприятиями.

При капитальном ремонте электрических машин возникает необходимость выполнить разного вида расчеты. Например, когда ставится задача определения паспортных данных машины при их отсутствии или заказчик желает иметь машину с другими параметрами (напряжение, частота вращения). Кроме того, в ремонтной практике часто приходится перематывать машины, а заводские обмоточные данные отсутствуют, например, в машинах устаревших типов или иностранных фирм.

Краткий курс лекций по дисциплине «Технология ремонта электрооборудования» предназначен для студентов по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия.

Содержание

Введение	
Лекция 1. Основы проектирования электроремонтных предприятий	5
1.1 Классификация электроремонтных предприятий	5
Лекция 2. Расчет годовой производственной программы электроремонтного предприятия	8
2.1 Выбор способов организации капитального ремонта	10
2.2 Определение состава производственных участков и штата предприятия	11
2.3 Расчет площадей производственных участков предприятия	13
Лекция 3. Электрический расчет обмоток	15
3.1 Поверочный расчет магнитных нагрузок	15
3.2 Определение обмоточных данных двигателя	16
3.3 Конструкторский расчет обмоток	18
Лекция 4. Частные случаи пересчета обмоток асинхронного двигателя	22
8.1 Пересчет асинхронного двигателя на другое напряжение	22
8.2 Пересчет асинхронного двигателя на другую частоту вращения	22
8.3 Пересчет асинхронного двигателя на другую частоту сети	23
8.4 Пересчет машины постоянного тока из режима двигателя в режим генератора	24
Лекция 5. Определение неисправностей асинхронного двигателя	26
5.1 Основные положения	26
5.2 Требования к исправному двигателю	26
5.3 Требования к исправным деталям и узлам	27
5.4 Методика определения неисправностей двигателя	27
Лекция 6. Объем послеремонтных испытаний асинхронного двигателя	31
6.1 Основные положения	31
6.2 Измерение сопротивления изоляции	32
6.3 Измерение сопротивления обмоток при постоянном токе	32
Лекция 7. Испытание асинхронного двигателя	35
7.1 Обкатка электродвигателя	35
7.2 Определение тока и потерь холостого хода	35
7.3 Определение тока и потерь короткого замыкания	36
Лекция 8. Испытание изоляции обмоток на электрическую прочность	38
8.1 Испытание витковой изоляции	38
8.2 Испытание главной изоляции	38

ЛЕКЦИЯ 1

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОРЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

1.1 КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОРЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В ремонтно-обслуживающей базе выделяют три уровня: областной, районный и хозяйственный. Они отличаются по зоне обслуживания, составу работ и техническим средствам.

^ Областной уровень составляют крупные (областные и зональные) электромонтажные предприятия, электромонтажные организации, базы снабжения.

Районный уровень составляют производственные подразделения по текущему ремонту электрооборудования, изготовлению монтажных заготовок или нестандартного оборудования, участки централизованного выполнения испытаний, измерений, пусконаладочных работ, пункты обмена и комплектации и т. д.

^ На уровне хозяйств и эксплуатационных участков база включает центральный пункт технического обслуживания и ремонта (ПТОРЭ), расположенный в центральном отделении сельскохозяйственного предприятия и посты электриков, организуемые в бригадах (отделениях) или крупных фермах. Все участки снабжены передвижными техническими средствами.

1.1.1. Оптимизация характеристик электроремонтных предприятий

С ростом уровня потребления энергетических ресурсов в сельском хозяйстве увеличивается объем капитального ремонта энергооборудования и возрастает роль централизованных электроремонтных предприятий. Эффективность их работы зависит от правильного выбора основных характеристик ремонтных баз: радиуса зоны обслуживания “r”, км; годовой производственной программы Q, уер; числа производственных рабочих N, чел.

Задача оптимизации характеристик электроремонтного предприятия (ЭРП) состоит в следующем. Увеличивая радиус зоны обслуживания, можно создавать крупные ЭРП, на которых есть возможность полного использования материалов технологического оборудования и внедрения передовых технологических процессов. В результате снижается себестоимость ремонта. Но вместе с тем крупные ЭРП требуют от хозяйств больших транспортных затрат на доставку ремонтного фонда и возврат отремонтированного электрооборудования. Поэтому с расширением зоны снижается себестоимость ремонта, но увеличиваются транспортные расходы. При некотором радиусе обслуживания достигается такое сочетание размера себестоимости и транспортных расходов, которое обеспечивает минимум суммарных приведенных затрат. Такой радиус зоны обслуживания и соответствующие ему характеристики ЭРП будут оптимальными.

При определении зоны обслуживания учитывают равномерное распределение ремонтного фонда на территории зоны. За единицу площади берут элементарную площадку - круг со средним радиусом перевозок $r_p=1$ км и радиусом зоны $r=1,5$ км.

В данном случае критерием оптимальности служат приведенные затраты, состоящие из суммы нормативных отчислений от капиталовложений на строительство ЭРП, себестоимости ремонта, транспортных расходов и ущерба сельскохозяйственных предприятий от простоя электрооборудования в период ремонта. Точное математическое описание функции затрат от радиуса зоны связано с определенными трудностями. Поэтому используют результаты статистического анализа деятельности ряда действующих ЭРП. Это позволяет представить уравнение названных суммарных затрат на УЕР в следующем виде:

$$Z = E a q^n + b q^m r^{2m} + t_p r + c, \quad (1.1)$$

где E - коэффициент нормативных отчислений; q - расчетная плотность размещения ремонтного фонда (уер/км²); a и b - удельные затраты, руб/уер; c - постоянные затраты, не зависящие от радиуса зоны; tr - уер; n , m - показатели степени, g -удельные транспортные расходы руб/км, определяемые по статистическим данным.

Анализ выражения (1.1) позволяет сделать вывод о том, что при малых транспортных расходах (перевозки осуществляют крупными партиями автомобильным транспортом по хорошим дорогам) оптимальный радиус зоны обслуживания составляет 180 км. С увеличением транспортных затрат оптимальный радиус снижается до 45 км при перевозках ремонтного фонда и готовой продукции малыми партиями. При этом возрастает минимальное значение удельных затрат, а в области оптимума они изменяются более круто - небольшие отступления от оптимального радиуса резко снижают эффективность ремонтного предприятия. В целом же отступления в сторону большего радиуса обслуживания менее чувствительны к увеличению затрат, чем отступления в сторону снижения размеров зоны обслуживания. Особенно резко увеличивается себестоимость ремонта на ЭРП, радиус зоны обслуживания, которых меньше 40 км.

Оптимальные характеристики ЭРП зависят от плотности размещения ремонтного фонда, но существенное влияние оказывают при $q < 1$ уер/км. Это объясняется тем, что при больших плотностях ЭРП достигает таких размеров, когда положительный экономический эффект от концентрации ремонтного производства компенсируется ростом транспортных расходов. Причем оптимальная годовая программа и радиус зоны обслуживания напрямую зависят от стоимости горюче-смазочных материалов (как основной части транспортных расходов).

Для любых других исходных данных оптимальные характеристики ЭРП можно рассчитать по выражениям

$$r_3 = \frac{A}{\sqrt{gtr}}, \quad (1.2)$$

$$Q_6 = \pi r_3^2 q, \quad (1.3)$$

$$N = \frac{O \times \tau}{\Phi}, \quad (1.4)$$

где A - обобщенная характеристика ЭРП ($A=9,0$ для специализированных и $A=7,0$ для неспециализированных ЭРП); tr - удельные уер; q - расчетная плотность размещения ремонтного фонда, d - транспортные расходы руб/км, Q_6 - годовая производственная программа; τ - нормативные трудозатраты на проведение капитального ремонта; Φ - годовой фонд рабочего времени исполнителя.

Полученные зависимости помогают обосновывать рациональную структуру, размещение и специализацию ремонтно-обслуживающих баз районных и областных предприятий "Агропромэнерго". Из них видно, что ни маленькие, ни большие ЭРП нецелесообразны для капитального ремонта энергооборудования, используемого в сельском хозяйстве. Наивысшую эффективность имеют ЭРП с оптимальными характеристиками.

Вопросы для самоконтроля

1. Типы электроремонтных предприятий.
2. Основные характеристики электроремонтных предприятий.
3. Понятие У.Е.Р.
4. Как определяют оптимальный радиус зоны обслуживания ЭРП.
5. Определение годовой производственной программы для оптимальной зоны.

6. Как определяют численность производственных рабочих ЭРП.

Список литературы

а) Основная литература

1. Атабеков, В.Б. Ремонт трансформаторов и электрических машин [Текст] : учеб. пособие / В.Б. Атабеков – М.: Высшая школа, 2010. – 340с.: ил. – 150 экз. – ISBN 978-985-6847-57-1/.
2. Сердешнов А.П. Ремонт электрооборудования [Текст] : учеб. пособие /А.П. Сердешнов – М.: ИВЦ Минфина, 2011. – 296с.: ил. – 100 экз. – ISBN 978-985-6447-57-1.
3. Виноградов, Н.В. Обмотки электрических машин [Текст] : учеб. пособие / Н.В. Виноградов. – М.: Высшая школа, 2010. – 336 с.: ил. 100 экз. – ISBN 28304431.
4. Жерве, Г.К. Расчет асинхронного двигателя при перемотке [Текст] : учеб. пособие / Г.К Жерве – М.: Энергия, 2011. – 400с.: ил. 200 экз. – ISBN 5-7688 06 90/
5. Ванурин, В.Н. Обмотки асинхронных двигателей [Текст] : учеб. пособие / В.Н. – М.: Энергия, 2011. – 126с.: ил. 100 экз. – ISBN 978-5-9696003-2-4/

б) Дополнительная литература

1. Ерошенко, Г.П. Эксплуатация энергооборудования сельскохозяйственных предприятий [Текст] : учеб. /Г.П. Ерошенко, Ю.А. Медведько, М.А. Таранов – Ростов-на-Дону: НПК «Гефест», 2006. - 590с.: ил. – 1000 экз. – ISBN 5-87442-230-7.
2. Тембель, П.В., Геращенко Г. В. Справочник по обмоточным данным электрических машин и аппаратов [Текст] : учеб. пособие /П.В Тембель, Г.В. Геращенко. – Киев.: Техніка, 2003. – 186с.
3. Кузнецов, Н.Л. Надёжность электрических машин [Текст] учеб. пособие / Н.Л. Кузнецов - М.: Изд-во МЭН, 2006-203с.
4. Гаскаров, Д.В. Прогнозирование технического состояния и надёжности электронной аппаратуры [Текст] учеб. пособие. /Д.В. Гаскаров - М.: Изд-во Высшая школа, 2004-188с.
5. Корчемный, Н.А. Повышения надёжности электрооборудования в сельском хозяйстве [Текст] учеб. пособие /Н.А. Корчемный – Киев.: Техніка 2007-114с.

в) Базы данных, Информационно – справочные и поисковые системы, Агропоиск, полнотекстовая база данных иностранных журналов Doal, поисковые системы Rambler, Yandex, Coogle:

Электронная библиотека СГАУ – <http://libaru.sgay.ru>

<http://www.gosthelp.ru/>

<http://snipov.net/>

[http://www.master.donntu.edu.ua.](http://www.master.donntu.edu.ua)

<http://www.cfin.ru/>

ЛЕКЦИЯ 2

РАСЧЕТ ГОДОВОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ ЭЛЕКТРОРЕМОНТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Для определения годовой программы электроремонтного предприятия (ЭРП) необходимо иметь сведения о количестве установленного электрооборудования в зоне обслуживания проектируемого предприятия. Зоной обслуживания электроремонтного предприятия называется территория близлежащих административных районов, хозяйства которых сдают в капитальный ремонт электрооборудование на данное ЭРП.

При курсовом проектировании в задании указываются количества электрооборудования, установленного в зоне обслуживания ЭРП по видам и условиям эксплуатации. Задача заключается в том, какое количество из установленного электрооборудования в зоне обслуживания предприятия ежегодно будет подвергаться капитальному ремонту. Это количество электрооборудования является годовой программой ЭРП.

Годовую программу предприятия рассчитывают в физических единицах или в условных единицах ремонта (у.е.р.), либо через трудоемкость в чел.-ч; либо через стоимость тыс. руб. При курсовом проектировании годовую программу предприятия рекомендуется предварительно рассчитать в физических единицах, а затем переводить ее в у.е.р.

Для определения годовой программы предприятия в физических единицах сначала определяют ремонтный цикл оборудования $T_{цij}$, где i – вид оборудования (электродвигатели, сварочные трансформаторы и т.д.), j – условия эксплуатации электрооборудования.

Ремонтным циклом называют календарную продолжительность работы электрооборудования между капитальными ремонтами или от начала эксплуатации до первого капитального ремонта. Ремонтный цикл определяют по справочным данным (1). Он зависит от вида электрооборудования и условий его эксплуатации. Так, например, ремонтный цикл электродвигателей, работающих в сухих помещениях составляет 8 лет, в особо сырых 5 лет, а также ремонтный цикл силовых трансформаторов составляет 15 лет.

Количество каждого вида электрооборудования, подлежащего ежегодно капитальному ремонту (ремонтный фонд предприятия в физических единицах) определяют по выражению:

$$N_{pi} = \left(\frac{N_{i1}}{T_{цi1}} + \frac{N_{i2}}{T_{цi2}} + \dots + \frac{N_{in}}{T_{цin}} \right) \quad (2.1)$$

где $N_{i1}, N_{i2} \dots N_{in}$ – количество установленного i -го вида электрооборудования в зоне обслуживания ремонтного предприятия;

$T_{цi1}, T_{цi2} \dots T_{цin}$ – ремонтные циклы соответствующего вида электрооборудования.

Результаты расчета ремонтного фонда предприятия целесообразно оформить в виде таблицы 1.1

Таблица 2.1

Расчет годового ремонтного фонда предприятия

Как правило, объем ремонтного фонда предприятия оценивается не в физических единицах, а в условных единицах ремонта (у.е.р.).

За одну у.е.р. приняты трудовые затраты на один ремонт трехфазного асинхронного

№ п/п	Наименование оборудования и его характеристики	Для обо – рудования по группам, %	Количество ремфонда, шт.	Категория сложности, у.е.р.	Объем ремфонда в у.е.р.
1	2	3	4	5	6
1	Электродвигатели всего в т.ч. мощностью в кВт до 1 1,1 ... 3,0 3,1 ... 5,0 5,1 ... 10,0 10,1 ... 20,0 более 20	100 12 22 28 20 10 8		 0,8 0,9 1,0 1,5 2,0 2,5	
2	Трансформаторы силовые всего в т.ч. мощностью в кВА до 100 101 ... 250 251 ... 630 более 630	100 30 40 25 5		 11 13 20 25	
3	Сварочные трансформаторы на ток всего до 300 А более 300 А	100 60 40		 3 5	
4	Автотракторное электрооборудование всего	100		3	

короткозамкнутого двигателя закрытого исполнения мощностью 5 кВт, напряжением 380/220 В и частотой вращения магнитного поля статора 1500 мин⁻¹. Таким образом, трудозатраты на капитальный ремонт любого другого оборудования сравниваются с трудозатратами ремонта одной у.е.р. через категорию сложности. Категорию сложности для каждого вида оборудования находят в справочной литературе (1) и записывают в графу 5. Для перевода ремонтного фонда в у.е.р. умножают количество ремонтного фонда в физических единицах на категорию сложности по каждому виду оборудования и результат записывают в графу 6.

$$Q_n = N_{1i} \cdot R_{1i} + N_{2i} \cdot R_{2i} + \dots + N_{mi} \cdot R_{mi}, \quad (2.2),$$

где $N_{1i}, N_{2i} \dots N_{mi}$ - количество ремонтного фонда в физических единицах по каждому виду оборудования;

$R_{1i}, R_{2i} \dots R_{mi}$ - категория сложности соответствующего оборудования

В проекте приводится пример перевода в у.е.р. для одного вида электрооборудования. Годовая программа электроремонтного предприятия определяется суммированием годовых объемов работ в у.е.р. по каждому виду оборудования.

11

$$Q_{\Gamma} = \sum_{i=1}^n Q_{\Gamma i} = Q_{\Gamma 1} + Q_{\Gamma 2} + \dots + Q_{\Gamma n}, \quad (2.3)$$

где $Q_{\Gamma 1}, Q_{\Gamma 2} \dots Q_{\Gamma n}$ - годовой объем ремонтного фонда в у.е.р. по каждому виду оборудования.

Далее необходимо знать, какому типу относиться разрабатываемое ЭРП. Существует три типа электроремонтных предприятий – электроремонтная мастерская (ЭРМ), электроремонтный цех (ЭРЦ) и электроремонтный завод (ЭРЗ).

Для оценки типа электроремонтного предприятия основным показателем является годовая программа предприятия. ЭРМ следует организовывать с годовой программой до 2000 у.е.р./год, ЭРЦ – до 14000 у.е.р./год и ЭРЗ – более 15000 у.е.р./год.

ЭРМ проектируют с небольшим объемом работ, как правило, организуют частными фирмами или они существуют при районных предприятиях Агропромэнерго. ЭРЦ – более крупные предприятия. Зона обслуживания таких предприятий составляет 5-6 муниципальных административных районов. ЭРЗ создаются в областных центрах для выполнения централизованного капитального ремонта электрооборудования и сельскохозяйственных предприятий.

2.1 ВЫБОР СПОСОБОВ ОРГАНИЗАЦИИ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА

Под способом ремонта подразумевается установленная на ремонтном предприятии форма организации производственного процесса ремонта электрооборудования. Способ ремонта характеризуется степенью расчлененности операций технологического процесса ремонта электрооборудования. В связи с этим различаются следующие способы ремонта: индивидуальный, бригадно-узловой и поточный.

При индивидуальном способе все операции технологического процесса ремонта электрооборудования выполняются одним рабочим. Эта самая простейшая и отсталая форма организации ремонта. Оборудование и площади предприятия при этом способе используются не рационально; контроль качества ремонта затрудняется. Этот метод ремонта ограничивает возможность разделения труда и механизации производственных процессов, что приводит к низкой производительности труда. Это удлиняет сроки пребывания и себестоимость ремонта машин.

При бригадно-узловом способе весь комплекс работ по ремонту электрооборудования делится на отдельные части технологического процесса (разборка, сборка, испытание и т.д.). Каждая такая часть работ выполняется на специализированных, соответственно оборудованных рабочих местах, за которыми закрепляется определенная группа рабочих или бригада.

Этот способ является наиболее прогрессивной формой организации ремонта. Он не имеет тех недостатков, которые присущи индивидуальному методу. Бригадно-узловой способ нашел широкое применение на ремонтных предприятиях.

При поточном способе ремонт электрооборудования производится не на постоянных рабочих местах, а на тележках (конвейерах), передвигаемых от одного рабочего места к другому. Рабочие места размещаются параллельно пути перемещения тележек в технологической последовательности.

Этот способ является самым прогрессивным способом ремонта. Применение поточного способа ремонта дает большой экономический эффект, что является следствием повышения производительности труда рабочих, улучшения качества ремонта, сокращения длительности ремонта и в конечном счете – снижения себестоимости ремонта.

Для обоснования способа ремонта рассчитывают основные показатели производственного процесса: такт ремонта (t), продолжительность ремонта (Π) и фронт ремонта (f). С целью упрощения расчет выполняют на одну условную единицу ремонта.

Под тактом ремонта понимается период времени, по истечении которого на предприятие должен поступать в ремонт или выйти из ремонта очередное оборудование в одну у.е.р.:

$$t = \frac{\Phi}{Q_r} \text{ ч/у.е.р.} \quad (2.4)$$

где Φ – годовой фонд рабочего времени предприятия;

Q_r – годовая программа предприятия, у.е.р.

Продолжительность пребывания в ремонте – это время от начала первой операции до конца последней. Приблизительно можно считать, что для ЭРЦ – $\Pi = (0,9 \dots 1,0) \tau_k$, для ЭРЗ – $\Pi = (0,8 \dots 0,9) \tau_k$, где τ_k – трудоемкость капитального ремонта, у.е.р. – $\tau_k = 12,5$ ч. Более точно продолжительность пребывания в ремонте можно определить по графику согласования работ.

Фронт ремонта – это количество электрооборудования, одновременно находящееся в ремонте.

$$f = \frac{\Pi}{t} \text{ у.е.р.,} \quad (2.5)$$

где Π – продолжительность пребывания электрооборудования в ремонте, час;

t – такт ремонта, час/у.е.р.

Зная такт ремонта t , продолжительность пребывания в ремонте Π , длительность $t_{\text{макс}}$ – наиболее трудоемкой и длительность $t_{\text{мин}}$ – наиболее трудоемкой операций технологического процесса ремонта электрооборудования, можно выбрать способ ремонта.

$t \leq$ – индивидуальный ; $t_{\text{макс}} < t < \tau_k$ – бригадно-узловой ;

$t_{\text{мин}} < t < t_{\text{макс}}$ – поточный.

2.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УЧАСТКОВ И ШТАТА ПРЕДПРИЯТИЯ

Производственным участком называется часть площади ЭРП, на которой размещается однотипное оборудование и выполняется одна или несколько смежных операций (работ) технологического процесса. ЭРП проектируется в составе производственных участков и бытовых помещений. Состав производственных участков зависит от принятой схемы технологического процесса ремонта и специализации предприятия.

Под специализацией понимают номенклатуру ремонтного фонда предприятия.

Специализированные предприятия выполняют только один вид оборудования, например, электродвигателей или трансформаторов. Неспециализированные ЭРП выполняют всего оборудования (электродвигателей, сварочных трансформаторов и т.д.).

Обычно на специализированном по ремонту электродвигателей ЭРП имеются следующие участки: разборочный, обмоточный, сборочный, испытательный, слесарно-механический, прокатка и сушка.

Неспециализированные ЭРП дополнительно имеют участки ремонта силовых и сварочных трансформаторов, ремонта аппаратуры, ремонта автотракторного оборудования.

Состав бытовых помещений включает: умывальники, душевые, гардеробные, помещения инженерно – технических работников (ИТР), счетно-конторского персонала (СКП), а так же склады (ремонтного фонда, готовой продукции, инструментов и материалов).

Штатный состав предприятия включает: производственных рабочих, инженерно – технический персонал (ИТР), счетно-конторский и младше-обслуживающий персонал (СКП и МОП).

К производственным рабочим относятся станочники, электрослесари и электромонтеры, обмотчики, пропитчики и т.д.

Численность производственного персонала предприятия определяют по типовым штатным нормативам и инструкциям Министерства сельского хозяйства РФ или рассчитывают по годовой трудоемкости работ и годового фонда рабочего времени на одного производственного рабочего.

$$N = \frac{T_r}{\Phi} , \quad (2.6)$$

где T_r - годовая трудоемкость работ предприятия, чел.-ч;

Φ – годовой фонд рабочего времени, ч.

Годовая трудоемкость работ зависит от годовой производственной программы предприятия и определяется по выражению

$$T_r = Q_r \cdot \tau_k , \quad (2.7)$$

где Q_r - годовая производственная программа, у.е.р.;

$\tau_k = 12,5$ чел.-ч – трудоемкость капитального ремонта одной у.е.р.

Годовой фонд рабочего времени выбирают по рекомендациям Министерства труда и социального развития или определяют по выражению

$$\Phi = (d_k - d_b - d_{п} - d_o) \cdot t \cdot \eta - \Delta t \cdot d_{пп} ,$$

где d_k , d_b , $d_{п}$, d_o , $d_{пп}$ - соответственно числа календарных, выходных, праздничных, отопительных и праздничных дней; $t=8,2$ – продолжительность смены; Δt – праздничного дня, (обычно 1 час); η - коэффициент использования рабочего времени ($\eta=0,95...0,96$), учитывающий потери рабочего времени по уважительным или другим причинам.

Производственный персонал по специальностям от их общего количества в процентном отношении примерно должен быть: электрослесарей – 20%, обмотчиков – 40%, электромонтеров – 10%, станочников – 15%, работников других специальностей – 15%.

Количественный состав ИТР,СКП и МОП зависит от численности производственного персонала и в процентном отношении примерно должен быть: ИТР – 8%, СКП – 4% и МОП – 3%

2.3 РАСЧЕТ ПЛОЩАДЕЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УЧАСТКОВ ПРЕДПРИЯТИЯ

Расчет площадей целесообразно выполнять в три этапа.

На первом этапе определяют общую производственную площадь (F) предприятия, включая складские помещения, по удельной норме (f_y) на одного производственного рабочего:

$$F = f_y \cdot N, \quad (2.8)$$

где N – численность производственных рабочих;

$f_y = 10 \dots 20$ удельная площадь на одного производственного рабочего (для мелких ЭРЦ - $f_y = 20 \text{ м}^2$ на одного рабочего, для крупных ЭРЦ - $f_y = 16 \text{ м}^2$, для ЭРЗ - 10 м^2 на одного рабочего).

На втором этапе суммарную площадь распределяют между отделениями, участками, бытовыми площадями и т.д. При этом рекомендуется пользоваться данными табл. 2.2. Для более точного распределения необходимо учитывать площади, занятые технологическим оборудованием; номенклатуру ремонтного фонда и особенности технологического процесса.

Таблица 2.2.

Рекомендуемые площади участков предприятия

Наименование участка	Площадь в долях от общей
Разборочный	0,15...0,20
Сборочный	0,10...0,20
Слесарно-механический	0,07...0,10
Обмоточный	0,10...0,30
Пропитки и сушки	0,02...0,03
Испытательный	0,04...0,08
Аккумуляторная, АТЭ и т.п.	0,03...0,04
Склады (всего)	0,04...0,05

Дополнительно определяют площади бытовых помещений. Расчёт этих помещений производят по удельной норме на одного работника: для комнат ИТР - 5 м^2 на человека, комнат СКП – 3, гардеробных помещений – 0,2, под умывальники – 0,05. Душевые помещения выбирают из расчета 1 м^2 на 15, а туалетные – $2,5 \text{ м}^2$ на 25 рабочих.

Вопросы для самоконтроля

- 1.Методика расчета годового ремонтного фонда предприятия.
- 2.Перевод ремонтного фонда в У.Е.Р.
- 3.Типы электроремонтных предприятий.
- 4.Что называется тактом ремонта предприятия.
- 5.Объяснить понятие фронт ремонта предприятия.
- 6.Как определяют общую площадь ЭРП.
- 7.Как определяют площади отдельных участков предприятия.

Список литературы

а) Основная литература

- 1.Атабеков, В.Б. Ремонт трансформаторов и электрических машин [Текст] : учеб. пособие / В.Б. Атабеков – М.: Высшая школа, 2010. – 340с.: ил. – 150 экз. – ISBN 978-985-6847-57-1/.

2. Сердешнов А.П. Ремонт электрооборудования [Текст] : учеб. пособие / А.П. Сердешнов – М.: ИВЦ Минфина, 2011. – 296с.: ил. – 100 экз. – ISBN 978-985-6447-57-1.
3. Виноградов, Н.В. Обмотки электрических машин [Текст] : учеб. пособие / Н.В. Виноградов. – М.: Высшая школа, 2010. – 336 с.: ил. 100 экз. – ISBN 28304431.
4. Жерве, Г.К. Расчет асинхронного двигателя при перемотке [Текст] : учеб. пособие / Г.К Жерве – М.: Энергия, 2011. – 400с.: ил. 200 экз. – ISBN 5-7688 06 90/
5. Ванурин, В.Н. Обмотки асинхронных двигателей [Текст] : учеб. пособие / В.Н. – М.: Энергия, 2011. – 126с.: ил. 100 экз. – ISBN 978-5-9696003-2-4/

б) Дополнительная литература

1. Ерошенко, Г.П. Эксплуатация энергооборудования сельскохозяйственных предприятий [Текст] : учеб. / Г.П. Ерошенко, Ю.А. Медведько, М.А. Таранов – Ростов-на-Дону: НПК «Гефест», 2006. - 590с.: ил. – 1000 экз. – ISBN 5-87442-230-7.
 2. Тембель, П.В., Геращенко Г. В. Справочник по обмоточным данным электрических машин и аппаратов [Текст] : учеб. пособие / П.В Тембель, Г.В. Геращенко. – Киев.: Техніка, 2003. – 186с.
 3. Кузнецов, Н.Л. Надёжность электрических машин [Текст] учеб. пособие / Н.Л. Кузнецов - М.: Изд-во МЭН, 2006-203с.
 4. Гаскаров, Д.В. Прогнозирование технического состояния и надёжности электронной аппаратуры [Текст] учеб. пособие. / Д.В. Гаскаров - М.: Изд-во Высшая школа, 2004-188с.
 5. Корчемный, Н.А. Повышения надёжности электрооборудования в сельском хозяйстве [Текст] учеб. пособие / Н.А. Корчемный – Киев.: Техніка 2007-114с.
- в) Базы данных, Информационно – справочные и поисковые системы, Агропоиск, полнотекстовая база данных иностранных журналов Doal, поисковые системы Rambler, Yandex, Google:
- Электронная библиотека СГАУ – <http://libaru.sgay.ru>
<http://www.gosthelp.ru/>
<http://snipov.net/>
[http://www.master.donntu.edu.ua.](http://www.master.donntu.edu.ua)
<http://www.cfin.ru/>

ЛЕКЦИЯ 3 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ОБМОТОК

Электрический расчет обмоток направлен на определения номинальной мощности двигателя. Предварительно выполняют поверочный расчет магнитной индукции в воздушном зазоре, зубцах статора и ротора; спинки статора и ротора. Затем сравнивают полученные значения с допустимыми нормами.

3.1 ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ МАГНИТНЫХ НАГРУЗОК

Расчет выполняют путем последовательного приближения. Руководствуясь данными табл. 3.1, задаются значением индукции в воздушном зазоре B_δ и рассчитывают магнитный поток Φ в воздушном зазоре и значение индукции в зубцах B_{z1} , B_{z2} в спинке статора и ротора B_{cc} , B_{cp} . Выбор магнитной в воздушном зазоре является ответственным этапом расчета. При больших значениях B_δ потери в стали сильно возрастают и приводит к ухудшению энергетических характеристик машины: к.п.д., и $\cos\phi$. С другой стороны, при малых значениях происходит уменьшение максимального момента двигателя и его перегрузочной способности из-за увеличения индуктивного сопротивления рассеяния.

Таблица 3.1

Электромагнитные нагрузки для двигателя серии 4А

Наименование	Обозначения	Единицы измерения	Номинальная мощность, кВт		
			до 1,0	1,0-10	10-100
1	2	3	4	5	6
Индукция в воздушном зазоре	В	Тл	0,3-0,6	0,6-0,8	0,8-0,9
Индукция в зубца статора	В	Тл	1,3-1,6	1,4-1,6	1,4-1,8
Индукция в спинке статора	В		1,1-1,5	1,2-1,6	1,3-1,6
Индукция в зубцах ротора	В		1,2-1,5	1,3-1,6	1,5-1,9
Индукция в спинке ротора	В		1,0-1,5	1,1-1,5	1,2-1,6
Плотность тока		А/мм ²	6-8	4-6	3-5
Линейная нагрузка	А	А/см	100-250	250-400	400-500
Ток холостого хода		%	40-60	30-50	20-40

Магнитный поток в воздушном зазоре, Вб

$$\Phi = d_\delta \cdot B_\delta \cdot \tau \cdot l_1 \cdot 10^{-6},$$

где $d_\delta = 0,65 - 0,75$ – коэффициент полюсного деления

B_δ - магнитная индукция в зубцах статора, Тл

В машине с приведенной в работе формой паза сечения зубца по его высоте не остается постоянной. Там, где сечение меньше (у основания паза) – индукция больше, наоборот, где больше сечение (у воздушного зазора) – индукция меньше. Поэтому определяется среднее значение индукции по высоте зубца.

$$B_{z1} = B_\delta \frac{t_1 \cdot l_1}{b_{cpz1} \cdot l_0}$$

где – зубцовые деления статора; l_0 – длина активной стали статора.

Магнитная индукция в спинке статора, Тл

$$B_{cc} = \frac{\Phi}{2S_{cc} \cdot 10^{-6}}$$

Магнитный поток в спинке ротора делится на две части: одна половина потока через воздушный зазор замыкается по участку спинки статора, приходящаяся на одну пару полюсов, а другая половина на другую пару полюсов. Поэтому при определении индукции в спинке статора учитывается две ее площади. При этом считаем, что поток по всему сечению спинки статора распределяется равномерно.

Магнитная индукция в спинке ротора, Тл

$$B_{cp} = \frac{\Phi}{2S_{cp} \cdot 10^{-6}}$$

где S_{cp} - площадь спинки ротора.

Полученные значения индукции по участкам магнитной цепи сравнивают с нормативными данными табл 3.1. Если на каком-то участке индукция не укладывается в допустимые нормы, необходимо выбрать другое значение индукции в воздушном зазоре B_δ и повторить расчет до тех пор, пока индукция на всех участках не будет отличаться от значений, приведенных в таблице 5.1.

3.1.1 ВЫБОР ТИПА ОБМОТОК

Обмотка машин переменного тока классифицируется по ряду признаков:

- применению – обмотки статора и ротора;
- расположение в пазах – однослойные и двухслойные;
- форме катушек – концентрические и равнокатушечные;
- форме лобовых частей – двухполюсные, трехполюсные;
- форме сечения провода – мягкие (всыпные из круглого провода) и расположению выводов катушек – петлевые и волновые;
- шагу обмотки – с диаметрными, укороченными и удлиненными шагами;
- числу пазов на полюс и фазу – с целым и дробным.

Тип обмотки зависит в основном от номинального напряжения и мощности двигателя.

В электрических двигателях серии 4А мощностью до 11 кВт используются однослойные концентрические обмотки, а в остальных двигателях применяют двухслойную обмотку с укороченным шагом.

3.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБМОТОЧНЫХ ДАННЫХ ДВИГАТЕЛЯ

Число витков в фазе

Число последовательно соединенных витков в фазной обмотке определяется величиной подводимого у двигателя фазного напряжения U_ϕ и величиной потока Φ , создаваемого в двигателе рассчитываемой обмоткой:

$$W = \frac{E}{4,44 \cdot f K_{o\phi} \Phi} = \frac{K_e \cdot U_\phi}{222 \cdot K_{o\phi} \cdot \Phi}$$

Относительная величина ЭДС K_e зависит от габарита и мощности двигателя, от типа обмотки, степени насыщения магнитной цепи и составляет $K_e=0,90-0,98$

$K_{об} = K_y \cdot K_p = \sin\left(\frac{y}{\tau} \cdot 90\right) \frac{\sin \frac{\alpha \cdot q}{2}}{q \sin \frac{\alpha}{2}}$ - обмоточный коэффициент, где K_y – коэффициент укорочения; K_p – коэффициент распределения.

Обычно однослойные concentрические обмотки выполняют диаметральным шагом ($K_y=1$). В этих обмотках шаг обмотки равен полюсному делению ($y=\tau$). Шаг двухслойной обмотки выбирается, как правило, укороченным, то есть меньше диаметального. Величина шага составляет при $2p=4$ и более примерно 80% от диаметального ($y = 0,8\tau$), а для двухполюсных обмоток – 56 до 75% от диаметального ($y=(0,56-0,75)\tau$).

$$\tau = \frac{Z_1}{2p} \text{ – полюсное деление}$$

$$q = \frac{Z_1}{2pm} \text{ – число пазов на полюс и фазу}$$

$$\alpha = \frac{360 p}{Z_1} \text{ – угол, приходящийся на один паз, в град.}$$

Число проводников в одном пазу

$$n_{пр} = \frac{2mw}{Z_1}$$

Сечение изолированного провода, мм²

$$q_{из} = \frac{S_{пс} K_{зп}}{n_{пр}}$$

где $K_{зп}$ – коэффициент заполнения проводниками площади пазы

Проводники, заложенные в паз, располагаются по его сечению неравномерно, оставляя незаполненные пространства. Критерием использования площади пазы служит коэффициент $K_{зп}$. Он зависит от конструкции пазовой изоляции, применяемых изоляционных материалов, типа обмотки и т.д.

Коэффициент заполнения площади пазы однослойных обмоток изменяется от 0,4 до 0,43 для двухслойных обмоток от 0,37 до 0,40

Диаметр изолированного провода обмотки, мм

$$d_{из} = 1,44 \sqrt{q_{из}}$$

Диаметр голого провода, мм

$$d_r' = d_{из} - A_{из},$$

где $A_{из}$ – двухсторонняя толщина изолированного.

$A_{из} = 0,06 - 0,13$ для проводов марки ПЭВТД, ПЭТВ.

Наибольший диаметр изолированного проводника, используемого в современных двигателях, равен 2,50 мм. В том случае, когда расчетное сечение проводника и его диаметр $d_{из}$ превышает максимальное значение проводника, катушки фазных обмоток наматывают из нескольких параллельных проводников. При этом сумма сечений проводников должна равняться примерно расчетному сечению провода.

По величине d_r' из справочника выбирают ближайший стандартный провод и записывают его данные (d_r, q_r).

3.2.1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАСПОРТНЫХ ДАННЫХ ДВИГАТЕЛЯ

При известном сечении голого провода q_r сила номинального фазного тока определяется по допустимой плотности тока j :

$$I_{\phi} = q_r \cdot j, \text{ А}$$

Величина допустимой плотности тока имеет вполне определенные пределы и зависит от мощности и типа двигателя. С целью уменьшения потерь в меди и увеличения к.п.д. желательно выбирать меньшее значение плотности тока. Однако, при малых j увеличивается расход меди и уменьшается мощность при тех же габаритах машины.

С другой стороны, большее значение j приводит к перегреву обмотки и выходу из строя.

Оптимальная плотность тока приведена в таблице 5.1

Номинальная мощность на валу двигателя, кВт

$$P_{2H} = \sqrt{3} \cdot U_H \cdot I_H \cdot \eta \cdot \cos\varphi \cdot 10^{-3}$$

где U_H - линейное номинальное значение, В;

I_H - линейное значение силы тока, А; ($I_H = I_\Phi$ при соединении обмоток звездой); η и $\cos\varphi$ выбирают по предполагаемому типу двигателя (пункт 5.2.1).

Полученное значение сравнивают с ранее рассчитанной мощностью, определенной по геометрическим размерам (пункт 2.3) и принимают окончательное решение.

3.3 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАСЧЕТ ОБМОТОК

Если электрический расчет обмоток направлен на определение мощностей двигателя, то конструкторский расчет имеет цель решения конструктивных задач, а именно, определить геометрические размеры катушек, выбирать пазовую изоляцию и составить схему обмотки, а затем в ремонтных условиях приступить к укладке катушек и соединить обмотки в схему.

3.3.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ КАТУШЕК И МАССЫ ОБМОТКИ

.....Число катушек

$$n_{kam} = \frac{Z_1}{2} - \text{для однослойной обмотки}$$

$$n_{kam} = Z_1 - \text{для двухслойной обмотки}$$

Число витков в катушке

$$W_{kam} = \frac{3w}{n_{kam}},$$

где w - число витков в фазе

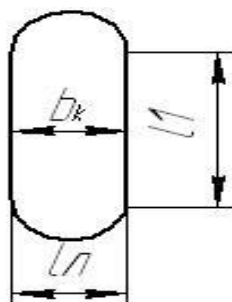


Рис.3.1 Геометрические размеры катушки

Средняя ширина катушки

$$b_k = \frac{\pi(D_{BH} + h_{z1})}{2p} \cdot \frac{y}{\tau}$$

Длина лобовой части

$$l_n = 30 + \text{КВК}$$

Коэффициент К выбирают из таблицы.

2р	2	4	6	8
К	1,2	1,3	1,4	1,5

Средняя длина витка

$$l_{\text{ВИТ}} = 2(l_1 + l_{\text{л}})$$

Масса меди в обмотках статора

$$G_{\text{м}} = 8,9 \cdot q_r \cdot l_{\text{ВИТ}} \cdot n_{\text{пр}} \cdot Z_1 \cdot 10^{-6}$$

3.3.2 ВЫБОР ПАЗОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ

Применение того или иного вида изоляции зависит главным образом от номинального напряжения, от назначения и условий работы машины. Для двигателей мощностью до II кВт выбирают изоляцию, соответствующую классу нагревостойкости В (допустимая рабочая температура до 130 С°), а для двигателей мощностью выше II кВт - изоляция соответствующая классу нагревостойкости (допустимая рабочая температура до 155 С°).

Конструкция пазовой изоляции однослойных и двухслойных обмоток двигателей серии 4А показаны на рис 3.3, а используемые при этом изоляционные материалы приведены в таблице 1.

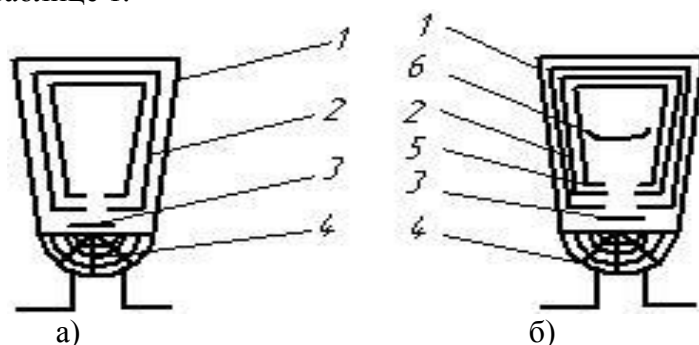


Рис.3.3 Конструкция пазовой изоляции: а - однослойной обмотки; б - двухслойной обмотки; 1,2,5 / пазовая изоляция; 3 - изоляционная прокладка; 4 - изоляционный клин; 6 — катушечная прокладка;

Таблица 3.2

Пазовая изоляция однослойных и двухслойных обмоток

Позиция на рис.	Тип обмотки	
	однослойная	двухслойная
1	Стеклоткань	Электрокартон
2	Гибкий стекломиканит	Гибкий слюдинит
3	Стеклотекстолит	Стеклотекстолит
4	Клин из тексолита	Клин из текстолита
5	-	Стеклоткань, стеклолакоткань
6	-	Лакостеклослюдопласт

3.3.3. СОСТАВЛЕНИЕ СХЕМЫ ОБМОТКИ

Для составления схемы обмотки предварительно определяют основные параметры обмотки. Основными параметрами однослойной являются:

$p = p$ - число катушечных групп в каждой фазе,

$q = \frac{Z_1}{2p \cdot m}$ - число катушек в катушечной группе,

$\tau = \frac{Z_1}{2p}$ - полюсное деление,

$y = 2(q + N) - 1$ - шаг катушки; где N - порядковый номер катушки,

$\alpha = \frac{360 \cdot p}{Z_1}$ - угол между соседними пазами, в град.

Угол между началами катушечных групп составляет 360° .

Основными параметрами двухслойной обмотки являются:

$p = 2p$ - катушечных групп в каждой фазе,

$q = \frac{Z_1}{2p \cdot m}$ - число катушек в катушечной группе,

$\tau = \frac{Z_1}{2p}$ - полюсное деление,

$y = \beta \cdot \tau$ - шаг укорочения; где β - коэффициент укорочения,

$\alpha = \frac{360 \cdot p}{Z_1}$ - угол между соседними пазами, в град.

Угол между началами катушечных групп составляет 180° .

После определения основных параметров для выбранного типа обмотки вычерчивают развернутую схему обмотки, которая дает наглядное представление о соединении отдельных катушек и катушечных групп, Целесообразно каждую фазу схемы вычертить своим цветом. На листе со схемой затем необходимо привести основные ее параметры и данные обмотки: $n_{\text{кат}}$, p , q , τ , y , α .

Более подробно об основных параметрах и способах составления схем обмоток приведено / 2 /.

Вопросы для самоподготовки

1. Выбор индукции в воздушном зазоре двигателя.
2. Расчет магнитной индукции на остальных участках магнитной цепи.
3. Как определяют обмоточные данные двигателя.
4. Выбор оптимального значения плотности тока.
5. Объяснить выбор геометрических размеров катушек обмотки.
6. Как выбирают пазовую изоляцию двигателя.

Список литературы

а) Основная литература

1. Атабеков, В.Б. Ремонт трансформаторов и электрических машин [Текст] : учеб. пособие / В.Б. Атабеков – М.: Высшая школа, 2010. – 340с.: ил. – 150 экз. – ISBN 978-985-6847-57-1/.
2. Сердешнов А.П. Ремонт электрооборудования [Текст] : учеб. пособие /А.П. Сердешнов – М.: ИВЦ Минфина, 2011. – 296с.: ил. – 100 экз. – ISBN 978-985-6447-57-1.
3. Виноградов, Н.В. Обмотки электрических машин [Текст] : учеб. пособие / Н.В. Виноградов. – М.: Высшая школа, 2010. – 336 с.: ил. 100 экз. – ISBN 28304431.
4. Жерве, Г.К. Расчет асинхронного двигателя при перематке [Текст] : учеб. пособие / Г.К Жерве – М.: Энергия, 2011. – 400с.: ил. 200 экз. – ISBN 5-7688 06 90/
5. Ванурин, В.Н. Обмотки асинхронных двигателей [Текст] : учеб. пособие / В.Н. – М.: Энергия, 2011. – 126с.: ил. 100 экз. – ISBN 978-5-9696003-2-4/

б) Дополнительная литература

1.Ерошенко, Г.П. Эксплуатация энергооборудования сельскохозяйственных предприятий [Текст] : учеб. /Г.П. Ерошенко, Ю.А. Медведько, М.А. Таранов – Ростов-на-Дону: НПК «Гефест», 2006. - 590с.: ил. – 1000 экз. – ISBN 5-87442-230-7.

2.Тембель, П.В., Геращенко Г. В. Справочник по обмоточным данным электрических машин и аппаратов [Текст] : учеб. пособие /П.В Тембель, Г.В. Геращенко. – Киев.: Техніка, 2003. – 186с.

3.Кузнецов, Н.Л. Надёжность электрических машин [Текст] учеб. пособие / Н.Л. Кузнецов - М.: Изд-во МЭН, 2006-203с.

4. Гаскаров, Д.В. Прогнозирование технического состояния и надёжности электронной аппаратуры [Текст] учеб. пособие. /Д.В. Гаскаров - М.: Изд-во Высшая школа, 2004-188с.

5. Корчемный, Н.А. Повышения надёжности электрооборудования в сельском хозяйстве [Текст] учеб. пособие /Н.А. Корчемный – Киев.: Техніка 2007-114с.

в) Базы данных, Информационно – справочные и поисковые системы, Агропоиск, полнотекстовая база данных иностранных журналов Doal, поисковые системы Rambler, Yandex, Google:

Электронная библиотека СГАУ – <http://libaru.sgau.ru>

<http://www.gosthelp.ru/>

<http://snipov.net/>

[http://www.master.donntu.edu.ua.](http://www.master.donntu.edu.ua)

<http://www.cfin.ru/>

ЛЕКЦИЯ 4

ЧАСТНЫЕ СЛУЧАИ ПЕРЕСЧЕТА ОБМОТОК АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

В условиях выполнения капитального ремонта электродвигателей, по требованию заказчика приходится выполнить капитальный ремонт двигателя с другими техническими данными, отличными от паспортных данных. Например, изменить величину питающего номинального напряжения или частоту вращения ротора и т. д. В этих случаях возникает необходимость пересчета двигателя на новые (измененные) технические параметры. Приведенный ниже материал не входит в объем выполнения курсовой работы, он направлен на помощь специалистам, занимающимся капитальным ремонтом электрооборудования.

4.1 ПЕРЕСЧЕТ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ НА ДРУГОЕ НАПРЯЖЕНИЕ

Для пересчета двигателя на другое напряжение приняты следующие условные обозначения: основные параметры двигателя до пересчета обозначены индексом «С», а после пересчета – индексом «Н».

Основным условием пересчета являются сохранение неизменными следующих параметров двигателя:

$B_{\delta H} = B_{\delta C}$ – индукция в воздушном зазоре, Тл;

$P_H = P_C$ – номинальная мощность двигателя, кВт;

$n_H = n_C$ – частота вращения ротора, об/мин;

$f_H = f_C$ – частота питающего напряжения, Гц;

$U_H \neq U_C$ – питающее напряжение, В.

Из уравнения ЭДС вытекает, что при пересчете обмоток на другое напряжение требуется изменить число эффективных проводников в пазу машины и их сечение. При этом мощность двигателя при сохранении неизменным коэффициента заполнения паза остается прежней.

Из уравнения ЭДС получим новое число витков в фазе двигателя:

$$U_H = 4,44 \cdot f_H \cdot W_H \cdot B_{\delta H} \cdot \Pi_r \cdot k_{об}$$

$$U_C = 4,44 \cdot f_C \cdot W_C \cdot B_{\delta C} \cdot \Pi_r \cdot k_{об}$$

где Π_r – площадь полюсного деления; $k_{об}$ – обмоточный коэффициент.

$$\frac{U_I}{U_{\tilde{H}}} = \frac{W_I}{W_{\tilde{H}}}, W_I = W_{\tilde{H}} \frac{U_I}{U_{\tilde{H}}}$$

Если после пересчета число витков в фазе увеличится, а размеры паза остаются прежними, то обмотка в пазах статора не уместится. В этом случае необходимо изменить сечение и диаметр обмоточного провода.

$$q_I = q_{\tilde{H}} \frac{U_{\tilde{H}}}{U_I}; d_I = d_{\tilde{H}} \sqrt{\frac{U_{\tilde{H}}}{U_I}},$$

где q_H и q_C – соответственно новое и старое сечение провода, мм²; d_H и d_C – диаметр нового и старого провода, мм.

Размеры и число катушек при пересчете остаются неизменными.

4.2 ПЕРЕСЧЕТ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ НА ДРУГУЮ ЧАСТОТУ ВРАЩЕНИЯ

Пересчет двигателя на другую частоту вращения требует изменения числа витков в катушках, изменение числа полюсов машины, что, в свою очередь, приводит к изменению магнитной индукции в спинке статора. При этом значение индукции может оказаться недопустимо большим, и вследствие этого сталь машины перегреется.

При уменьшении частоты вращения индукция может оказаться очень малой, что ведет к недоиспользованию активной стали двигателя. Для сохранения магнитной индукции в статоре в определенных пределах обмотки на другую частоту вращения в формулу вводят поправочный коэффициент $k=0,85\dots 0,65$.

Чем больше значительна разница между старой и новой частотой вращения, тем меньшим принимается значение поправочного коэффициента.

При переводе двигателя на повышенную частоту вращения новое число проводов в пазу и их сечение определяют из следующих выражений:

$$N_{\dot{I}} = N_{\dot{n}\dot{o}} \frac{n_{\dot{n}\dot{o}}}{k \cdot n_{\dot{I}}}; q_{\dot{I}} = q_{\dot{n}\dot{o}} \frac{k \cdot n_{\dot{I}}}{n_{\dot{n}\dot{o}}}$$

где $n_{ст}$ и n_n – старая и новая синхронная частоты

Пренебрегая некоторым увеличением механических потерь машины за счет повышения её частоты вращения, можно определить новое значение мощности из выражения:

$$P_{\dot{I}} = P_{\dot{n}\dot{o}} \frac{k \cdot n_{\dot{I}}}{n_{\dot{n}\dot{o}}}$$

При уменьшении частоты вращения двигателя новое число проводов в пазу и их сечение определяются из выражений:

$$N_{\dot{I}} = N_{\dot{n}\dot{o}} \frac{n_{\dot{n}\dot{o}}}{k \cdot n_{\dot{I}}}; q_{\dot{I}} = q_{\dot{n}\dot{o}} \frac{k \cdot n_{\dot{I}}}{n_{\dot{n}\dot{o}}}$$

Пренебрегая уменьшением механических потерь, новое значение мощности:

$$P_n = P_{cm} \frac{n_n}{k \cdot n_{cm}}$$

При изменении частоты вращения машины изменяются размеры катушек и число катушечных групп.

Новый шаг обмотки и число пазов на полюс и фазу определяют по следующим формулам:

$$y_n = y_{cm} \frac{n_n}{n_{cm}}; q_2 = q_1 \frac{n_n}{n_{cm}},$$

где q_1 и q_2 – соответственно старое и новое число пазов на полюс и фазу.

Приведенная методика пересчета машин на другую частоту вращения применима и для машин постоянного тока, включая пересчет обмотки, последовательный обмотки возбуждения и обмоток дополнительных полюсов. поскольку в машинах постоянного тока при изменении частоты вращения значение магнитного потока сохраняется прежним, вводить поправочный коэффициент $0,85\dots 0,65$ не требуется.

4.3 ПЕРЕСЧЕТ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ НА ДРУГУЮ ЧАСТОТУ СЕТИ

При этом могут быть два случая:

- изменение частоты сети не сопровождается изменением числа полюсов;
- изменение частоты сети связано с изменением числа полюсов.

В первом случае частота вращения машины изменяется пропорционально частоте сети, во втором случае частота вращения машины остается без изменения.

Число проводов в пазу и их сечение после пересчета определяют из следующих выражений:

$$N_n = N_{cm} \frac{f_{cm}}{f_n}, q_n = q_{cm} \frac{f_n}{f_{cm}},$$

где f_{cm} и f_n – старое и новое значение частоты.

При переводе машины на другую частоту сети изменяются потери в стали машины. Изменения этих потерь трудно определить. В этих условиях мощность машины изменяется пропорционально изменению частоты сети.

Если пересчет не сопровождается изменением числа полюсов машины то число катушечных групп и их размеры после пересчета сохраняют прежними.

При пересчете, связанном с изменением числа полюсов машины, число катушечных групп и их размеры изменяют:

$$y_n = y_{cm} \frac{f_{cm}}{f_n}; q_2 = q_1 \frac{f_{cm}}{f_n}$$

где y_{cm} и y_n – соответственно старый и новый шаг обмотки; q_1 и q_2 – старое и новое число пазов на полюс и фазу машины.

После перевода машины на другую частоту сети измениться ее к.п.д. и $\cos\phi$. Их новые значения можно определить при послеремонтных испытаниях машины.

4.4 ПЕРЕСЧЕТ МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА ИЗ РЕЖИМА ДВИГАТЕЛЯ В РЕЖИМ ГЕНЕРАТОРА

Для получения номинального напряжения генератора нужно увеличить частоту вращения машины или, что обычно нежелательно, число витков обмотки якоря:

$$n_{\tilde{a}} = n_{\tilde{a}} \frac{U_{\tilde{a}} + \Delta U}{U_{\tilde{a}} + \Delta U} \quad \text{или} \quad N_{\tilde{a}} = N_{\tilde{a}} \frac{U_{\tilde{a}} + \Delta U}{U_{\tilde{a}} + \Delta U}$$

где n_g и n_d – соответственно частота вращения генератора и двигателя; U_g и U_d – номинальное напряжение генератора и двигателя (например, 230 и 220 В); ΔU падение напряжения в цепи якоря генератора(двигателя);

$$\Delta U(\%) = \frac{\Delta U}{U_{\tilde{a}}} \cdot 100 = (2...10)\%$$

Чем выше мощность машин, тем меньше значение $\Delta U(\%)$; N_n и N_{cm} – соответственно новое и старое число проводников в пазу машины.

Приблизенно пересчет можно выполнять по следующим формулам:

$$n_g = (1,4...1,25)n_d \quad \text{или} \quad N_n = (1,4...1,25)N_{cm}$$

Чем выше мощность машин, тем требуется меньше увеличение частоты вращения или числа проводников.

Мощность машин при переходе на другой режим работы изменяется в такт зависимости:

$$P_g = P_d \frac{n_g}{n_d},$$

где P_g и P_d – Соответственно мощность генератора и двигателя.

Вопросы для самоподготовки

1. Объяснить пересчет асинхронного двигателя на другое напряжение.
2. Как пересчитывают двигатель на другую частоту вращения .
3. Объяснить пересчет двигателя на другую частоту сети.
4. Как пересчитывают машину постоянного тока из режима двигателя в режим генератора.

Список литературы

а) Основная литература

1. Атабеков, В.Б. Ремонт трансформаторов и электрических машин [Текст] : учеб. пособие / В.Б. Атабеков – М.: Высшая школа, 2010. – 340с.: ил. – 150 экз. – ISBN 978-985-6847-57-1/.
2. Сердешнов А.П. Ремонт электрооборудования [Текст] : учеб. пособие /А.П. Сердешнов – М.: ИВЦ Минфина, 2011. – 296с.: ил. – 100 экз. – ISBN 978-985-6447-57-1.
3. Виноградов, Н.В. Обмотки электрических машин [Текст] : учеб. пособие / Н.В. Виноградов. – М.: Высшая школа, 2010. – 336 с.: ил. 100 экз. – ISBN 28304431.
4. Жерве, Г.К. Расчет асинхронного двигателя при перемотке [Текст] : учеб. пособие / Г.К Жерве – М.: Энергия, 2011. – 400с.: ил. 200 экз. – ISBN 5-7688 06 90/
5. Ванурин, В.Н. Обмотки асинхронных двигателей [Текст] : учеб. пособие / В.Н. – М.: Энергия, 2011. – 126с.: ил. 100 экз. – ISBN 978-5-9696003-2-4/

б) Дополнительная литература

1. Ерошенко, Г.П. Эксплуатация энергооборудования сельскохозяйственных предприятий [Текст] : учеб. /Г.П. Ерошенко, Ю.А. Медведько, М.А. Таранов – Ростов-на-Дону: НПК «Гефест», 2006. - 590с.: ил. – 1000 экз. – ISBN 5-87442-230-7.
2. Тембель, П.В., Геращенко Г. В. Справочник по обмоточным данным электрических машин и аппаратов [Текст] : учеб. пособие /П.В Тембель, Г.В. Геращенко. – Киев.: Техніка, 2003. – 186с.
3. Кузнецов, Н.Л. Надёжность электрических машин [Текст] учеб. пособие / Н.Л. Кузнецов - М.: Изд-во МЭН, 2006-203с.
4. Гаскаров, Д.В. Прогнозирование технического состояния и надёжности электронной аппаратуры [Текст] учеб. пособие. /Д.В. Гаскаров - М.: Изд-во Высшая школа, 2004-188с.
5. Корчемный, Н.А. Повышения надёжности электрооборудования в сельском хозяйстве [Текст] учеб. пособие /Н.А. Корчемный – Киев.: Техніка 2007-114с.

в) Базы данных, Информационно – справочные и поисковые системы, Агропоиск, полнотекстовая база данных иностранных журналов Doal, поисковые системы Rambler, Yandex, Coogle:

Электронная библиотека СГАУ – <http://libaru.sgay.ru>

<http://www.gosthelp.ru/>

<http://snipov.net/>

[http://www.master.donntu.edu.ua.](http://www.master.donntu.edu.ua)

<http://www.cfin.ru/>

ЛЕКЦИЯ 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

5.1 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Асинхронные двигатели служат преобразователями электрической энергии в механическую и составляют основу электропривода большинства механизмов. Наибольшее распространение в сельском хозяйстве имеют асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором различных серий.

С 2005 г. выпускаются новые двигатели серии АИР, имеющие лучшие технико-экономические показатели по сравнению с двигателями серии 4А и предназначенные для их замены.

Серия АИР охватывает диапазон номинальных мощностей от 0,06 до 400 кВт и имеет 17 высот оси вращения от 50 до 355 мм. Предусмотрены три исполнения по степени механической защиты: 1Р44, 1Р23 и 1Р54.

Исполнение 1Р44 (закрытое обдуваемое) - двигатель закрыт от попадания внутрь посторонних тел диаметром 1 мм и более. Вода, разбрызгиваемая под любым углом к двигателю, не может оказать на него вредного воздействия.

Исполнение 1Р23 (защищенное) - двигатель защищен от попадания внутрь посторонних тел диаметром 12,5 мм и более. Вода, падающая в виде дождя под углом, равным или меньшим 60° к вертикали, не оказывает на двигатель вредного воздействия.

При исполнении 1Р54 двигатель защищен от проникновения пыли. Вода, разбрызгиваемая на изделие в любом направлении, не оказывает на двигатель вредного воздействия.

В серию АИР входят двигатели специализированного исполнения для сельского хозяйства (высота оси вращения 50-180 мм). Двигатели серии АИР сельскохозяйственного назначения выполнены мощностью до 30 кВт при синхронных частотах вращения 3000, 1500, 1000 об/мин на напряжение 380 В. Шкала мощностей соответствует основному исполнению электродвигателей серии 4А. Двигатели сельскохозяйственного назначения могут длительно работать при пониженном напряжении до 90 и 80 % от номинального значения со снижением мощности соответственно на 5 и 15 %.

В двигателях применены обмоточные и установочные провода, пропиточные и лакокрасочные материалы, антикоррозионные покрытия, стойкие к воздействию повышенной влажности, агрессивных сред животноводческих помещений, дезинфицирующих растворов и аэрозолей.

5.2 ТРЕБОВАНИЯ К ИСПРАВНОМУ ДВИГАТЕЛЮ

Строгое заключение об исправном состоянии двигателя делают на основе данных его контрольного испытания /1/. В ремонтной практике о состоянии двигателя судят по результатам осмотра и измерения его некоторых параметров.

К исправному двигателю предъявляются следующие основные требования:

Он должен быть укомплектован всеми деталями и узлами; на станине, подшипниковых щитах, корпусе и крышке вводного устройства, кожухе вентилятора не должно быть трещин, сколов и вмятин, а также повреждений лакокрасочного покрытия не должно быть обгорания контактных болтов клеммной панели вводного устройства должны иметь правильную маркировку выводные концы обмотки; не должно быть осевого смещения ротора и обрыва его стержней; сопротивление изоляции обмотки одной фазы относительно другой и относительно станины должно быть при рабочей температуре не менее 0,5 МОм; не должно быть замыкания обмотки на станину и между фазами, обрыва и межвиткового замыкания; сила тока холостого хода должна составлять 30...60 % от номинального, а неравномерность токов в отдельных фазах не должна превышать -5 % от их среднего арифметического значения; отклонения между наибольшим и наименьшим воздушным зазором от среднего арифметического значения воздушного зазора не должно превышать -10 %.

5.3 ТРЕБОВАНИЯ К ИСПРАВНЫМ ДЕТАЛЯМ И УЗЛАМ ДВИГАТЕЛЯ

Короткозамкнутый ротор. Исправный ротор не должен иметь излома и изгиба вентиляционных лопаток, а его вал - износа посадочных мест под подшипники,

конусности и овальности шеек, трещин, задиров и царапин шеек, ослабления прессовки пакета сердечника.

К эксплуатации допускаются валы, у которых радиальное биение концов не превышает 0,05 мм, а радиальное биение шеек вала около подшипников не превышает 0,02 мм.

Допустимая овальность шейки не должна превышать 0,014...0,026 мм, а конусность - 0,03 мм.

Подшипники выбраковывают при наличии трещин на кольцах, сепараторах и шариках; осевого и радиального зазоров; забоин или вмятин на поверхности сепаратора; цвета побежалости на поверхности колец, сепараторов, шариков; отпечатков шариков на дорожках качения; признаков шелушения поверхности дорожек качения.

Подшипниковые щиты не должны иметь сколов, трещин, износа посадочных мест под подшипники, повреждения резьб, нарушения лакокрасочных покрытий и т.д. Допустимый зазор между внешней обоймой подшипника и посадочным местом в подшипниковом щите составляет 0,06...0,1мм.

Статор. Обмотка статора не должна иметь обугливания изоляции, обрыва или ослабления бандажей лобовых частей обмотки, ослабления пазовых клиньев в пазах. Активная сталь статора не должна иметь коррозии, вмятин, ослабления запрессовки листов магнитопровода, следов задевания ротора за активную сталь статора.

5.4 МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ДВИГАТЕЛЯ

5.4.1. ПРОВЕРКА КОМПЛЕКТНОСТИ И СОСТОЯНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Комплектность, повреждение станины и подшипниковых щитов определяют требуемым по п. 11.2 и делают заключение о неисправности (исправности) двигателя.

5.4.2. ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ОБМОТКИ

Состояние изоляции обмоток двигателя проверяют мегомметром. До начала измерений следует убедиться в его исправности. Для этого прибор устанавливают в горизонтальное положение, замыкают зажимы мегомметра и вращают его ручку. У исправного прибора стрелка должна устанавливаться на нуль. Затем размыкают зажимы и продолжают вращать ручку мегомметра. Если стрелка устанавливается на отметку 'бесконечность', то это подтверждает исправность мегомметра.

Для измерения сопротивления изоляции обмотки один зажим мегомметра присоединяют к выводу обмотки фазы, а второй - к станине двигателя (в не закрашенном месте). Переключатель пределов измерения устанавливают на предел "МОм", после чего ручку мегомметра приводят во вращение со скоростью 120 об/мин. Счет показания по шкале прибора производят после того, как стрелка займет устойчивое положение.

Измерение следует производить отдельно для каждой фазы относительно станины и между обмотками разных фаз.

Сопротивление изоляции обмоток статора относительно станины и между фазами при рабочей температуре, соответствующей классу нагревостойкости изоляции, должно быть не менее значения, получаемого по выражению:

$$R_{из} = \frac{U}{1000 + 0.01P} \text{ МОм} \dots\dots\dots (5.1)$$

где U- номинальное напряжение двигателя, В; P - номинальная мощность, кВт.

Для двигателей с номинальным напряжением 380 В сопротивление изоляции обмоток должно быть не менее 0,5 МОм.

В случае измерения сопротивления изоляции при температуре ниже рабочей, полученное значение сопротивления изоляции по (5.1) следует удваивать на каждые 8-10 °С в 2 раза.

5.4.3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАМЫКАНИЙ И ОБРЫВОВ ОБМОТОК СТАТОРА

Указанные неисправности определяют при помощи мегомметра (можно пользоваться также омметром). Замыкания обмотки фазы на станину или на другую фазу выявляются при измерении сопротивления изоляции по п. 5.4.2. При наличии замыкания стрелка прибора будет находиться на нуле. Измерения выполняют для всех фаз.

Для определения обрыва обмотки фазы мегомметр присоединяют к ее выводам и выполняют измерение. При наличии обрыва мегомметр покажет значения, близкие к "бесконечности".

Витковые замыкания в обмотках статора определяют при опыте холостого хода.

5.4.4 МАРКИРОВКА ВЫВОДНЫХ КОНЦОВ ОБМОТКИ

Вводы обмоток двигателя размечают в два этапа.

На первом этапе мегомметром определяют принадлежность выводов к соответствующим фазам. С этой целью к мегомметру подключают один из шести выводов статорной обмотки двигателя. К другому зажиму мегомметра поочередно подключают каждый из оставшихся пяти выводов. В исправной обмотке два вывода принадлежат к одной фазе тогда, когда стрелка прибора будет находиться на нуле. Таким способом все выводы обмоток разделяются на три пары.

После попарной классификации концов фазных обмоток начинают второй этап - определение начал и концов обмоток. Для этого любой вывод одной из обмоток принимают за начало фазы и прикрепляют бирку С1. Конец этой фазы обозначают биркой С4 и соединяют с любым выводом другой фазы. На эти две последовательно соединенные фазы подают напряжение 220 В. К третьей фазе присоединяют вольтметр. Если первая и вторая фазы соединены между собой одноименными выводами, т.е. концами, то третья фаза не пересекается магнитным потоком от последовательно соединенных обмоток, как показано на рис. 5.1, а. Поэтому вольтметр, присоединенный к этой фазе, показывает нуль. Ввод второй обмотки, присоединенный к сети, будет началом С2, а вывод, присоединенный к первой обмотке - концом С5. Если фазы соединены разноименными выводами, т.е. конец - начало, то магнитный поток пересекает плоскость третьей обмотки (рис. 5.1, б). В ней наводится э.д.с. и это покажет вольтметр. Тогда вывод второй обмотки, присоединенный к сети, будет концом С5, а другой вывод этой обмотки - началом фазы С2.

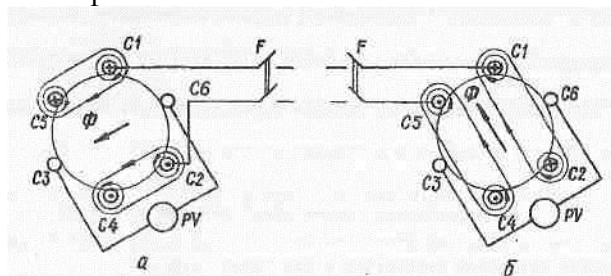


Рис 5.1. К определению начал и концов в трехфазной обмотке

затем ранее подключенную к вольтметру фазу соединяют последовательно с первой фазой, а ко второй подключают вольтметр и аналогично маркируют выводы третьей фазы. Найденные начала фаз обозначают С1, С2, С3, концы со- " соответственно С4, С5, С6.

5.4.5 ИЗМЕРЕНИЕ ТОКА ХОЛОСТОГО ХОДА

Ток холостого хода измеряют по схеме рис 5.2. К ненагруженному двигателю подводят номинальное симметричное напряжение. Двигатель должен проработать в течение 15 мин для прогрева подшипников. После этого измеряют токи по фазам и подводимое линейное напряжение между тремя фазами. По величине тока холостого хода можно обнаружить некоторые неисправности двигателя.

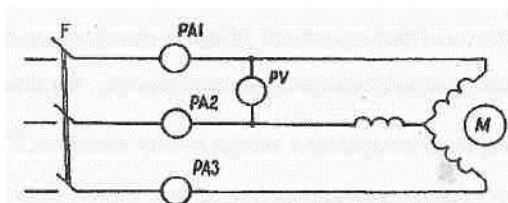
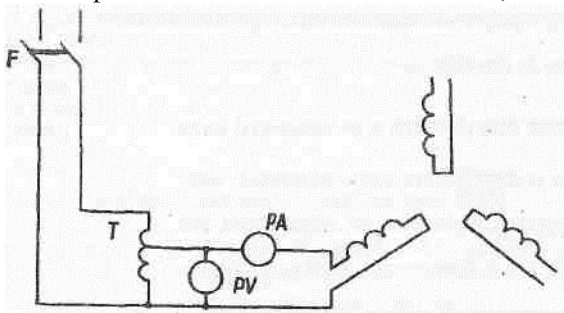


Рис.5.2 Схема измерения тока холостого хода двигателя

Повышенный ток холостого хода во всех фазах против допустимого указывает на увеличение воздушного зазора между статором и ротором или осевое смещение ротора. Большая неравномерность токов в отдельных фазах указывает на наличие виткового замыкания. При этом наибольший ток покажет амперметр, включенный в фазу с межвитковым замыканием.

5.4.6 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБРЫВА СТЕРЖНЕЙ КОРОТКОЗАМКНУТОГО РОТОРА

Для определения обрывов стержней ротора одну из фаз двигателя включают в сеть переменного напряжения (10...15 % от номинального) по схеме рис. 5.3 и медленно проворачивают вал ротора рукой. При этом следят за изменением тока в фазе. Если он остается неизменным, то обмотка ротора исправна.



5.3 Схема проверки целостности стержней короткозамкнутого ротора

Вопросы для самоподготовки

1. Методы определения неисправностей электродвигателя.
2. Методика определения неисправностей двигателя.
3. Как измеряется сопротивление изоляции двигателя.
4. Как определяют замыкания и обрывы обмоток статора.
5. Какие неисправности определяют по току холостого двигателя.

Список литературы

а) Основная литература

1. Атабеков, В.Б. Ремонт трансформаторов и электрических машин [Текст] : учеб. пособие / В.Б. Атабеков – М.: Высшая школа, 2010. – 340с.: ил. – 150 экз. – ISBN 978-985-6847-57-1/.
2. Сердешнов А.П. Ремонт электрооборудования [Текст] : учеб. пособие /А.П. Сердешнов – М.: ИВЦ Минфина, 2011. – 296с.: ил. – 100 экз. – ISBN 978-985-6447-57-1.
3. Виноградов, Н.В. Обмотки электрических машин [Текст] : учеб. пособие / Н.В. Виноградов. – М.: Высшая школа, 2010. – 336 с.: ил. 100 экз. – ISBN 28304431.

4. Жерве, Г.К. Расчет асинхронного двигателя при перемотке [Текст] : учеб. пособие / Г.К Жерве – М.: Энергия, 2011. – 400с.: ил. 200 экз. – ISBN 5-7688 06 90/
5. Ванурин, В.Н. Обмотки асинхронных двигателей [Текст] : учеб. пособие / В.Н. – М.: Энергия, 2011. – 126с.: ил. 100 экз. – ISBN 978-5-9696003-2-4.

б) Дополнительная литература

- 1.Ерошенко, Г.П. Эксплуатация энергооборудования сельскохозяйственных предприятий [Текст] : учеб. /Г.П. Ерошенко, Ю.А. Медведько, М.А. Таранов – Ростов-на-Дону: НПК «Гефест», 2006. - 590с.: ил. – 1000 экз. – ISBN 5-87442-230-7.
- 2.Тембель, П.В., Геращенко Г. В. Справочник по обмоточным данным электрических машин и аппаратов [Текст] : учеб. пособие /П.В Тембель, Г.В. Геращенко. – Киев.: Техніка, 2003. – 186с.
- 3.Кузнецов, Н.Л. Надёжность электрических машин [Текст] учеб. пособие / Н.Л. Кузнецов - М.: Изд-во МЭН, 2006-203с.
4. Гаскаров, Д.В. Прогнозирование технического состояния и надёжности электронной аппаратуры [Текст] учеб. пособие. /Д.В. Гаскаров - М.: Изд-во Высшая школа, 2004-188с.
5. Корчемный, Н.А. Повышения надёжности электрооборудования в сельском хозяйстве [Текст] учеб. пособие /Н.А. Корчемный – Киев.: Техніка 2007-114с.

в) Базы данных, Информационно – справочные и поисковые системы, Агропоиск, полнотекстовая база данных иностранных журналов Doal, поисковые системы Rambler, Yandex, Coogle:

Электронная библиотека СГАУ – <http://libaru.sgau.ru>

<http://www.gosthelp.ru/>

<http://snipov.net/>

[http://www.master.donntu.edu.ua.](http://www.master.donntu.edu.ua)

<http://www.cfin.ru/>

ЛЕКЦИЯ 6

ОБЪЕМ ПОСЛЕРЕМОНТНЫХ ИСПЫТАНИЙ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

6.1 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Важным условием для обеспечения высокого качества капитального ремонта двигателей является правильное проведение обязательных испытаний, которые могут быть разделены на три группы: предремонтные, операционные и послеремонтные (контрольные и типовые) испытания.

Предремонтные испытания проводят с целью определить, какие узлы и детали двигателя являются исправными, в каком объеме они подлежат ремонту, а в отдельных случаях - выявить исправные двигатели, которые поступили в ремонт по ошибке.

Предремонтные испытания включают измерения геометрических размеров узлов и деталей, механических вносов и отклонений (эксцентриситет, биение, конусность и т.д.), а также в необходимых случаях электрические испытания (измерение сопротивления изоляции, проверку электрической прочности изоляции, измерение сопротивления обмоток при постоянном токе) и проверку состояния сердечника статора {определение потерь в стали).

Операционные испытания служат для того, чтобы на различных стадиях ремонта определить качество работ, выявить неисправности и своевременно устранить их.

В объем операционных испытаний при капитальном ремонте входит испытание электрической прочности изоляции обмоток до и после укладки в пазы, а также после пайки и изолировки соединений. После пайки соединений производят проверку правильности схемы. После пропитки и сушки проверяют также значения сопротивлений изоляции всей обмотки относительно корпуса и между фазами обмотки.

Послеремонтные контрольные испытания проводят для всех электрических машин, отремонтированных без изменения мощности или частоты вращения (машины, у которых при ремонте сохранены электрические и магнитные нагрузки). Типовым испытаниям должны подвергаться машины, поступившие в ремонт без заводских щитков и выпущенные из ремонта с изменением мощности и частоты вращения.

В объем послеремонтных испытаний асинхронных двигателей после капитального ремонта входят:

- измерение сопротивления изоляции обмоток относительно корпуса двигателя и между обмотками (фазами);
- измерение сопротивлений обмоток при постоянном токе;
- обкатка двигателей на холостом ходу;
- определение тока и потерь холостого хода;
- определение тока и потерь короткого замыкания;
- испытание межвитковой изоляции обмоток на электрическую прочность;
- испытание изоляции обмоток относительно корпуса двигателя и между обмотками (фазами) на электрическую прочность.

В объем типовых испытаний асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором после капитального ремонта входят, кроме указанных выше послеремонтных испытаний, испытания на нагревание, на кратковременную нагрузку по току и испытание при повышенной частоте вращения (только при замене обмотки ротора).

Последовательность проведения испытания, указанная выше, не является обязательной. Однако в требованиях стандартов указывается, что испытанию изоляции обмоток на электрическую прочность относительно корпуса машины, между обмотками и между

витками должны предшествовать измерение сопротивления изоляции, определение тока и потерь короткого замыкания, а при типовых испытаниях - также испытание кратковременной перегрузкой по току. При типовых испытаниях, кроме того, испытания при повышенной частоте вращения должны проводиться непосредственно после испытания на нагревание.

6.2 ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ

Сопротивление изоляции измеряют мегомметром. До начала измерений следует убедиться в его исправности. Для этого прибор устанавливают в горизонтальное положение, замыкают зажимы мегомметра и вращают его ручку. У исправного прибора стрелка должна устанавливаться на нуль. Затем размыкают зажимы и продолжают вращать ручку мегомметра. Если стрелка устанавливается на отметку 'бесконечность'; то это подтверждает исправность мегомметра.

Для измерения сопротивления изоляции обмотки один зажим мегомметра присоединяют к выводу обмотки фазы, а второй к станине двигателя (в незакрашенном месте). Переключатель пределов измерения устанавливают на предел "МОм", после чего ручку мегомметра приводят во вращение со скоростью 120 об/мин. Счет показания по шкале прибора производят после того, как стрелка займет устойчивое положение.

Измерение следует производить отдельно для каждой фазы относительно станины и между обмотками разных фаз.

Сопротивление изоляции обмоток относительно корпуса двигателя и между обмотками (фазами) должно быть при рабочей температуре изоляции (70 °C) не менее значения, получаемого по формуле

$$R_{из} = \frac{U}{1000 + 0.01P} \text{ МОм}$$

где U - номинальное линейное напряжение машины, В; P - номинальная мощность машины, кВт.

Для двигателей с номинальным напряжением 380 В сопротивление изоляции обмоток должно быть не менее 0,5 МОм.

Если сопротивление изоляции измерено при температуре обмоток, ниже рабочей, то ее приводят к ней по формуле

$$R_{из} = \frac{20 * C * R_{из}}{t_0 - t_i},$$

где $R_{из}$ - сопротивление изоляции, приведенное к рабочей температуре, $R_{из}$ - сопротивление изоляции, полученное при измерении; t_i - температура обмоток (окружающей среды) при измерении; C - постоянная, зависящая от класса изоляции. Для машины до 1000 В принимают $C = 0,5$.

6.3 ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ОБМОТОК ПРИ ПОСТОЯННОМ ТОКЕ

Такое измерение преследует проверку целостности проводов, надежности и соответствия параметров обмотки требованиям технических условий

Сопротивления обмоток при постоянном токе измеряют по методу амперметра-вольтметра или электрическими мостами; в этой лабораторной работе - по методу амперметра-вольтметра (рис.6.1).

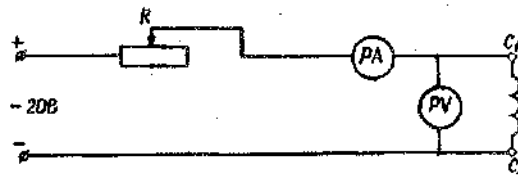


Рис.6.1. Схема измерения сопротивления обмоток при постоянном токе

Сопротивления измеряют при практически холодном состоянии обмоток (температура обмоток на должна отличаться от температуры окружающей среды более чем на 3 °С).

Сопротивление обмоток измеряют при неподвижном роторе. Если у двигателя начала и концы трех фаз выведены на клеммную панель, то измеряют сопротивления каждой фазы.

Величина постоянного тока, протекающего по обмотке, не должна превышать 20 % номинального тока машины. По измеренным значениям тока и напряжения сопротивление фазы обмотки определяют по следующему выражению:

$$R = \frac{U}{I - \frac{U}{R_{\text{вн}}}}$$

где U - измеренное напряжение, В; I - ток, проходящий через обмотку, А; $R_{\text{вн}}$ - внутреннее сопротивление вольтметра. Ом.

Когда внутреннее сопротивление вольтметра превосходит измеряемое сопротивление более чем в 100 раз, можно с достаточной точностью принять, что $K = U/I$.

Допустимое отклонение сопротивления фазы обмотки от расчетной не более + 2 %, а допустимая величина расхождения сопротивления отдельных фаз - не более 2 % среднего значения сопротивления фаз.

Отклонение фактического сопротивления от требуемого (расчетного) может быть вызвано ошибкой в выборе числа витков катушки или диаметра провода.

Разные значения сопротивлений отдельных фаз могут быть следствием многих причин - ошибок в схеме соединения катушек в катушечных группах, витковых замыканий и плохого качества паяк.

Вопросы для самоподготовки

1. Объем испытаний после капитального ремонта двигателя.
2. Как измеряют сопротивление изоляции двигателя.
3. Допустимые нормы изменения сопротивления изоляции.
4. Как измеряют сопротивление обмоток при постоянном токе.
5. Допустимые нормы отклонения сопротивления обмоток.

Список литературы

а) Основная литература

1. Атабеков, В.Б. Ремонт трансформаторов и электрических машин [Текст] : учеб. пособие / В.Б. Атабеков – М.: Высшая школа, 2010. – 340с.: ил. – 150 экз. – ISBN 978-985-6847-57-1/.
2. Сердешнов А.П. Ремонт электрооборудования [Текст] : учеб. пособие /А.П. Сердешнов – М.: ИВЦ Минфина, 2011. – 296с.: ил. – 100 экз. – ISBN 978-985-6447-57-1.
3. Виноградов, Н.В. Обмотки электрических машин [Текст] : учеб. пособие / Н.В. Виноградов. – М.: Высшая школа, 2010. – 336 с.: ил. 100 экз. – ISBN 28304431.
4. Жерве, Г.К. Расчет асинхронного двигателя при перемотке [Текст] : учеб. пособие / Г.К Жерве – М.: Энергия, 2011. – 400с.: ил. 200 экз. – ISBN 5-7688 06 90/
5. Ванурин, В.Н. Обмотки асинхронных двигателей [Текст] : учеб. пособие / В.Н. – М.: Энергия, 2011. – 126с.: ил. 100 экз. – ISBN 978-5-9696003-2-4/

б) Дополнительная литература

- 1.Ерошенко, Г.П. Эксплуатация энергооборудования сельскохозяйственных предприятий [Текст] : учеб. /Г.П. Ерошенко, Ю.А. Медведько, М.А. Таранов – Ростов-на-Дону: НПК «Гефест», 2006. - 590с.: ил. – 1000 экз. – ISBN 5-87442-230-7.
 - 2.Тембель, П.В., Геращенко Г. В. Справочник по обмоточным данным электрических машин и аппаратов [Текст] : учеб. пособие /П.В Тембель, Г.В. Геращенко. – Киев.: Техніка, 2003. – 186с.
 - 3.Кузнецов, Н.Л. Надёжность электрических машин [Текст] учеб. пособие / Н.Л. Кузнецов - М.: Изд-во МЭН, 2006-203с.
 4. Гаскаров, Д.В. Прогнозирование технического состояния и надёжности электронной аппаратуры [Текст] учеб. пособие. /Д.В. Гаскаров - М.: Изд-во Высшая школа, 2004-188с.
 5. Корчемный, Н.А. Повышения надёжности электрооборудования в сельском хозяйстве [Текст] учеб. пособие /Н.А. Корчемный – Киев.: Техніка 2007-114с.
- в) Базы данных, Информационно – справочные и поисковые системы, Агропоиск, полнотекстовая база данных иностранных журналов Doal, поисковые системы Rambler, Yandex, Cooogle:
- Электронная библиотека СГАУ – <http://libaru.sgay.ru>
<http://www.gosthelp.ru/>
<http://snipov.net/>
[http://www.master.donntu.edu.ua.](http://www.master.donntu.edu.ua)
<http://www.cfin.ru/>

ЛЕКЦИЯ 7

ИСПЫТАНИЕ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

7.1 ОБКАТКА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Цель - проверить работу подшипников двигателя. Проводят ее перед опытом холостого хода (рис.7.2). При обкатке двигатель должен проработать без нагрузки в течение времени, указанного ниже.

Мощность двигателя, кВт ...до 1 кВт	5 мин.
от 1 до 10	15 мин.
от 10 до 100	30 мин.

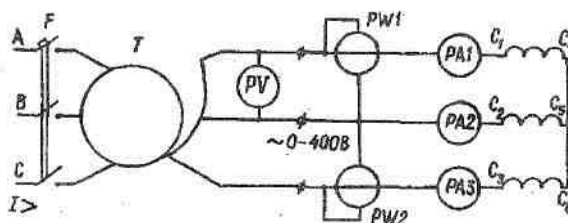


Рис. 7.2. Схема опыта холостого хода

Установившаяся температура подшипников качения не должна превышать 70 °С.

Если при обкатке двигателя выявляются шумы, стуки, недопустимое повышение температуры подшипников, сильная вибрация или другие неисправности, то двигатель останавливают до выявления и устранения дефектов.

7.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОКА И ПОТЕРЬ ХОЛОСТОГО ХОДА

Ток и потери холостого хода определяют с целью проверки качества ремонта двигателя и неисправности его отдельных частей - обмотки, активной стали, подшипников.

Опыт холостого хода проводят по схеме, показанной на рис. 7.2. При этом измеряют ток статора в каждой из трех фаз, потребляем двигателем мощность при одном номинальном значении напряжения.

Отклонение токов холостого хода по фазам может быть не более 5 %; большие отклонения указывают, как правило, на несоответствие числа витков по фазам или на ошибки, допущенные при соединении обмоток после их ремонта. Равномерно увеличенный во всех фазах ток указывает на больший, чем нужно, воздушный зазор между статором и ротором, или на уменьшенное число витков обмотки статора, или на замыкание листов стали статора между собой.

За действительное значение тока холостого хода принимают среднее арифметическое тока из трех фаз. Для конкретного двигателя это значение сравнивают с его нормативным значением. В зависимости от мощности и частоты вращения двигателя ток холостого хода может быть в пределах от 30 до 60 % номинального тока двигателя (с увеличением мощности двигателя ток холостого хода уменьшается, а с уменьшением частоты вращения - увеличивается).

Мощность, потребляемая двигателем при холостом ходе (потери холостого хода), затрачивается на покрытие потерь в двигателе, которые в основном состоят из потерь в стали (на гистерезис и вихревые токи), механических и добавочных потерь в машине (потери в подшипниках, потери на трение о воздух). Измеренные по ваттметру потери

холостого хода должны быть меньше нормируемых величин для данного двигателя. Увеличение потерь имеет место при наличии механических причин или неисправности магнитной системы двигателя.

7.3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОКА И ПОТЕРЬ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

Токи и потери короткого замыкания двигателя определяют (рис 7.2) с целью проверки состояния соединений обмотки (катушечных групп и вводов), а также качества заливки короткозамкнутого ротора.

Опыт короткого замыкания проводится при таком пониженном напряжении, при котором в обмотке статора устанавливается номинальный ток двигателя. Это напряжение называют напряжением короткого замыкания. При опыте измеряют подводимое напряжение, ток статора и потребляемую двигателем мощность.

Полученные при измерении потери короткого замыкания сравнивают с нормативными данными. Повышенные потери указывают на плохую пайку схемы обмотки статора и соединение обмоток с вводами.

Во время проведения опыта короткого замыкания проверяют также исправность обмотки короткозамкнутого ротора. В роторах с литыми алюминиевыми обмотками могут быть такие дефекты - пузыри, трещины, обрывы стержней, которые трудно обнаружить при наружном осмотре. Проверка заключается в том, что при включении обмотки статора на трехфазное напряжение, пониженное настолько, что ротор еще не вращается, а ток настолько мал, что не вызывает заметного перегрева обмоток, ротор медленно проворачивают вручную и следят за показаниями трех амперметров, включенных в фазы статора.

Если обмотка ротора исправна, то его проворачивание не вызывает изменение показания амперметров; при неисправном роторе стрелки амперметров поочередно колеблются.

Но данным опыта короткого замыкания определяют также коэффициент мощности и вращающий момент при коротком замыкании, потери в обмотке ротора, статора и другие характеристики режима короткого замыкания

Вопросы для самоконтроля

1. Как проводят опыт холостого хода двигателя.
2. Какие неисправности можно определить по опыту холостого хода.
3. Допустимые отклонения тока холостого хода двигателя.
4. Какие параметры измеряют при опыте короткого замыкания двигателя.
5. Какие неисправности определяют по опыту короткого замыкания.

Список литературы

а) основная литература

1. Атабеков, В.Б. Ремонт трансформаторов и электрических машин [Текст] : учеб. пособие / В.Б. Атабеков – М.: Высшая школа, 2010. – 340с.: ил. – 150 экз. – ISBN 978-985-6847-57-1/.
2. Сердешнов А.П. Ремонт электрооборудования [Текст] : учеб. пособие /А.П. Сердешнов – М.: ИВЦ Минфина, 2011. – 296с.: ил. – 100 экз. – ISBN 978-985-6447-57-1.
3. Виноградов, Н.В. Обмотки электрических машин [Текст] : учеб. пособие / Н.В. Виноградов. – М.: Высшая школа, 2010. – 336 с.: ил. 100 экз. – ISBN 28304431.
4. Жерве, Г.К. Расчет асинхронного двигателя при перемотке [Текст] : учеб. пособие / Г.К Жерве – М.: Энергия, 2011. – 400с.: ил. 200 экз. – ISBN 5-7688 06 90/
5. Ванурин, В.Н. Обмотки асинхронных двигателей [Текст] : учеб. пособие / В.Н. – М.: Энергия, 2011. – 126с.: ил. 100 экз. – ISBN 978-5-9696003-2-4.

б) Дополнительная литература

1. Ерошенко, Г.П. Эксплуатация энергооборудования сельскохозяйственных предприятий [Текст] : учеб. /Г.П. Ерошенко, Ю.А. Медведько, М.А. Таранов – Ростов-на-Дону: НПК «Гефест», 2006. - 590с.: ил. – 1000 экз. – ISBN 5-87442-230-7.

2. Тембель, П.В., Геращенко Г. В. Справочник по обмоточным данным электрических машин и аппаратов [Текст] : учеб. пособие /П.В Тембель, Г.В. Геращенко. – Киев.: Техніка, 2003. – 186с.

3. Кузнецов, Н.Л. Надёжность электрических машин [Текст] учеб. пособие / Н.Л. Кузнецов - М.: Изд-во МЭН, 2006-203с.

4. Гаскаров, Д.В. Прогнозирование технического состояния и надёжности электронной аппаратуры [Текст] учеб. пособие. /Д.В. Гаскаров - М.: Изд-во Высшая школа, 2004-188с.

5. Корчемный, Н.А. Повышения надёжности электрооборудования в сельском хозяйстве [Текст] учеб. пособие /Н.А. Корчемный – Киев.: Техніка 2007-114с.

в) Базы данных, Информационно – справочные и поисковые системы, Агропоиск, полнотекстовая база данных иностранных журналов Doal, поисковые системы Rambler, Yandex, Coogle:

Электронная библиотека СГАУ – <http://libaru.sgau.ru>

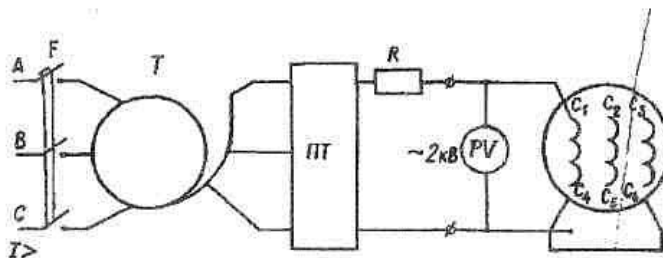
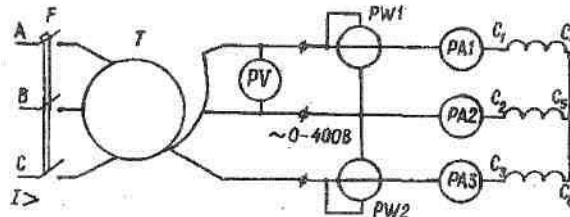
<http://www.gosthelp.ru/>

<http://snipov.net/>

[http://www.master.donntu.edu.ua.](http://www.master.donntu.edu.ua)

<http://www.cfin.ru/>

8.1 ИСПЫТАНИЕ ВИТКОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ



полного значения, должно быть не менее I мин, после чего плавно снижают до 1/3 значения и отключают.

Мощность испытательного трансформатора должна быть не мене 1 кВ-А на 1000 В испытательного напряжения.

Двигатель считается выдержавшим испытание, если во время испытания не произошло пробоя изоляции или ее перекрытия, искрения, дыма и по приборам не наблюдалось резких толчков тока и напряжения, свидетельствующих о частичном повреждении изоляции.

Вопросы для самоконтроля

1. Какая изоляция двигателя называют продольной.
2. Как испытывают продольную изоляцию.
3. Какую изоляцию двигателя называют главной.
4. Каким напряжением испытывают главную изоляцию.
5. По какими признаками определяют исправность главной изоляции.

Список литературы

а) Основная литература

1. Атабеков, В.Б. Ремонт трансформаторов и электрических машин [Текст] : учеб. пособие / В.Б. Атабеков – М.: Высшая школа, 2010. – 340с.: ил. – 150 экз. – ISBN 978-985-6847-57-1/.
2. Сердешнов А.П. Ремонт электрооборудования [Текст] : учеб. пособие /А.П. Сердешнов – М.: ИВЦ Минфина, 2011. – 296с.: ил. – 100 экз. – ISBN 978-985-6447-57-1.
3. Виноградов, Н.В. Обмотки электрических машин [Текст] : учеб. пособие / Н.В. Виноградов. – М.: Высшая школа, 2010. – 336 с.: ил. 100 экз. – ISBN 28304431.
4. Жерве, Г.К. Расчет асинхронного двигателя при перемотке [Текст] : учеб. пособие / Г.К Жерве – М.: Энергия, 2011. – 400с.: ил. 200 экз. – ISBN 5-7688 06 90/
5. Ванурин, В.Н. Обмотки асинхронных двигателей [Текст] : учеб. пособие / В.Н. – М.: Энергия, 2011. – 126с.: ил. 100 экз. – ISBN 978-5-9696003-2-4.

б) Дополнительная литература

1. Ерошенко, Г.П. Эксплуатация энергооборудования сельскохозяйственных предприятий [Текст] : учеб. /Г.П. Ерошенко, Ю.А. Медведько, М.А. Таранов – Ростов-на-Дону: НПК «Гефест», 2006. - 590с.: ил. – 1000 экз. – ISBN 5-87442-230-7.
2. Тембель, П.В., Геращенко Г. В. Справочник по обмоточным данным электрических машин и аппаратов [Текст] : учеб. пособие /П.В Тембель, Г.В. Геращенко. – Киев.: Техніка, 2003. – 186с.
3. Кузнецов, Н.Л. Надёжность электрических машин [Текст] учеб. пособие / Н.Л. Кузнецов - М.: Изд-во МЭН, 2006-203с.
4. Гаскаров, Д.В. Прогнозирование технического состояния и надёжности электронной аппаратуры [Текст] учеб. пособие. /Д.В. Гаскаров - М.: Изд-во Высшая школа, 2004-188с.
5. Корчемный, Н.А. Повышения надёжности электрооборудования в сельском хозяйстве [Текст] учеб. пособие /Н.А. Корчемный – Киев.: Техніка 2007-114с.

в) Базы данных, Информационно – справочные и поисковые системы, Агропоиск, полнотекстовая база данных иностранных журналов Doal, поисковые системы Rambler, Yandex, Google:

Электронная библиотека СГАУ – <http://libaru.sgay.ru>

<http://www.gosthelp.ru/>

<http://snipov.net/>

<http://www.master.donntu.edu.ua>.

<http://www.cfin.ru/>