

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Кажекин И.Е., Харитонов М.С., Никишин А.Ю.

ОСНОВЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ
ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ

Утверждено редакционно-издательским советом ФГБОУ ВО «КГТУ»
в качестве учебно-методического пособия по практическим занятиям для
студентов бакалавриата по направлению
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Калининград
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
2022

УДК 621.31

Рецензент:

кандидат технических наук, доцент кафедры теории механизмов и машин и деталей машин Серeda Н.А.

Кажекин И.Е., Харитонов М.С., Никишин А.Ю.

Основы эксплуатации электрооборудования электростанций и подстанций: учебно-методическое пособие по практическим занятиям для студентов бакалавриата по направлению подготовки 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника/ И.Е. Кажекин, М.С. Харитонов, А.Ю. Никишин. – Калининград: Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ», 2021. – 55 с.

Рассмотрены теоретические вопросы, а также предложены задания для выполнения на практических занятиях по дисциплине «Основы эксплуатации электрооборудования электростанций и подстанций». Приведены методические рекомендации по проведению диагностики и ремонту электрооборудования. Учебное пособие предназначено для студентов вузов, обучающихся по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Рис. 18, табл. 5

Учебное пособие рекомендовано к изданию методической комиссией института морских технологий, энергетики и строительства ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 15 июня 2022 г., протокол № 5

УДК 621.31

Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Калининградский
государственный технический
университет», 2021 г.
© Кажекин И.Е., Харитонов М.С.,
Никишин А.Ю., 2022 г.

Содержание

Введение	4
Практическое занятие № 1. Настройка машин переменного тока после ремонта	6
Практическое занятие № 2. Настройка машин постоянного тока после ремонта	13
Практическое занятие № 3. Изучение методов посадки подшипников качения на вал электрической машины при её ремонте	21
Практическое занятие № 4. Центровка валов электрических машин	28
Практическое занятие № 5. Статическая балансировка роторов электрических машин	33
Практическое занятие № 6. Дефектация и настройка электрических аппаратов	38
Практическое занятие № 7. Изучение методов определения короткозамкнутых витков обмоток электрических машин, трансформаторов и катушек	42
Практическое занятие № 8. Определение места повреждения кабельной линии	49
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	52
Приложение А. Пример выполнения заданий	53
Приложение Б. Описание текущего контроля	55

Введение

Дисциплина «Основы эксплуатации электрооборудования электростанций и подстанций» обеспечивает формирование у обучающихся готовности к использованию системы знаний в области обслуживания электрооборудования объектов, энергетической отрасли.

Целью освоения дисциплины является знакомство обучающихся с основными принципами основ эксплуатации электрооборудования электростанций и подстанций.

Задачи изучения дисциплины:

- ознакомление обучающихся с основными задачами персонала при эксплуатации различного оборудования электростанций (подстанций) и особенностях эксплуатации основного силового электрооборудования;
- изучение обучающимися основ теории надежности основного электротехнического и коммутационного оборудования станций и подстанций, методов расчета надежности схем и систем электроснабжения;
- ознакомление с методами и средствами контроля и оценки технического состояния различного электрооборудования;
- формирование базовых знаний, умений и навыков для решения практических задач технической эксплуатации электрооборудования электростанций и подстанций.

Целью практикума является закрепление теоретических знаний, развитие умений и практических навыков в области обслуживания электрооборудования электростанций и подстанций.

Задачи практикума:

1. Развитие умений по оцениванию состояния электрооборудования.
2. Приобретение навыков проведения испытаний электрооборудования; определения состояния электрооборудования в нормальных и аварийных режимах.

На промежуточной аттестации дисциплины обучающиеся должны знать:

- организацию эксплуатации объектов электроэнергетики;
- основные критерии при принятии решений по эксплуатации объектов электроэнергетики;
- особенности эксплуатации основного электрооборудования систем электроснабжения;
- основы планирования и контроля по техническому обслуживанию;
- основные требования по испытаниям электрооборудования.
- показатели количественной оценки надежности;

- факторы, определяющие эксплуатационную надежность электрооборудования;

- методы расчета надежности и способы обеспечения заданного уровня надежности;

- методы и средства поддержания надежности электрооборудования и систем электроснабжения в процессе эксплуатации;

Уметь:

- оценивать состояние основного электрооборудования систем электроснабжения;

- проводить испытания электрооборудования;

- определять состояние электрооборудования в нормальных и аварийных режимах для принятия решений на управляющее воздействие.

- выбирать и применять эффективные способы повышения надежности электрооборудования и систем электроснабжения в процессе эксплуатации;

- планировать и контролировать деятельность по техническому обслуживанию и ремонту оборудования подстанций;

Владеть:

- навыками проектирования эксплуатационно-ремонтных циклов оборудования исходя из показателей надежности электрооборудования и систем электроснабжения промышленных предприятий, городов и транспортных систем;

- навыками планирования и контроля деятельности по техническому обслуживанию и ремонту оборудования подстанций.

Практическое занятие № 1

Тема занятия

Настройка машин переменного тока после ремонта

Цель занятия

Получить навыки проверки обмоток, их соединения и настройки машины переменного тока.

Перечень знаний и умений для достижения цели

1. Знание принципа действия и конструкции асинхронного двигателя [1].
2. Умение проводить анализ магнитосвязанных электрических цепей [2].
3. Умение пользоваться измерительными приборами [3].
4. Знание техники безопасности [4].

Практическое задание

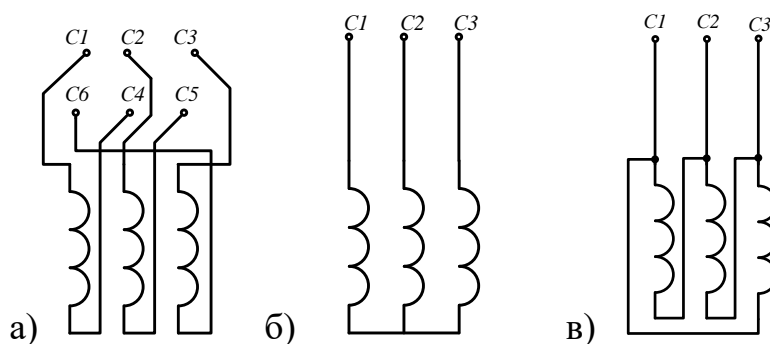
Соединить обмотки статора асинхронного двигателя таким образом, чтобы при подключении их к трехфазному источнику напряжения создавалось вращающее магнитное поле.

Общие сведения

В процесс ремонта электрооборудования в общем случае входит: поиск дефектов, определение характера и степени износа отдельных узлов и деталей, определение последовательности разборки, разборка узлов до деталей, их промывка и очистка, замена деталей и обмоток (катушек) на новые, а также сборка, проверка, регулировка и испытания.

После ремонта машины, у которой заменялась обмотка или отдельные катушки, важно правильно проверить их состояние, определить полярность обмоток, т.е. одноименные выводы или начала и концы и промаркировать.

Если статор выполнен по открытой схеме (рисунок 1.1 а), т.е. наружу выведены все шесть проводников фазных обмоток, то их соединение производится либо «звездой» (рисунок 1.1 б), либо «треугольником» (рисунок 1.1 в).



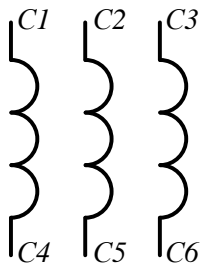
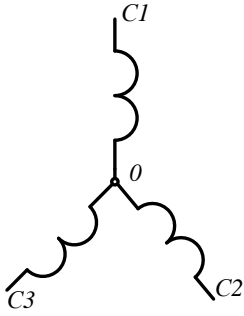
- а) открытые обмотки; б) обмотки, соединенные по схеме «звезда»; в) обмотки, соединенные по схеме «треугольник»

Рисунок 1.1 - Схемы соединений обмоток трёхфазных машин

При настройке машины вначале при помощи мегаомметра проверяют сопротивление изоляции катушек. Затем, используя мультиметр или пробник, устанавливают принадлежность выводных проводников катушек к фазам и предварительно маркируют их следующим образом С1-С1, С2-С2, С3-С3. Затем, используя знание того, что при пропускании тока через катушку в ней образуется магнитное поле определенной направленности, определяют начала и концы выводов.

Наиболее часто встречаемые обозначения обмоток асинхронных двигателей, пояснения к цветовой маркировке и количество выводов на клеммной коробке приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Обозначения обмоток и выводов асинхронного двигателя

Схемы соединений обмоток	Количество выводов	Название Обозначение и цвет выводов		
		Статора		Ротора
		Начало	Конец	Начало (конец)
<p>Открытая схема</p> 	6	Первая фаза	С1, жёлтый жёлтый с чёрным	С4,
Вторая фаза	С2, зелёный зелёный с чёрным	С5,		
Третья фаза	С3, красный красный с чёрным	С6,		
<p>Соединение звездой</p> 	3 или 4	Первая фаза	С1, жёлтый	
Вторая фаза	С2, зелёный			
Третья фаза	С3, красный			
Нулевая точка	0, чёрный			

Продолжение таблицы 1.1

<p>Соединение треугольником</p> 	3	Первый вывод	C1, жёлтый
		Второй вывод	C2, зелёный
		Третий вывод	C3, красный

Первый способ, показанный на рисунке 1.2, реализуется следующим образом. Батарея GB включается в одну из фаз, а к другой фазе (обмотке) присоединяют вольтметр для измерения постоянного напряжения PU. Меняя местами щупы вольтметра, добиваются такого включения прибора, при котором в момент замыкания выключателя S1 стрелка отклонялась бы вправо. В этом случае плюсовой вывод батареи и минусовый вывод вольтметра будут подключены к одноименным выводам обмоток (или к началам (н), или к концам (к)). Если обмоток более двух, определение их полярности производят аналогично. При этом меняются только точки подключения вольтметра.

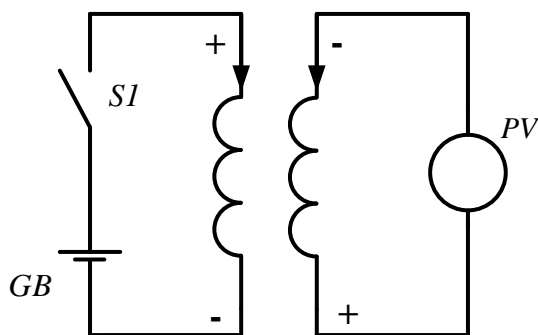


Рисунок 1.2 – Определение полярности катушек

Одна из модификаций этого метода, иллюстрируемая рисунке 1.3 предназначена прежде всего для проверки полярности обмоток трехфазных электрических машин. В этом случае батарея включается в цепь двух последовательно соединенных фазных обмоток. При соединении обмоток одноименными выводами вольтметр, подключенный к третьей обмотке, на замыкание цепи выключателем S2 реагировать не будет. Когда же фазные обмотки будут соединены разноименными выводами, замыкание цепи выключателем будет вызывать отклонение стрелки вольтметра.

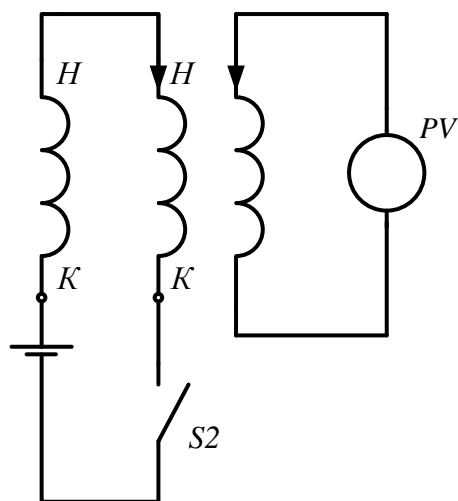


Рисунок 1.3 – Определение полярности катушек

Этой же схемой можно воспользоваться при определении полярности обмоток с использованием источника переменного тока. В этом случае вместо батареи подключают источник переменного напряжения 12-24 В. При соединении обмоток электрически последовательно и встречно (с позиции магнитного поля), т.е. одноименными концами, напряжение на третьей обмотке будет равно нулю. При соединении обмоток последовательно и согласно, т.е. разнополярными выводами, вольтметр зафиксирует наличие напряжения в третьей обмотке.

При соединении обмотки двигателя или трансформатора звездой или треугольником определение полярности обмоток можно выполнить по схеме, приведенной на рисунке 1.4. Правильность их соединения между собой, а, следовательно, и правильность маркировки начал и концов обмоток определяют по показаниям вольтметра PV. Для этого напряжение поочередно подается на какие-либо пары выводов. Измеряется же напряжение между свободным выводом и любым из оставшихся. При правильном соединении фазных обмоток между собой показания вольтметра во всех трех случаях будут равны и составят половину напряжения U , приложенного к двум другим выводам. Если же одна из фаз будет “вывернута”, т.е. соединена неправильно, то показания вольтметра будут неодинаковыми. “Вывернутой” будет фазная обмотка, в которой показания вольтметра будут отличными от $0,5 U$.

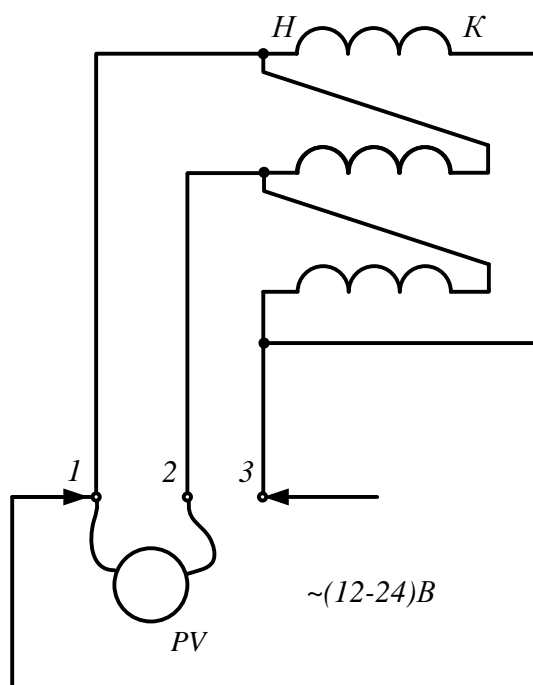


Рисунок 1.4 – Определение полярности катушек

Используемое оборудование:

- Собранная по открытой схеме статорная обмотка односкоростного трехфазного электродвигателя;
- Мегаомметр;
- Источник переменного напряжения;
- Вольтметр.

Алгоритм выполнения практических заданий на занятии

1. Проверить сопротивление изоляции обмоток статора электрической машины.
2. Найти выводы одноименных обмоток и промаркировать.
3. Определить полярность обмоток.
4. Соединить обмотки.
5. Убедиться, что соединение произведено правильно.
6. Разобрать схему.
7. Составить отчет.
8. Используя литературные источники [5-8], подготовить ответы на контрольные вопросы.

Пример выполнения задания

1. Проверить сопротивление изоляции обмоток статора электрической машины можно при помощи мегаомметра, подключив его к выводам согласно рисунку 1.5.

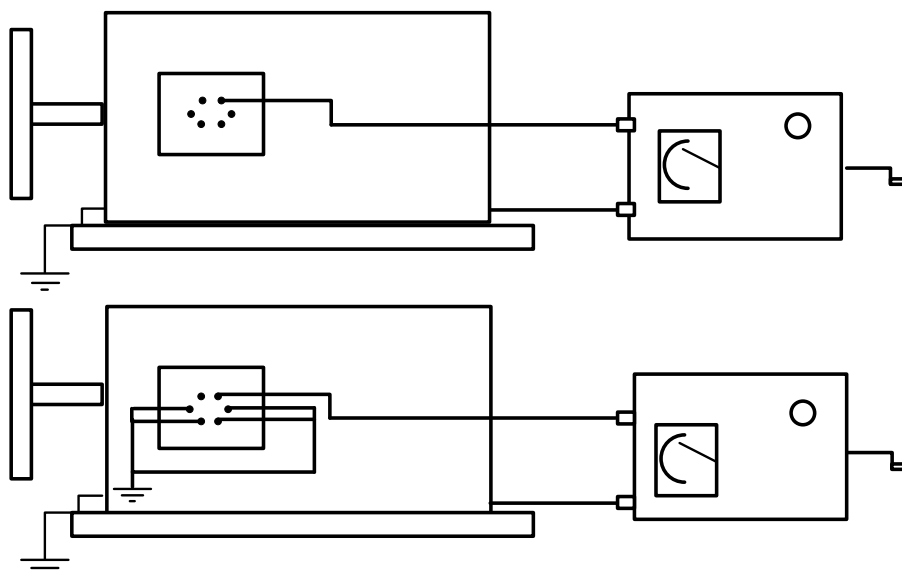


Рисунок 1.5 – Подключение мегаомметра к двигателю

2. Найти выводы одноименных обмоток и промаркировать их можно с помощью мегаомметра или пробника, измерив сопротивление между всеми выводами электрической машины.

3. Определить полярность обмоток можно при помощи способа, основанного на действии переменного тока в магнитосвязанных цепях, соединив две обмотки последовательно, измерять напряжение на третьей обмотке. При встречном включении двух обмоток после подключения их к источнику напряжение на третьей обмотке будет равно нулю. При этом собранную схему предъявить преподавателю или ассистенту перед подачей испытательного напряжения.

4. Необходимо соединить обмотки в «треугольник» или в «звезду». Предъявить схему соединения преподавателю или ассистенту.

5. Подключить статор на пониженное трехфазное напряжение. Поместить стальной шарик в полость статора и убедиться, что соединение произведено правильно. При правильном соединении шарик вращается внутри обмотки статора.

5. Разобрать схему.

6. Составить отчет, содержащий следующие позиции:

- тема занятия;
- цель;
- метод проверки полярности;
- описание схемы и установки;
- выводы.

7. Используя литературные источники [1-4], подготовить ответы на контрольные вопросы.

Задания для самостоятельной работы

- ознакомиться с устройством асинхронных двигателей;

- ознакомиться со способами определения полярности обмоток;
- ознакомиться с принципом действия трехфазных машин переменного тока;
- ознакомиться со способами определения схемы соединения трехфазных машин переменного тока.

Список вопросов для самоконтроля

1. Устройство и принцип работы асинхронной электрической машины?
2. Как определить одноименные концы обмоток?
3. Понятие полярности обмоток. Существующие методы определения полярности концов обмоток?
4. Физическая суть применяемых методов определения полярности концов обмоток.
5. Поясните: почему вращается шарик внутри пространства машины?
6. Как определить тип соединения обмоток машины, если утрачен «шильдик» с данными машины, а соединение выполнено по закрытой схеме?
7. Провести аналогию между асинхронным двигателем и трансформатором.

Практическое занятие № 2

Тема занятия

Настройка машин постоянного тока после ремонта

Цель занятия

Получить навыки проверки соединения обмоток и настройки машин постоянного тока.

Перечень знаний и умений для достижения цели

1. Знание принципа действия машин постоянного тока [1].
2. Знание конструкции машин постоянного тока [2].
3. Умение пользоваться измерительными приборами [3].
4. Знание техники безопасности при работе с электрооборудованием [4].

Общие сведения

В процесс ремонта электрооборудования в общем случае входит: поиск дефектов, определение характера и степени износа отдельных узлов и деталей, определение последовательности разборки, разборка узлов до деталей, их промывка и очистка, замена деталей и обмоток (катушек) на новые, а также сборка, проверка, регулировка и испытания.

После ремонта машины, у которой заменялась обмотка или отдельные катушки, важно правильно определить полярность обмоток, т.е. одноименные выводы или начала и концы и промаркировать.

Машины постоянного тока, как правило, имеют обмотку якоря и обмотку возбуждения (главных полюсов). В зависимости от соединения обмотки возбуждения с якорем машины имеют независимое, параллельное, последовательное или смешанное возбуждение. Кроме того, имеются добавочные полюсы, располагаемые между главными на оси щеток. Их число обычно равно числу главных полюсов, и они служат для улучшения коммутации. Компенсационную обмотку размещают в пазах полюсных наконечников главных полюсов. Она служит улучшению рабочих характеристик машины. Обмотки якоря, добавочных полюсов и компенсационную соединяют последовательно. Обозначения выводных концов и схемы соединения обмоток приведены на рисунках 2.1, 2.2 и таблице 2.1.

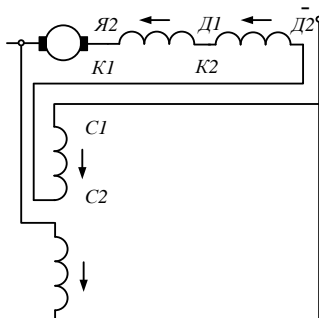


Рисунок 2.1 - Обозначение выводов и соединение обмоток генератора постоянного тока

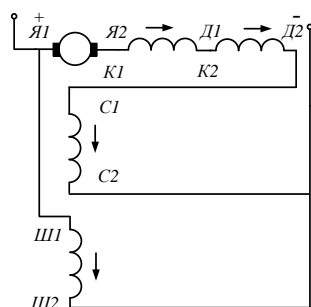


Рисунок 2.2 - Обозначение выводов и соединение обмоток двигателя постоянного тока правого вращения

Таблица 2.1 – Обозначения и цветовая маркировка выводов обмоток двигателя постоянного тока

Обмотка		Обозначение и цвет выводов	
Схема	Название	Начало	Конец
	Параллельная обмотка возбуждения	Ш1, зеленый	Ш2, зеленый с черным
	Обмотка якоря	Я1, белый	Я2, белый с черным
	Обмотка компенсационная	К1	К2
	Обмотка добавочных полюсов	Д1	Д2
	Последовательная обмотка	С1, красный	С2, красный с черным
	Пусковая обмотка	П1	П2
	Независимая обмотка возбуждения	Н1	Н2

За начало обмоток Я1 и Ш1 генераторов и двигателей правого вращения принимают выводы со знаком “+”, соединяемые со щеткой, которую подключают к положительной шине сети. При левом вращении “+” находится на выводах Я1 и Ш2.

Проверка полярности выполняется при помощи вспомогательного источника тока, “+” зажим которого соединяется с выводом Ш1 (при правом вращении) и Ш2 (при левом), и милливольтметра, “+” зажим которого присоединяется к выводу Я1. При включении источника тока наблюдают за направлением отклонения стрелки прибора. При отклонении стрелки вправо маркировка соответствует правильной.

При правом направлении вращения в режиме электродвигателя ток во всех обмотках (за исключением размагничивающих обмоток, размещенных на главных полюсах) должен протекать от начала к концу.

Правильность соединения обмоток сводится к определению их начала и конца. Начало обмотки якоря присоединено к щеткам с положительной полярностью.

Под правым вращением якоря понимают вращение по часовой стрелке, наблюдаемое со стороны свободного конца вала для машин с одним свободным концом и со стороны, противоположной коллектору, для машин с двумя такими концами.

В случае, если при получении из ремонта машины постоянного тока обнаружено, что выводы обмоток не закреплены и не промаркированы, то, считая, что внутри машины катушки соединены верно, вначале при помощи тестера или пробника устанавливают принадлежность выводных проводников к одноименным обмоткам и предварительно маркируют их. Затем, измерив сопротивления катушек обмоток различного назначения, присваивают им соответствующие индексы Я, Ш, Д и т.д. Производят соединение обмоток в соответствии с назначением машины (ДПТ) и производят пробный пуск на холостом ходу.

Проверка порядка чередования полярности полюсов обмоток возбуждения машин постоянного тока производится следующими способами:

Способ магнитной стрелки. Включают обмотку возбуждения и подвешенную на тонкой нитке магнитную стрелку подносят поочередно к каждому полюсу. По направлению стрелки судят о полярности полюса. Подносить стрелку необходимо осторожно, чтобы ее не перемагнитить. Лучше всего проверку производить до сборки машины. Если же машина собрана и нет доступа к полюсам, чередование полярности полюсов можно определить, поднося стрелку к болтам, крепящим сердечник полюса к ярму. Полярность полюса со стороны якоря имеет противоположный знак по сравнению с полярностью со стороны ярма.

Способ пробной катушки. Пробная катушка представляет собой плоскую катушку с большим количеством витков, прикрепленную к тонкой пластинке из изоляционного материала. Пробную катушку можно свободно вводить в воздушный зазор машины. Катушка соединена с чувствительным

милливольтметром. Проверку полярности производят следующим образом: обмотку возбуждения включают в цепь постоянного тока, пробную катушку вводят в зазор под полюсом, а затем быстро выдвигают из зазора и наблюдают за направлением отклонения стрелки прибора. Можно катушку оставить неподвижной, а размыкать цепь питания обмотки возбуждения.

Проверка чередования главных и добавочных полюсов. Порядок чередования главных и добавочных полюсов машин указан в таблице 2.2.

Таблица 2.2 - Порядок чередования полюсов машины

Режим работы машины	Генератор	Двигатель
Направление вращения якоря	→	→
Порядок чередования полюсов	N—s—S—n	N—n—S—s

Примечание. N, S — главный северный и южный полюса; n, s — добавочные полюса.

Проверку чередования полюсов можно произвести способом магнитной стрелки или способом пробной катушки аналогично проверке полярности полюсов.

Определение правильности соединения обмотки добавочных полюсов по отношению к якорю. Проверка правильности соединения обмотки якоря и добавочных полюсов сводится к определению направления магнитных потоков якоря и добавочных полюсов при номинальных условиях работы. Эти потоки направлены встречно.

Способ пробной катушки. В зазор между якорем и добавочным полюсом вставляют пробную катушку, которая соединена с милливольтметром, через якорь протекает постоянный ток значением не больше 10 % номинального (рисунок 2.3 а).

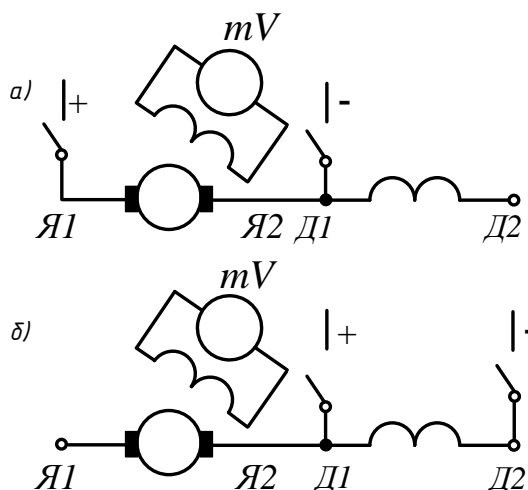


Рисунок 2.3 - Схема проверки соединения обмоток якоря и добавочных полюсов способом пробной катушки.

Определяют полярность подводимого тока. Производят размыкание цепи и наблюдают за отклонением стрелки милливольтметра; после этого, не вынимая катушки из зазора, подают питание на обмотку добавочных полюсов, сохраняя полярность, которая была при питании обмотки якоря (рисунок 2.3 б). Размыкая цепь обмотки добавочных полюсов, наблюдают за отклонением стрелки милливольтметра. Если стрелка отклоняется в противоположную сторону по сравнению с предыдущим отклонением при размыкании цепи якоря, следует считать, что обмотки якоря и добавочных полюсов соединены правильно.

Способ проверки переменным током. Через обмотку добавочных полюсов, соединенную последовательно с якорем, пропускают переменный ток и измеряют ток и напряжение. Определяют полное сопротивление $Z=U/I$. Затем обмотку добавочных полюсов включают противоположно по полярности и после измерения вновь подсчитывают Z . Правильное соединение обмоток такое, при котором полное сопротивление имеет меньшее значение. При наличии в машине компенсационной обмотки этот опыт можно произвести, включив обмотки добавочных полюсов, последовательно с компенсационной. При проведении опыта щетки на коллекторе машины должны быть установлены на нейтрали.

Индуктивный способ. К щеткам якоря, установленным на нейтрали, через рубильник подключают источник постоянного тока (батарею), а к обмотке добавочных полюсов присоединяют милливольтметр (рисунок 2.4). В машинах, где обмотка добавочных полюсов чередуется с катушками компенсационной обмотки, милливольтметр подключают на их общие выводы. Если обмотка добавочных полюсов включена правильно по отношению к обмотке якоря, то при замыкании цепи якоря в обмотках добавочных полюсов индуцируется э. д. с., причем полярность в месте соединения с якорем должна быть одного знака с источником питания.

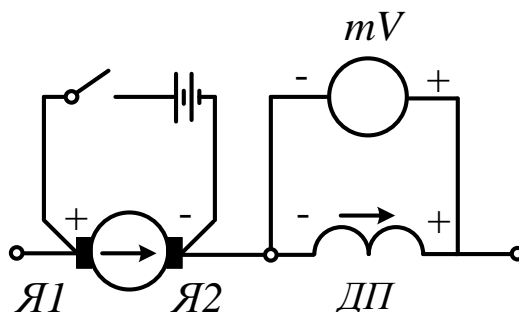


Рисунок 2.4 - Схема проверки соединения обмоток добавочных полюсов и якоря

Для обмоток добавочных полюсов, включенных по обе стороны якоря, опыт проводят дважды, для каждой части полюсов отдельно.

Определение полярности щеток якоря. Индукционный способ. К двум точкам коллектора с и б, отстоящим от нейтрального положения щеток на небольшой угол (10—15°) в направлении вращения якоря, присоединяют вольтметр (рисунок 2.5). Производят включение обмотки возбуждения от источника напряжения, причем положительный полюс источника присоединяют к началу обмотки возбуждения. Если в момент включения стрелка вольтметра отклонится вправо, то положительный полюс находится в точке а, а отрицательный — в точке б.

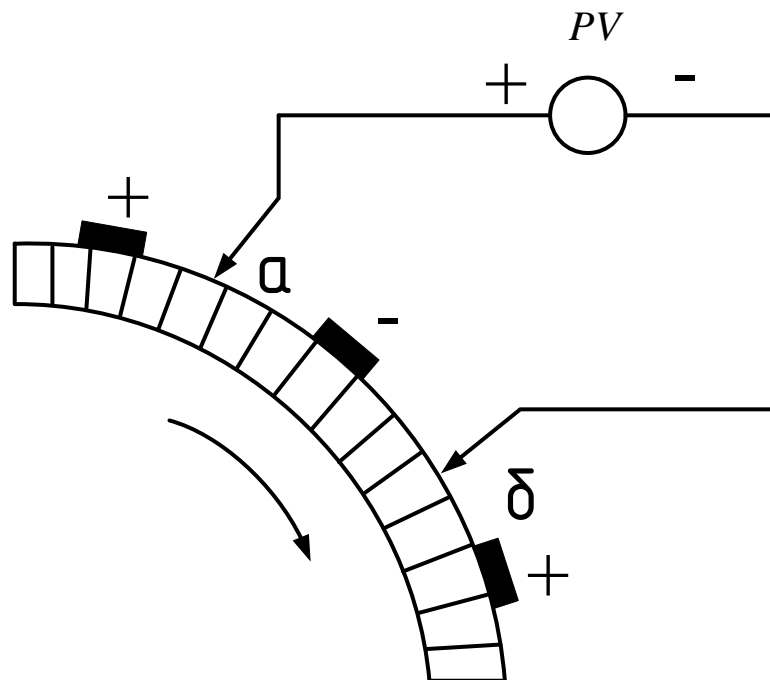


Рисунок 2.5 - Схема проверки полярности щеток якоря.

Способ проворачивания якоря. К обмотке возбуждения подключают источник постоянного тока заданной полярности, способный создать в полюсах поток, превышающий остаточный. К щеткам якоря присоединяют вольтметр, после чего якорь проворачивают в сторону заданного направления вращения от руки, рычагом или краном. По отклонению стрелки вольтметра судят о полярности щеток якоря.

Используемое оборудование: Двигатель постоянного тока с разобранный клеммной коробкой, мегомметр, тестер (мультиметр).

Практические задания

1. Проверить изоляцию обмоток электрической машины.
2. Найти выводы одноименных обмоток и промаркировать.
3. Определить вид обмоток.
4. Соединить обмотки возбуждения и якоря. Убедиться, что соединение произведено правильно.
5. Оценить влияние последовательной обмотки возбуждения.

6. Разобрать схему.
7. Составить отчет.
8. Подготовить ответы на контрольные вопросы.

Алгоритм выполнения задания

1. Измерить мегомметром сопротивление изоляции обмоток электрической машины.

2. С помощью мегаомметра или мультиметра найти выводы одноименных обмоток и промаркировать.

3. Измерить сопротивления обмоток, используя соответствующий режим мультиметра. Определить вид обмоток по значениям этих сопротивлений и справочных данных о числе витков обмоток.

4. Соединить обмотки возбуждения и якоря согласно схеме ДПТ с параллельным возбуждением. Предъявить схему соединения преподавателю или ассистенту. Подключить ДПТ на пониженное напряжение. Убедиться, что соединение произведено правильно и двигатель “пошел” в правильную сторону. В противном случае проанализировать ситуацию и исправить ошибку соединения обмоток. Замерить ток «трогания» двигателя.

5. Подключить последовательно с якорем дополнительную обмотку возбуждения. Предъявить схему соединения преподавателю или ассистенту. Подключить ДПТ на пониженное напряжение. Убедиться, что соединение произведено правильно и двигатель “пошел” в правильную сторону. В противном случае проанализировать ситуацию и исправить ошибку соединения обмоток. Замерить ток «трогания» двигателя.

6. Разобрать схему.

7. Составить отчет, который должен содержать следующие позиции:

- название занятия;
- цель занятия;
- описание установки и схему внутренних соединений обмоток;
- результаты проведенных измерений;
- выводы.

8. Используя литературные источники [5, 7-8], подготовить ответы на контрольные вопросы.

Задания для самостоятельной работы

- ознакомиться с устройством двигателей постоянного тока;
- ознакомиться с конструкцией и расположением обмоток двигателей постоянного тока;
- описать влияние полярности обмоток на работу двигателей постоянного тока с различными схемами возбуждения.

Список вопросов для самоконтроля

1. Устройство и принцип работы машины постоянного тока

2. Типы машин по характеру возбуждения.
3. Определение полярности обмоток машин постоянного тока.
4. Характеристики ДПТ в зависимости от типа возбуждения.
5. Применение машин постоянного тока на судах
6. Особенности обслуживания машин постоянного тока
7. Каково устройство и назначение коллектора у генераторов постоянного тока?
8. Как можно регулировать скорость вращения двигателя постоянного тока?

Практическое занятие № 3

Тема занятия

Изучение методов посадки подшипников качения на вал электрической машины при её ремонте.

Цель занятия

Практическое занятие предназначено для ознакомления студентов с методом горячей посадки подшипников качения на вал ротора электрической машины.

Перечень знаний и умений для достижения цели

5. Знание конструкции подшипников [9].
6. Знание способов посадки подшипников на вал [9].
7. Умение пользоваться измерительными приборами [3].
8. Знание техники безопасности [4].

Общие сведения

По принципу работы подшипники подразделяются на две большие группы:

- подшипники скольжения;
- подшипники качения.

Подшипники скольжения состоят из участка вала (оси) и вкладыша, конструкция и материалы которых служат целям снижения трения при вращении вала (оси).

Подшипники скольжения чаще всего бывают радиальные (рисунок 3.1а). Они имеют цилиндрическую шейку вала и вкладыш в виде втулки. Упорные подшипники обычно называют пятой (рисунок 3.1 б), а вкладыш – подпятником. Иногда применяют гребенчатые пяты (рисунок 3.1в). Значительно реже применяются подшипники конической и сферической формы.

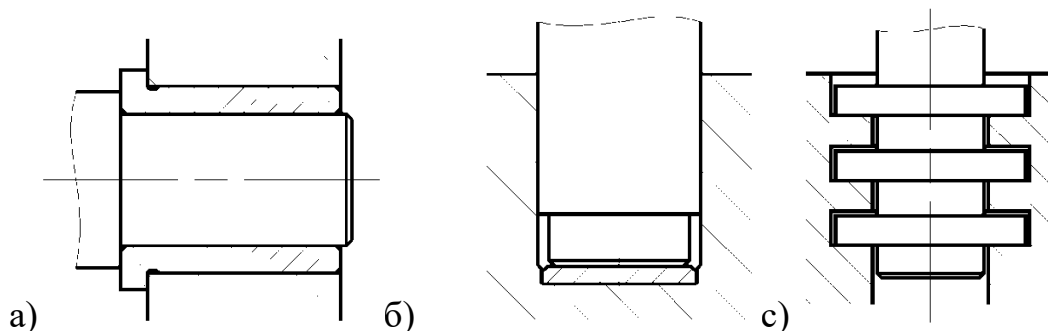


Рисунок 3.1 - Типы подшипников скольжения

Основные критерии работоспособности подшипников скольжения:

Износостойкость – сопротивление абразивному изнашиванию, которое возникает вследствие недостаточной несущей способности масляного слоя при установившемся режиме работы, неизбежного трения при пуске и останове, и попадании со смазочным материалом абразивных частиц, соизмеримых с толщиной масляного слоя;

Сопротивление усталости при пульсирующей нагрузке – в поршневых машинах, машинах ударного и вибрационного действия и т.д.

При низкокачественной заливке вкладышей наблюдаются случаи отслаивания заливки.

Подшипники качения являются основным видом опор валов и осей. Для снижения трения при вращении используются тела качения.

Подшипники качения состоят из наружного и внутреннего колец с дорожками качения, тел качения (шариков или роликов), сепараторов, разделяющих и направляющих тела качения. В совмещенных опорах одно или два кольца могут отсутствовать. В них тела качения катятся непосредственно по канавкам вала или корпуса.

Основные типы подшипников качения показаны на рисунке 3.2.

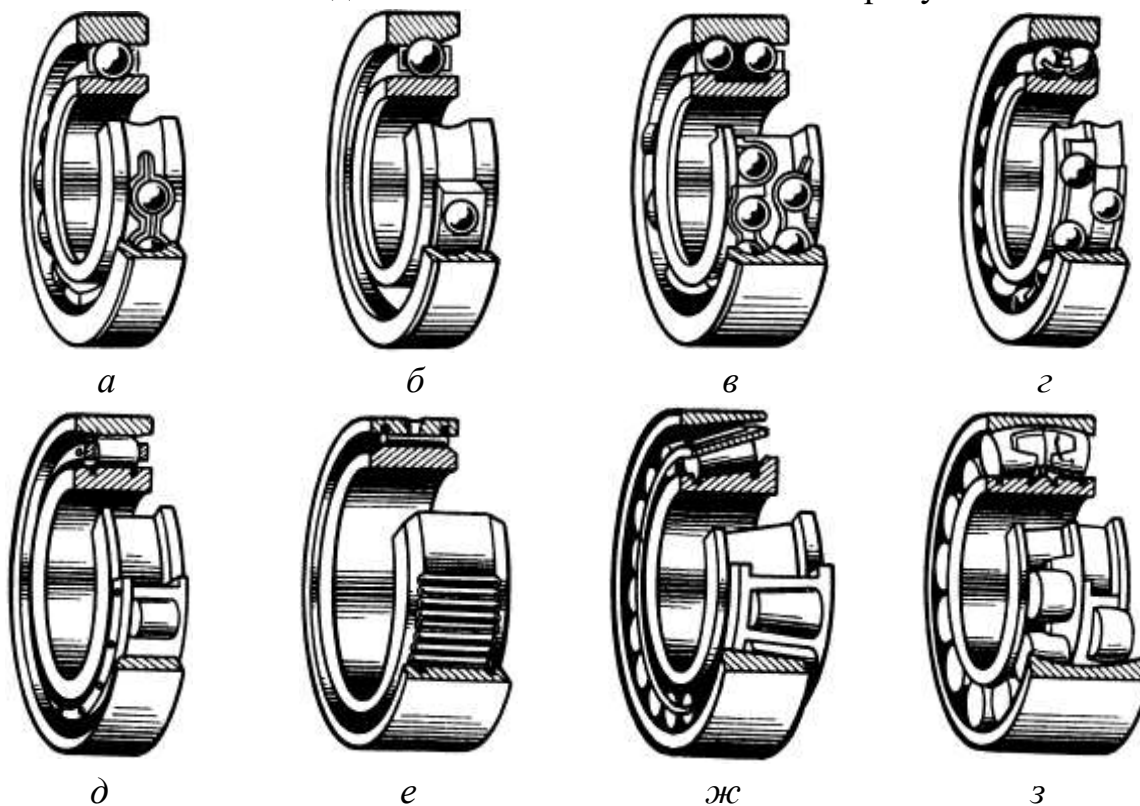


Рисунок 3.2 - Основные типы подшипников качения

По форме тел качения подшипники разделяют на шариковые и роликовые. В зависимости от формы и относительных размеров различают ролики: короткие и длинные цилиндрические, конические, сферические, игольчатые, полые, витые и др. Шарикоподшипники в целом более быстроходны. Роликоподшипники имеют более высокую (на 50-70%)

грузоподъемность, но больше боятся перекосов и поэтому требуют большей точности при монтаже.

По направлению воспринимаемой нагрузки подшипники делят следующим образом:

- радиальные (рисунок 3.2 а,д,е), которые воспринимают только радиальную или преимущественно радиальную нагрузку;
- радиально-упорные (рисунок 3.2 б,в,ж), предназначенные для восприятия комбинированной нагрузки (радиальной и осевой);
- упорно-радиальные, которые воспринимают осевую или преимущественно осевую нагрузку;
- упорные, предназначенные для восприятия только осевой нагрузки.

По числу рядов тел качения подшипники делят на однорядные (имеющие основное применение), двухрядные (рисунок 3.2 в,г,з) и многорядные.

По основному конструктивному признаку различают подшипники на самоустанавливающиеся (сферические) (рисунок 3.2 г,з), которые допускают работу с взаимным перекосом колец до 4° , и несамоустанавливающиеся (допустимый взаимный перекоп колец от $1'$ до $8'$).

Основные причины выхода из строя подшипников качения:

Усталостное выкрашивание рабочих поверхностей колец – основная причина выхода из строя подшипников, работающих при значительных нагрузках в условиях хорошей защиты от загрязнений.

Износ колец и тел качения – частая причина выхода из строя из-за недостаточной или загрязненной смазки.

Разрушение колец и тел качения – при значительных перегрузках. При нормальной эксплуатации не должно происходить.

Образование вмятин на рабочих поверхностях – при значительных нагрузках без вращения.

Разрушение сепараторов – из-за действия центробежных сил при высоких скоростях вращения.

Внешними признаками выбраковки подшипников обычно являются: потеря точности вращения, повышенный шум, повышение сопротивления вращению, нагрев.

При ремонте электрических машин (ЭМ) часто возникает задача замены подшипников качения, посредством которых ротор ЭМ удерживается по оси ЭМ и имеет возможность свободного вращения.

Необходимость замены (демонтажа и монтажа) подшипников может быть вызвана несколькими причинами:

- износом;
- поломкой;
- сильным износом посадочного гнезда подшипникового щита;

- износом или неисправностью вала (просадка, погнутость);
- ремонтом обмотки якоря или ротора.

Подшипник, требующий демонтажа, стягивается с вала съемником, если его размеры невелики, или выпрессовывается с помощью прессы. При съеме исправного подшипника необходимо прилагать усилие к внутреннему кольцу, в противном случае повреждение подшипника неизбежно. Поэтому, как правило, все демонтируемые подшипники отбраковываются.

Посадка подшипника на вал осуществляется с натягом, т.е. таким образом, чтобы внутреннее кольцо плотно сидело на валу и не проворачивалось во время работы машины даже при ее значительном нагреве.

При монтаже (посадке) на вал нового подшипника следует избегать ударов по наружному кольцу и перекосов относительно вала, чтобы исключить задиры вала и повреждения деталей подшипника.

Для избегания возможных повреждений при монтаже подшипников и, чтобы обеспечить “тугую” посадку, используют способ горячей посадки, когда устанавливаемый подшипник нагревают до температуры 80-100 градусов Цельсия и в таком состоянии монтируют на вал. Посадочный диаметр вала и диаметр подшипника подбираются таким образом, чтобы в нагретом состоянии подшипник в силу линейного и объемного расширения материала (металла) легко зашел на вал и после охлаждения плотно закрепился на валу (тугая посадка).

Используются несколько наиболее распространенных способов нагрева подшипников перед посадкой:

- способ нагрева в нагревательной печи, когда подшипник укладывается на поддон и помещается в пространство печи;
- способ нагрева в масляной ванне, когда подшипник полностью погружается в емкость, заполненную машинным маслом, которое нагревается до необходимой температуры;
- способ нагрева переменным током за счет электромагнитных потерь, когда на подшипник наматывается обмотка, по которой пропускают переменный ток, а сам подшипник является короткозамкнутым витком;
- способ нагрева переменным током за счет электромагнитных потерь, когда материал подшипника используется в качестве магнитопровода магнитной системы.

Первый способ прост и наиболее часто применяется, но требует наличия печи достаточных размеров с контролем температуры.

Второй способ применяется в случаях, когда размеры подшипника не велики. Недостатками являются повышенная пожароопасность и возможность ожогов горячим маслом. Также запрещено нагревать в масле подшипники с закрытыми сепараторами поскольку они заполнены специальной смазкой.

Третий способ применяется при больших размерах подшипников, когда температура разогретого подшипника снижается незначительно за время снятия обмотки. Недостатками являются необходимость расчета и намотки обмотки, выполняющей роль первичной, а также остаточная намагниченность подшипника, что может привести к повышенному износу в процессе эксплуатации.

Четвертый способ свободен от отмеченных недостатков, но требует специального устройства для намагничивания, которое изучается в работе.

Для нагрева подшипников по рассматриваемому способу используется устройство, состоящее из блока тиристорного управления, двух электромагнитов, понижающего трансформатора, тумблера и предохранителя.

Технические данные, используемого на занятии, оборудования:

- номинальное напряжение сети - 220 В;
- ток сети - не более 1,5 А;
- напряжение катушек электромагнитов - не более 40В;
- количество электромагнитов - 2;
- масса устройства - 8,5 кг;
- габариты корпуса - 260х230х160.

Устройство включается в работу только после установки электромагнита на подшипник так, чтобы магнитный поток проходил по кольцам подшипника. Варианты установки электромагнитов на подшипник показаны на рисунке 3.3.

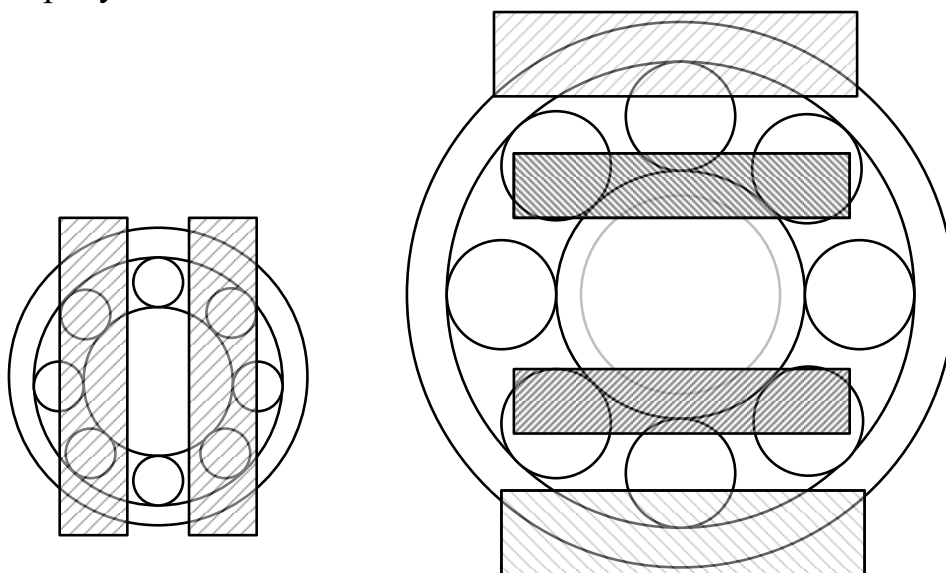


Рисунок 3.3 – Варианты установки электромагнитов на подшипников

Переменный магнитный поток, проходя по кольцам подшипника, нагревает их до требуемой температуры. Продолжительность нагрева подшипника до 80-100 градусов Цельсия зависит от габаритов подшипника и находится в пределах 6-12 минут.

Устройство позволяет одновременный нагрев двух подшипников размеров не более №312. Подшипник более размера №312 необходимо нагревать двумя электромагнитами, установив их на подшипник в соответствии с рисунком 3.3.

Устройство переносное и может быть установлено в любом месте. Его продолжительность непрерывной работы при двух работающих электромагнитах не более одного часа.

Тиристорная схема управления устроена таким образом, что при выключении устройства питание электромагнитов будет снято в момент, когда магнитный поток будет равен нулю и, таким образом, подшипник окажется ненамагниченным.

Практические задания

1. Нагреть подшипники индукционным методом.
2. Снять температурные зависимости различными приборами.
3. Составить отчет.
4. Подготовить ответы на контрольные вопросы.

Алгоритм выполнения заданий

1. Проверить исправность устройства в следующем порядке:
 - Произвести внешний осмотр устройства, проверить надежность соединений.
 - Проверить сопротивление изоляции обмоток электромагнитов по отношению к “железу”.
 - Проверить сопротивление изоляции выходных гнезд по отношению к входным гнездам сети. Если сопротивление изоляции ниже 0,5 МОм, то необходимо включить устройство на пониженное напряжение не выше 127 В и прогреть его в течение получаса. При этом нагрев катушек не должен превышать 70 градусов Цельсия.

1. Установить электромагниты на кольцо подшипника в соответствии с рисунком 3.3.

Для снижения шума электромагнита он может устанавливаться на мягкую прокладку. Малые подшипники устанавливаются сверху на полюса электромагнитов.

2. Подключить соединительные провода электромагнитов к клеммам устройства.
3. Подключить устройство к сети 220В с помощью соединительного шнура.
4. Включить тумблер питания электромагнитов.
5. Начать отсчет времени нагрева одновременно контролируя температуру с интервалом 1 (одна) минута с помощью терморпары и пирометра (температура подшипников контролируется различными приборами, например,

термометром сопротивления, термопарой, инфракрасным пирометром и другими).

6. Отключить питание электромагнитов тумблером при достижении подшипником температуры 80-100 градусов Цельсия.

7. Отключить соединительный шнур от сети.

При нагреве одновременно двух подшипников электромагниты устанавливаются на каждый. Последовательность включения устройства в работу остается неизменной. При отключении одного из электромагнитов необходимо вначале отключить тумблер питания электромагнитов, а затем концы отключаемого электромагнита отсоединить от гнезд.

8. Составить отчет, который должен содержать:

- название занятия;
- цель занятия;
- способ нагрева подшипника;
- описание установки и схему проведения эксперимента;
- графики нагрева;
- выводы.

9. Используя литературные источники [5, 9], подготовить ответы на контрольные вопросы.

Задания для самостоятельной работы

- ознакомиться с конструкцией подшипников;
- описать области применения подшипников различного вида;
- описать принцип нагрева подшипников при помощи индукторов.

Список вопросов для самоконтроля:

1. Устройство подшипников качения и скольжения. Их применение.
2. Признаки неисправности подшипников качения и скольжения.
3. Что означает “тугая посадка”? Какие «посадки» ещё бывают?
4. Способы нагрева подшипников?
5. Физический смысл нагрева методом электромагнитных потерь
6. В каких случаях применяют подшипника качения?
7. Назовите достоинства и недостатки подшипников скольжения?
8. Что является основным критерием работоспособности подшипников скольжения?

Практическое занятие № 4

Тема занятия

Центровка валов электрических машин и механизмов

Цель занятия

Изучить методику и приобрести практические навыки проверки и регулировки центровки валов электрических машин и механизмов.

Перечень знаний и умений для достижения цели

1. Умение пользоваться измерительными приборами [3, 11, 12].
2. Знание техники безопасности [4].

Общие сведения

При работе электроприводов довольно часто возникает вибрация, вызванная неправильной центровкой сопряженных машин, что приводит к повышенному износу подшипниковых узлов и другим дефектам.

Состояние центровки валов (относительное расположения осей валов) оценивают по величине изломов (мм/м) и смещений (мм) осей валов в районах фланцевых (муфтовых) соединений.

Различают положительные и отрицательные изломы и смещения. Излом считается положительным, если фланцы раскрыты вверх (для вертикальной плоскости) или со стороны левого борта (для горизонтальной плоскости). Смещение считается положительным, если фланец носового вала смещен вниз (для вертикальной плоскости) или в сторону правого борта (для горизонтальной плоскости).

Применяют два способа определения излома и смещения на фланцевых соединениях: при помощи линейки и щупа; при помощи двух пар «стрел». Перед снятием замеров машины должны быть рассоединёнными, а валы раздвинутыми до появления между ними зазора в несколько десятых миллиметра.

При использовании линейки и щупа производят измерения в четырех точках по окружности фланцев (верх, низ, правый и левый борта) при одном положении валов. Линейка прикладывается к поверхности фланцев, а щуп вводится в зазор между фланцами муфты. Затем измерения повторяют после проворачивания валов на 180° для того, чтобы исключить влияние неперпендикулярности торцов фланцев и радиальных биений фланцев на результаты подсчета излома и смещения.

При использовании «стрел» на каждое фланцевое соединение устанавливают в вертикальной плоскости диаметрально противоположно две пары стрел, роль которых могут выполнять вворачиваемые в устанавливаемые на фланцы скобы регулировочные винты (рисунок 4.1).

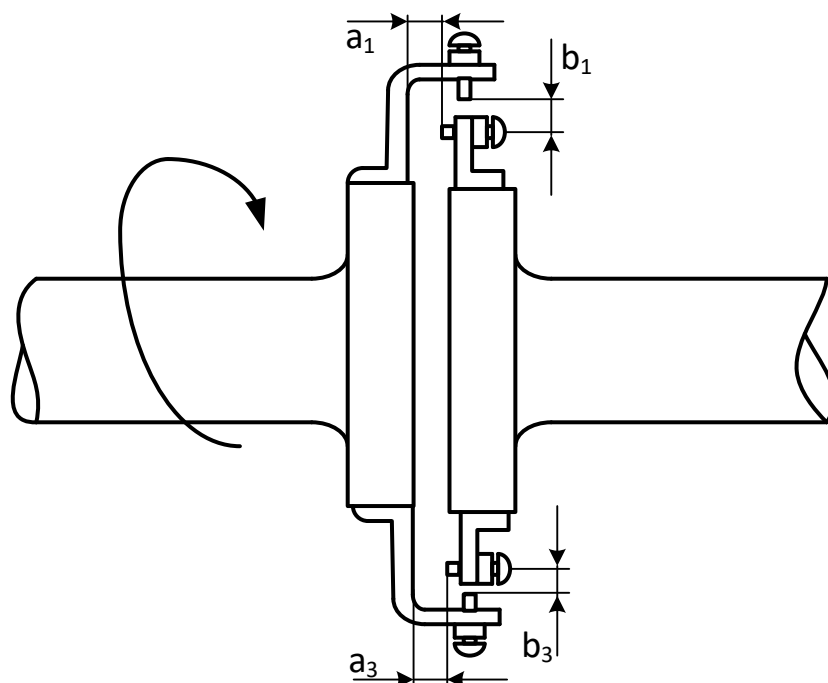


Рисунок 4.1 – Установка скоб для образования пар стрел

Примечание: Возможно установить одну пару «стрел».

С помощью регулировочных винтов устанавливают некоторую величину зазоров между винтами и отсчетными поверхностями «стрел». При проворачивании валов зазоры не должны исчезать полностью.

Измерение зазоров следует производить в вертикальной и горизонтальной плоскостях при последовательном проворачивании валов через 90° в одном направлении. Измерениям, произведенным в осевом направлении, присваивается индекс (a), соответственно измерениям зазоров в радиальном направлении присваивается индекс (b).

О неточности центровки валов судят по результатам измерений зазоров a и b в четырех положениях валов, поворачиваемых каждый раз на 90° . Стрелы при этом находятся поочередно в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Если зазоры a_1, b_1, b_3, a_3 (рисунок 4.2) разные, то центры валов сдвинуты по высоте. Этот дефект исправляют, вводя прокладку соответствующей толщины под узлы крепления сопрягаемой машины (привода). Если разными являются зазоры a_2, b_2, a_4, b_4 в горизонтальных положениях стрел, то центры валов сдвинуты в сторону, но расположены на одной высоте. Этот дефект исправляют перемещением машины (привода) в горизонтальной плоскости.

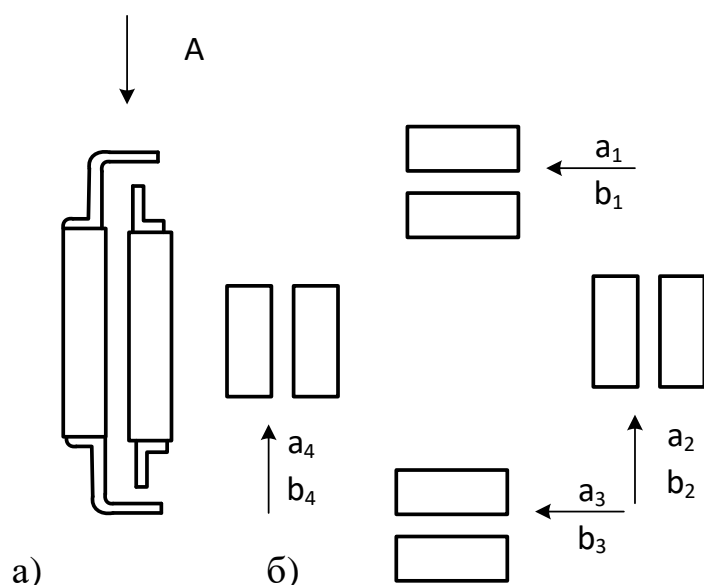


Рисунок 4.2 – выверка валов полумуфтами
 а) установка скоб; б) измерение зазоров

Одновременное несовпадение зазоров во всех четырех положениях «стрел» говорит о том, что центры валов смещены по высоте и сдвинуты в сторону, т.е. перекошены. Так как идеальной центровки валов добиться нельзя, то при центровке стремятся к тому, чтобы выполнялись следующие равенства:

$$a1 + a3 = a2 + a4 \text{ и } \nu1 + \nu3 = \nu2 + \nu4, \quad (4.1)$$

т.е. центрируют валы с некоторой неточностью. Допускаемая неточность центровки задается в документации в виде разностей: $a1 - a3$; $\nu1 - \nu3$; $a2 - a4$; $\nu2 - \nu4$.

Неточность центровки компенсируется установкой соединительных муфт различного типа. Для эластичных муфт эта разность обычно находится в пределах 0,08 - 0,12 мм.

Для ускорения процесса выполнения работы зазоры, характеризующие смещения и изломы, следует измерять одновременно при каждом положении валов. Запись величин зазоров и расчет величин смещений и изломов производят в форме таблицы (таблица 1). Зазоры измеряют с помощью пластинчатых щупов.

Таблица 1 – Результаты измерений

№ пп	$a1$	$\nu1$	$a2$	$\nu2$	$a3$	$\nu3$	$a4$	$\nu4$	$a1 - a3$	$a2 - a4$	$\nu1 - \nu3$	$\nu2 - \nu4$	Характер излома и смещения

Вместо пар «стрел» возможно применить также и пару стрелочных индикаторов с подпружиненными щупами. В этом случае зазоры определяются показаниями индикаторов. Порядок обозначений соответствующих измерений, произведенных индикаторами, такой же, как и при использовании пар «стрел». Преимущество использования индикаторов заключается в высокой точности измерений и значительном сокращении времени выполнения измерений. Недостаток заключается в значительном увеличении габаритов приспособления, поэтому в производственных условиях индикаторы не всегда можно применить.

Практические задания

1. Измерить зазоры.
2. Провести центровку валов.

Алгоритм выполнения заданий

1. Подготовить таблицу для занесения измеренных значений зазоров.
2. Установить валы центрируемых на стенде электромашины и механизма в исходное положение, т.е. с расположением пары стрел в верхнем вертикальном положении.
3. Отрегулировать положение стрел так, чтобы при проворачивании валов зазоры полностью не исчезали.
4. Измерить зазоры a и b , последовательно поворачивая валы на 90° . Данные занести в таблицу и определить разности соответствующих величин.
5. Определить характер излома и смещения и произвести работы по центровке, подкладывая под узлы крепления центрируемой машины прокладки соответствующей толщины.
6. Вновь провести измерения зазоров, занести результаты в таблицу и при неудовлетворительном результате повторить операции по центровке.
7. Составить отчет, который должен содержать следующие позиции:
 - тема занятия;
 - цель занятия;
 - описание и эскиз установки;
 - полученные данные и их обработку;
 - выводы.

Задания для самостоятельной работы

- ознакомиться с последствиями нарушения соосности валов электрических машин;
- описать суть метода проведения центровки валов.

Список вопросов для самоконтроля:

1. Каким образом неточная центровка валов приводит к образованию усилий, вызывающих вибрацию?
2. Какие применяют способы проверки центровки валов?
3. В чем сущность центровки валов методом пар стрел?
4. Каковы нормативы допускаемых изломов и смещений парных валов?

5. В каких случаях предпочтительно применение центровки валов парами стрел и в каких-щупом и линейкой?

6. Как на практике устраняются чрезмерно большие значения изломов и смещений валов?

7. Предложите методику центровки трехмашинного агрегата.

Практическое занятие № 5

Тема занятия

Статическая балансировка роторов электрических машин

Цель занятия

Изучить методику и овладеть навыками статической балансировки якорей (роторов) электрических машин, прошедших ремонт.

Перечень знаний и умений для достижения цели

1. Знания конструкции электрических машин [1].
2. Знание общих понятий технической механики [11].

Общие сведения

Статическую балансировку якорей (роторов) предписывается выполнять после выполнения ремонтных работ по перемотке, пропитке, сушке обмоток, бондажированию, замене и ремонте вентиляционных крылаток, ремонте коллектора и др. При невыполнении работ по балансировке, как правило, возникновение вибрации механизмов неизбежно.

Неуравновешенностью (дисбалансом) называется несовпадение главной оси инерции ротора с осью вращения. Различают три вида дисбаланса:

1. Статический, который заключается в смещении центра тяжести ротора относительно оси вращения. Обнаруживается статический дисбаланс в неподвижном состоянии ротора, например, на параллельных призмах или собственных подшипниках. Статический дисбаланс возникает, например, при несоосности ротора и шеек, при кривизне вала ротора, а также вследствие разницы в весах конструктивных элементов, находящихся на диаметрально противоположных сторонах ротора;

2. Динамический, который возникает в динамическом режиме машины, т.е. при вращении ротора, когда под действием центробежных сил, приложенных к неуравновешенным местным массам, появляются некомпенсированные пары сил, и, соответственно, моменты, раскачивающие ротор;

3. Смешанный, при котором одновременно имеют место статические и динамические дисбалансы. Типичный случай смешанного дисбаланса наблюдается, если на отбалансированный ротор насажены подшипники качения с разностенными внутренними обоймами, эксцентриситет беговых дорожек создает новую ось вращения ротора, а вместе с ней и новый дисбаланс.

Вращение статически и динамически неуравновешенного ротора вызывает вибрацию, способную разрушить подшипники и фундамент машины. Разрушающее воздействие неуравновешенных роторов устраняют путем их балансировки, которая заключается в определении размера и места неуравновешенной массы. Целью статической балансировки является приведение центра тяжести ротора к оси вращения. Статическую балансировку

проводят без вращения детали (кроме случая статической балансировки в динамическом режиме), находя для нее положение безразличного равновесия.

Точность балансировки на призмах зависит от момента силы трения, возникающей между призмами и шейками валов или оправками, на которых устанавливаются детали. При этом обязательным условием балансировки является горизонтальное расположение призм (устанавливается по уровню). При балансировке на роликах точность балансировки зависит от момента трения в опорах и отношения диаметра шейки или оправки к диаметру ролика.

Компенсация статической неуравновешенности осуществляется путем добавления или удаления масс в плоскостях исправления, которыми называются плоскости, перпендикулярные оси вращения ротора. Конструктивно за плоскости исправления принимают торцевые поверхности сердечника ротора: центрирующие нажимные кольца, пазы сердечника ротора, специально предусмотренные кольцевые канавки трапецевидного сечения для балансировочных грузов и т.д. Кроме торцевых поверхностей используется также и середина ротора. На окружности в середине “бочки” ротора, если в пазовых клиньях предусмотрены соответствующие отверстия с резьбой, крепятся балансировочные грузики, компенсирующие статический дисбаланс. Количество и расположение плоскостей исправления оговариваются техническими условиями на ремонт конкретной электрической машины.

Для статической балансировки роторов служит станок, представляющий собой опорную конструкцию из профильной стали и установленными на ней призмами трапецевидной формы (рисунок 4.1). Длина призм должна быть такой, чтобы ротор мог сделать на них не менее двух оборотов. Для тяжелых роторов широкое применение нашли также устройства с парой опорных вращающихся дисков на двух стойках, на которых устанавливается балансируемый ротор.

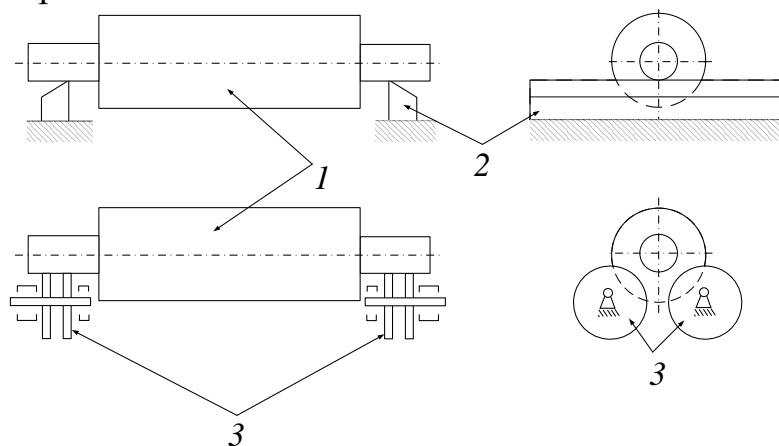


Рисунок 5.1 – Статическая балансировка якорей на призмах и на роликах
1 – якорь, 2 – призмы, 3 – ролики

Статическую балансировку проводят в такой последовательности. Ротор укладывают шейками вала на опорные призмы и легким толчком выводят из равновесия. Неуравновешенный ротор будет стремиться вернуться в такое положение, при котором его тяжелая сторона окажется внизу. Для определения точки окружности, в которой должен быть установлен балансировочный груз, ротор 5-6 раз перекачивают и после каждого останова отмечают мелом нижнюю “тяжелую” точку. После этого на небольшой части окружности окажется несколько меловых отметок. Середина между крайними меловыми отметками определяет место (точку) установки балансировочного груза. Эта точка находится на диаметрально противоположной стороне ротора. В найденной точке устанавливают груз, массу которого подбирают опытным путем до тех пор, пока ротор не станет находиться в безразличном равновесии (т.е. перестанет перекачиваться, если оставить его в произвольном положении). Правильно сбалансированный ротор после перекачивания в одном или другом направлениях должен во всех положениях находиться в состоянии безразличного равновесия. Пробные грузы прикрепляют с помощью пластилина.

При необходимости более полного обнаружения и устранения оставшегося дисбаланса окружность ротора делят на шесть равных частей. Затем, укладывая ротор на призмах так, чтобы каждая из отметок поочередно находилась на горизонтальном диаметре, в каждую из отметок навешивают небольшие грузы до тех пор, пока ротор не займет состояния покоя. Наименьшая масса будет в “тяжелой” точке, а наибольшая - в диаметрально противоположной точке ротора.

По окончании балансировки пробный груз (грузы) заменяют одним стальным такой же массы, равной массе пробных грузов и пластилина, и уменьшенной на массу части электрода, которая пойдет на приварку постоянного груза. Неуравновешенность также можно скомпенсировать выборкой (высверливанием) соответствующей части металла с “тяжелой” стороны ротора.

В настоящей работе дисбаланс ротора создается искусственно путем навешивания груза на сбалансированный ротор.

Следует определить массу навешенного груза, создающего дисбаланс, и скомпенсировать дисбаланс “высверливанием” металла на “тяжелой” стороне, определив при этом место сверления и количество выбираемого материала из соотношения:

$$M_{\text{груза дисбаланса}} \times R_{\text{плеча груза}} = M_{\text{выборки}} \times R_{\text{плеча выборки}}, \quad (5.1)$$

где $M_{\text{груза дисбаланса}}$ – масса груза; $R_{\text{плеча груза}}$ – длина плеча груза; $M_{\text{выборки}}$ – масса высверленного металла; $R_{\text{плеча выборки}}$ – длина плеча места высверливания.

Практические задания

1. Установить опорную конструкцию и призмы в строго горизонтальное положение.
2. Убедиться, что ротор сбалансирован.
3. Создать искусственный дисбаланс ротора и компенсировать его.
4. Составить отчет.
5. Подготовить ответы на контрольные вопросы.

Алгоритм выполнения заданий

1. Установить опорную конструкцию и призмы в строго горизонтальное положение с помощью уровня и регулировочных винтов.

2. Установить балансируемый вал с возможностью свободного качения по призмам.

Для исключения повреждения призм вал следует устанавливать аккуратно.

3. Прокатать несколько раз вал по призмам и убедиться, что ротор сбалансирован.

4. Создать искусственный дисбаланс ротора путем навешивания грузика массой 10 грамм. Прокатать ротор и убедиться в его дисбалансе.

5. Провести измерения и расчеты для компенсации дисбаланса, для чего определить плечо массы груза относительно оси, а затем задать место на плоскости исправления для проведения работы по удалению (высверливанию) металла на «тяжелой» стороне, определив диаметр сверла и глубину сверления.

6. Составить отчет, который должен содержать:

- тема занятия;
- цель;
- описание и эскиз установки;
- полученные данные измерений, расчетов и их обработку;
- выводы.

7. Используя литературные источники [5, 10], подготовить ответы на контрольные вопросы.

Задания для самостоятельной работы

- ознакомиться с основными принципами балансировки;
- описать виды балансировки.

Список вопросов для самоконтроля

1. В каких случаях требуется проведение статической балансировки якорей (роторов) электрических машин?
2. Поясните устройство регулировочных установок.
3. Поясните методику проведения статической балансировки.
4. Как закрепляют пробные грузы?

5. Какова технология замены пробных грузов?
6. Принцип динамической балансировки.
7. В чем заключается сущность статической балансировки деталей?
8. Какие причины влияют на точность статической балансировки?

Практическое занятие № 6

Тема занятия

Дефектация и настройка электрических аппаратов

Цель занятия

Ознакомить студентов с методами дефектации и настройки электрических аппаратов.

Перечень знаний и умений для достижения цели

1. Знания устройства коммутационных аппаратов [12].
2. Умения пользоваться измерительными приборами [3].

Общие сведения

По функциональному признаку электрические аппараты делятся на коммутационные аппараты, аппараты защиты, пуско-регулирующие и смешанного типа. В электроэнергетике применяются все перечисленные виды аппаратов, В настоящей работе на примере контактора и предохранителей осуществляется знакомство с основными параметрам выключателей и аппаратов защиты.

Контакторы и пускатели широко применяются в сетях постоянного и переменного токов промышленной и повышенной частот. Магнитные элементы контакторов постоянного тока выполняются из сплошных стальных заготовок, переменного-шихтованными из листовой электротехнической стали. По конструктивному исполнению магнитные системы контакторов и пускателей выполняются либо с поворотным якорем клапанного типа, либо с прямоходным якорем броневого типа. При прохождении тока по обмотке электромагнита его сердечник намагничивается и притягивает якорь с закрепленным на нем подвижным контактом. Последний, касаясь неподвижного контакта, замыкает цепь. Для предотвращения вибрации магнитная система контакторов переменного тока имеют на магнитной системе короткозамкнутый виток.

Наибольшему износу при работе электрических аппаратов подвергаются их контакты. Восстановление контактных поверхностей (кроме посеребренных) осуществляют немедленно, если это грозит отказу, или во время текущего ремонта. Наплывы, неровности и копоть на контактных поверхностях удаляют напильником или стеклянной бумагой. При зачистке нужно стараться снимать как можно меньше металла. Изношенные контакты заменяются новыми, изготовленными из необожженной профильной меди. После ремонта или замены контактов проверяют их начальное и конечное нажатие, а у главных также провал и растворы. Полученные величины следует сравнить с табличными данными (например, см. табл.1).

Таблица 1 - Нажатие и провалы контактов некоторых контакторов и контроллеров (пример)

Тип	Нажатие контактов, Н				Максимальный провал контактов, мм	
	начальное		конечное			
	мин.	макс.	мин.	макс.	новых	старых
Контакторы						
КП-1	1,5	2,5	2,5	3,2	3,5	2,0
КП-2	7,8	9,81	14,6	19,6	3,0	1,0
КП-3	14,6	17,6	29,4	39,2	3,0	1,5
КП-502	8,8	10,8	17,6	21,6	3,5	1,5
КП-503	13,7	16,7	28,4	34,3	4,0	1,8
КП-504	31,4	39,2	63,7	77,5	5,5	2,5
КПДЗ-2	3,9	4,4	7,9	8,8	3,0	1,0
КПДЗ-3	9,8	11,8	14,7	17,7	3,0	1,5
КПДЗ-4	17,6	22,6	29,4	36,4	7,0	4,0
КП-523	13,7	16,7	28,4	34,3	4,0	1,8
КП-524	31,4	39,2	63,7	77,5	5,5	2,5
КТ-2	6,9	8,8	8,8	11,8	3,0	1,5
КТ-3	15,7	19,6	31,4	38,2	4,0	2,0
КТ-4	31,4	38,2	63,7	77,5	6,0	3,0
Контроллеры						
Барабанные	0,6	1,2	0,6	1,2	2-3	-
Кулачковые	0,6	0,7	1,2	1,4	2-6	-

Начальное нажатие соответствует разомкнутому положению контактов. Для определения этой величины между подвижным контактом 3 и его держателем 4 прокладывают полоску бумаги (фольги) 2 (см.рис.1а). Оттягивая подвижный контакт с силой F , динамометром фиксируют тот момент, когда бумага освобождается.

Конечное нажатие измеряют при замкнутых контактах, между которыми предварительно проложена полоска бумаги 2 (рис. 1б). Усилие, зафиксированное динамометром в момент, когда полоска бумаги свободно вытягивается, и будет искомой величиной нажатия.

Новые контакты в замкнутом положении должны иметь касание не менее, чем на 75% своей ширины. При этом подвижные контакты должны перекатываться по неподвижным. Неодновременность касания у многополюсных аппаратов не должна превышать 0,5 мм.

Нажатие регулируется нажатием контактной пружины. При затяжке необходимо обращать внимание на то, чтобы между витками пружины оставались зазоры.

Небольшие отклонения от указанных в документации значений нажатия могут быть устранены подгибанием концов кронштейна контактодержателя. У пускателей типа ПН и ПМН такая регулировка возможна путем поворота контактодержателя относительно вала. Нажатие можно регулировать подкладкой шайб под пружины. Если последние все же не обеспечивают нужного нажатия, то их заменяют на новые.

Провал контактов есть расстояние, на которое может сместиться подвижный контакт, от точки касания с неподвижным, если удалить неподвижный. Определяется по методу, указанному на рис.1в,г. Уменьшение провала уменьшает нажатие, что, в свою очередь приводит к чрезмерному нагреву контактов.

Раствор контактов – максимальное расстояние между разомкнутыми контактами.

В отремонтированном контакторе (пускателе) следует тщательно проверить крепление всех соединений. Подвижные части должны свободно, без заеданий и торможений перемещаться как при включении, так и при отключении. Гибкие соединения не должны касаться неподвижных частей и тормозить движение якоря (поворотного механизма).

Площадь касания определяется по отпечатку копировальной бумаги на белом листе при закладке их в место касания подвижной и неподвижной частей. Требуемой площади касания добиваются путем регулировки положения сердечника (подвижной части магнитопровода) и (или) шлифовкой плоскостей касания.

Устройство предохранителя ПР-2 на токи 100-1000 А и форма плавкой вставки показаны на рис.2 а,б соответственно. При обслуживании предохранителей основное внимание следует уделять контролю состояния контактных соединений и своевременной замене перегоревших вставок запасными.

Ремонт предохранителей сводится к замене пришедших в негодность контактных болтов и зажимов и изготовлению запасных плавких вставок.

последние изготавливают из оловянной, свинцовой, медной или железной проволоки, а затем калибруют, указывая величину номинального тока.

Практические задания

1. Произвести дефектацию контактора.
2. Проверить работоспособность предохранителей.

Алгоритм выполнения заданий

1. Произвести дефектацию контактора, определив одновременность замыкания главных контактов, раствор, провал, начальное и конечное их нажатие, относительную величину касания, проверить работу механической системы, измерить сопротивление изоляции катушки, состояние дугогасительных камер.

2. Подключить катушку на напряжение и определить:

- напряжение втягивания - наименьшее напряжение, при котором происходит включение контактора без остановки или задержки подвижной системы (норма 85% $U_{ном}$).
- напряжение удержания – наименьшее напряжение на катушке, при котором якорь электромагнита контактора удерживается в полностью притянутом положении (норма 70% $U_{ном}$);
- напряжение отпадания – наибольшее напряжение на катушке, при котором происходит полное отпадание якоря электромагнита (не более 60% $U_{ном}$);
- коэффициент возврата – отношение напряжения отпадания якоря к напряжению втягивания.

3. Ознакомиться с представленными на стенде предохранителями, определить их марку. Проверить предохранители на предмет сгоревших вставок. Разобрать предохранитель и ознакомиться с его устройством.

4. Составить отчет.

Задания для самостоятельной работы:

- ознакомиться с методами дефектации контактов;
- ознакомиться с правилами обслуживания плавких предохранителей.

Список вопросов для самоконтроля

1. Какие существуют типы электрических аппаратов?
2. Особенности дефектации контакторов, пускателей постоянного и переменного тока.
3. Почему уменьшение провала приводит к нагреву контактов?
4. Правила проверки и замены сгоревших предохранителей.
5. Каким образом осуществляется контроль температуры контактных соединений предохранителей?
6. Токо-временная характеристика автоматического выключателя и предохранителя.

Практическое занятие № 7

Тема занятия

Изучение методов определения короткозамкнутых витков обмоток электрических машин, трансформаторов и катушек

Цель занятия

Ознакомиться с принципами и приборными методами обнаружения витковых замыканий и обрывов в обмотках электрических машин, трансформаторов и катушек.

Перечень знаний и умений для достижения цели

1. Знания устройства асинхронного двигателя [1].
2. Умение пользоваться измерительными приборами [3].

Общие сведения

Ухудшение межвитковой изоляции в статорных обмотках асинхронных двигателей и последующие межвитковые замыкания в большинстве случаев являются следствием естественного старения изоляции из-за комплексного воздействия окислительных, термических, механических, ионизационных и ряда других факторов. Появление этого дефекта сопровождается местным нагревом обмотки статора, нарушением симметрии и увеличением линейных токов, уменьшением частоты вращения ротора даже при отсутствии нагрузки.

Практика эксплуатации показывает, что межвитковые замыкания в статорных обмотках с номинальным напряжением 220 В и выше, возникнув, как правило, быстро прогрессируют и дают о себе знать очевидными внешними проявлениями (срабатыванием максимальной защиты, а иногда и запахом горелой изоляции). В результате требуется перемотка части или всей статорной обмотки.

При более низком номинальном напряжении, например, в полюсных катушках обмоток возбуждения синхронных генераторов процесс ухудшения витковой изоляции, возникновения и развития межвитковых замыканий может быть значительно растянут во времени (даже на годы). При этом необходима возможность взять этот процесс под контроль с помощью средств диагностирования с тем, чтобы инструментальным способом количественно оценивать степень деградации витковой изоляции и установить тот предел, за которым дальнейшая эксплуатация технического средства становится недопустимой по мотивам обеспечения его надлежащей надежности.

В сварных клетках асинхронных машин наиболее типичный дефект - разрушение в местах приварки стержней к замыкающему кольцу. В литых роторах - обрывы самих стержней.

Причины появления дефектов в роторе многообразны: технологический брак при изготовлении, вибрация стержней в пазах, ухудшение теплопередачи между стержнями и пакетом железа ротора и т.д.

Особенно часто дефекты роторной клетки развиваются у электродвигателей с повторно-кратковременным режимом работы (электроприводы грузоподъемных механизмов) или с тяжелым пуском (компрессоры, сепараторы, воздуходувки и т.п.).

Если разрушение имеют 1-2 стержня, то это может внешне не проявляться. При прогрессировании разрушения снижается вращающий момент, увеличивается время пуска, начинает срабатывать защита от перегрузки, появляется дополнительная вибрация. Со временем выходят из строя защитные электротепловые реле, которые не выдерживают повторяющихся затяжных пусков, а также расцепители в автомате питающего фидера.

Дефекты роторной клетки нарушают электромагнитную симметрию трехфазной электрической машины и увеличивают опасность повреждения статорной обмотки вследствие появления локальных вибраций и перенапряжений в пазах статора.

Дефекты короткозамкнутых роторных клеток практически невозможно установить, не располагая специальными диагностическими устройствами.

Устройство типа ДЭМ для диагностики электрических машин

Устройство предназначено для диагностики статорной обмотки и роторной клетки в трехфазных асинхронных двигателях с короткозамкнутым ротором с номинальным питающим напряжением до 1000 В.

В статорных обмотках диагностируется ухудшение межвитковой изоляции и наличие межвитковых замыканий, а в роторной клетке - наличие обрывов стержней, микротрещин и других дефектов.

Устройство пригодно также для диагностирования витковых замыканий в других видах электрооборудования с номинальным напряжением до 1000 В: в роторных обмотках трехфазных асинхронных машин с фазным ротором, в полюсных катушках обмоток возбуждения явнополюсных синхронных генераторов, в полюсных катушках машин постоянного тока, в обмотках трехфазных трансформаторов, дросселей и т.п., в однофазных обмотках любого электрооборудования при наличии двух или более идентичных объектов диагностирования.

Принцип диагностирования

Принцип диагностирования с помощью устройства ДЭМ основывается на сравнении трех измерений относительной индуктивности в трехфазной системе обмоток.

При отсутствии дефектов (межвитковых замыканий в обмотках, обрывов стержней ротора и др.) все три замера примерно одинаковы. Наличие того или иного дефекта делает диагностируемую систему (например, трехфазный асинхронный электродвигатель) несимметричной в электромагнитном отношении. Соответственно замеры (по фазам или междуфазные) не будут оди-

наковыми. Разница в замерах, выраженная в процентах или в единицах шкалы измерительного прибора, встроенного в устройство ДЭМ, может в известной степени служить мерилем степени обнаруженного дефекта.

При диагностировании полюсных катушек обмотки возбуждения синхронных генераторов подключение устройства ДЭМ к каждой катушке производится без распайки соединений при неизменной чувствительности устройства. В этом случае производится сравнение показаний прибора при подключении к дефектной катушке (с витковыми замыканиями) с соответствующими замерами на остальных катушках, большая часть которых исправна.

Устройство ДЭМ обладает высокой чувствительностью, позволяющей не только устанавливать наличие единичных металлических витковых замыканий в обмотках, но и отмечать сам факт ухудшения витковой изоляции до возникновения замыканий.

Устройство позволяет также надежно диагностировать наличие даже одного поврежденного стержня роторной клетки.

Высокая чувствительность устройства достигается использованием в качестве измерительного - импульсного напряжения с длительностью импульсов 10 - 50 мкс и величиной до 800 В.

Конструкция

Устройство ДЭМ выполнено переносным в металлическом корпусе со съемной верхней крышкой, открывающей доступ к внутреннему монтажу.

На лицевой панели расположены:

- индикатор (микроамперметр) для настройки чувствительности и отсчета показаний,
- выключатель питания,
- светодиод наличия питания,
- переключатель величины измерительного напряжения,
- потенциометры настройки чувствительности.

На задней панели расположены ввод кабеля питания, предохранитель и выводы для подключения измерительных проводников.

Устройство помещается в транспортировочный футляр с ручкой, в котором размещен также весь комплект поставки.

Внутри устройства находятся силовой трансформатор, блок высоковольтных конденсаторов, тиристорный коммутатор и печатная плата.

Трансформатор обеспечивает питание устройства от сети 220 В. Необходимость в сетевом питании создает, конечно, некоторые неудобства при использовании устройства. Однако, с другой стороны, благодаря наличию сетевого питания появилась возможность обеспечить мощность измерительных

импульсов, достаточную для выявления не только витковых замыканий, но и тенденций к их возникновению.

Блок конденсаторов обеспечивает формирование импульсов напряжения требуемых параметров, а тиристорный коммутатор служит для коммутации конденсаторов.

Технические данные устройства ДЭМ:

- напряжение сети питания - 220 В;
- частота сети питания - 50 Гц;
- габаритные размеры - 265 x 160 x 160;
- масса - не более 7 кг;
- максимальная допустимая температура воздуха -55°С;
- потребляемая мощность - 100 ВА;
- выходное напряжение - импульсное 400 В и 800 В;
- длительность импульсов 10 - 50 мкс;
- время непрерывной работы - не более 30 мин;
- время перерыва до повторного включения после непрерывной работы в течение 30 мин - не менее 15 мин.

Методы использования

Диагностирование трехфазных асинхронных электродвигателей (АД) с короткозамкнутым ротором.

Проверяются только АД, отключенные от сети. Измерительное напряжение подключается к выводам двигателя или его пускового устройства. Если показания ДЭМ в трех замерах отличаются не более, чем на 3-5 единиц шкалы, то их можно считать одинаковыми, а сам АД – не имеющим дефектов статорной обмотки и роторной клетки.

Расхождение показаний более, чем на 5 единиц шкалы, свидетельствует об электромагнитной несимметрии АД, которая может быть следствием того или иного дефекта. В этом случае следует использовать следующий алгоритм проверки (рисунок 6.1).

При получении неодинаковых показаний необходимо определить место дефекта - статорная обмотка или роторная клетка. Для этого, не меняя чувствительности устройства, поворачивают ротор на 40 - 50° в любую сторону и повторяют измерения. Если показания остались прежними, то это однозначно говорит об исправности ротора и наличии электромагнитной несимметрии статора. Последняя не обязательно вызывается витковыми замыканиями. Она может появляться после капитального ремонта обмотки (ее перемотки).

Если же с поворотом ротора показания устройства в трех замерах изменяются относительно первоначальных, это свидетельствует о дефекте роторной клетки.

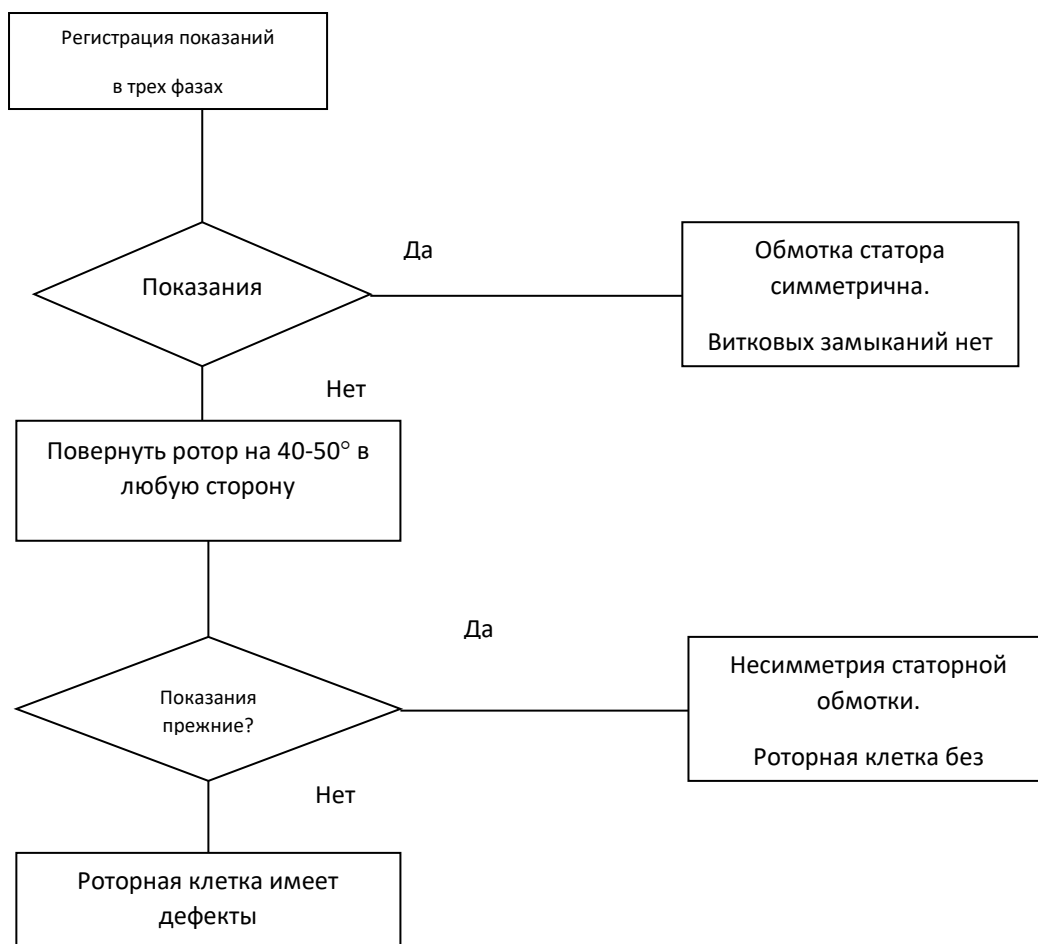


Рисунок 7.1 - Последовательность диагностирования АД с помощью устройства ДЭМ

Диагностирование обмотки возбуждения явнополюсных синхронных генераторов

Устройство ДЭМ с помощью специальных щупов с заостренными наконечниками может быть подключено через смотровые окна к каждой полюсной катушке без их распайки. При этом обязательным требованием является отключение от обмотки возбуждения схемы самовозбуждения и регулирования напряжения.

Измерения на каждой катушке производятся при одной и той же чувствительности устройства. Одинаковые или отличающиеся не более, чем на 5 единиц шкалы показания по всем полюсным катушкам свидетельствуют о симметричности обмотки возбуждения, т.е. отсутствии ухудшения состояния витковой изоляции.

Если расхождения в показаниях более существенны, это служит признаком наличия в обмотке возбуждения дефекта.

Рекомендуется перед первым измерением на данном генераторе пронумеровать полюсные катушки с тем, чтобы при последующих проверках иметь возможность оценивать изменение технического состояния каждой катушки.

Диагностика трехфазных трансформаторов

Эти объекты проверяются также как и АД последовательным подключением измерительного напряжения от устройства ДЭМ к выводам фаз первичной и вторичной обмоток и последующим сравнением показаний в каждом из трех замеров.

Следует, однако, иметь в виду, что трехфазные трансформаторы, в отличие от трехфазных АД, во многих случаях имеют конструктивную несимметричность выполнения обмоток и магнитной системы. Это приводит к большому расхождению показаний индикатора в трех замерах, не вызванному витковыми замыканиями в обмотках.

Чтобы убедиться в этом, достаточно наложить на одну из фазных обмоток короткозамкнутый виток и, не меняя чувствительности устройства ДЭМ, повторить измерения. При отсутствии витковых замыканий в обмотке индикатор устройства, подключенный к фазе с наложенным витком, будет зашкаливать. При наличии витковых замыканий дополнительное отклонение стрелки индикатора при наложении короткозамкнутого витка будет сравнительно небольшим (15 - 20 единиц шкалы).

Принятие решений по результатам диагностирования

Применительно к АД с короткозамкнутым ротором это может делаться, например, следующим образом.

Обследованные двигатели относят к одной из трех групп:

- к первой группе относят АД, симметричные в электромагнитном отношении, т.е. не имеющие дефектов статорной обмотки и роторной клетки.

- ко второй группе следует отнести АД, имеющие выраженную несимметрию, при которой расхождение показаний индикатора в трех замерах составляет более 10 единиц шкалы, однако сопутствующие повреждения симптомы пока не наблюдаются. К ним, например, относятся систематические срабатывания электротепловой защиты при пуске электропривода, затяжной (тяжелый) пуск, осевая вибрация.

Эксплуатация АД второй группы может быть продолжена, но рекомендуется периодически производить повторное диагностирование с помощью ДЭМ.

- к третьей группе следует отнести АД, у которых помимо большой электромагнитной несимметрии (30 и больше единиц шкалы индикатора устройства ДЭМ), явно выражены сопутствующие симптомы. Например, срабатывания защиты при пуске электропривода становятся столь частыми, что вынуждают обслуживающий персонал до предела увеличивать ток уставки защитного реле. Сами реле, не рассчитанные на нештатные затяжные пуски, выходят из строя и демонтируются или шунтируются персоналом.

Электроприводы, отнесенные по результатам диагностирования к третьей группе, особенно ответственного назначения, рекомендуется заменить.

Наиболее характерным симптомом, сопутствующим появлению витковых замыканий в обмотке возбуждения синхронного генератора, является его вибрация, появляющаяся в возбужденном состоянии и исчезающая при снятии

возбуждения. В этом случае дефектные полюсные катушки подлежат скорейшему ремонту.

Если же витковые замыкания в обмотке возбуждения диагностируются, но повышенная вибрация генератора в возбужденном состоянии не наблюдается, эксплуатация генератора может быть продолжена, но рекомендуется через каждые 3-4 месяца производить повторное диагностирование с помощью устройства ДЭМ.

Практические задания

1. Проверить на наличие межвитковых замыканий асинхронный двигатель.

2. Проверить на наличие межвитковых замыканий трехфазный трансформатор.

Алгоритм выполнения заданий:

1. Подготовить, включить и настроить прибор ДЭМ для диагностики обмоток трехфазного асинхронного электродвигателя.

Провести измерения согласно приведенным выше рекомендациям.

Оценить результаты измерений согласно приведенным выше рекомендациям.

2. Подготовить, включить и настроить прибор ДЭМ для диагностики трехфазного трансформатора.

Провести измерения согласно приведенным выше рекомендациям.

Оценить результаты приведенным выше рекомендациям.

3. Составить отчет, который должен содержать:

- тема занятия;
- цель;
- краткое описание работы и установки;
- полученные данные и их обработку;
- выводы.

Задания для самостоятельной работы

- описать последствия межвитковых замыканий и проблему их выявления у асинхронных двигателей;

- описать последствия межвитковых замыканий и проблему их выявления у трехфазных трансформаторов.

Список вопросов для самоконтроля

1. Устройство и принцип работы трехфазного асинхронного двигателя
2. Возможные неисправности машин переменного тока
3. Методы и алгоритмы поиска неисправностей электрических машин
4. Основные методы восстановления технического состояния

Практическое занятие № 8

Тема занятия

Определение места повреждения кабельной линии

Цель занятия

Ознакомиться с одним из методов определения места повреждения кабельной линии.

Перечень знаний и умений для достижения цели

1. Умение пользоваться измерительными приборами [3].
2. Знания общих понятий электротехники [2].

Общие сведения

Новый кабель имеет сопротивление изоляции не менее 100 МОм на 1 км длины. При прокладке оно снижается вследствие воздействия внешней среды или касания оболочкой элементов кабельных устройств, а также недостаточного качества изоляции в выводных и переходных коробках. Качество изоляции ухудшается также при ее старении и возникновении скрытых механических повреждений при прокладке и монтаже кабеля.

Дефекты и отказы в кабельных трассах характеризуются такими проявлениями как: замыкание одной или нескольких жил на корпус (землю); соединение в месте повреждения двух и более жил кабеля между собой; обрыв одной или нескольких жил с заземлением или без него; заплывающий пробой изоляции.

Характер повреждения в большинстве случаев можно определить мегомметром. Характер повреждения в большинстве случаев можно определить мегомметром. Для этого производят измерения сопротивления изоляции каждой жилы по отношению к земле и между собой, а также проверяют их целостность. При заплывающих пробоях изоляции иногда приходится производить ее прожигание, с тем, чтобы получить в месте повреждения кабеля малое переходное сопротивление. На основании полученных данных и составляют схему повреждения, пользуясь которой, выбирают наиболее приемлемый метод определения точки повреждения. Для определения точки повреждения кабельной трассы применяют дистанционные (импульсный, колебательного разряда, емкостной, сопротивления и др.) и топографические (акустический, индукционный, петли и накладной рамки) методы.

Индукционный метод основан на принципе подачи в кабель через место замыкания электрического тока звуковой частоты (соответственно образуется переменное магнитное поле) и «прослушивания» кабеля с помощью катушки на ферромагнитном сердечнике и телефонной трубки распространяющегося по кабелю сигнала звуковой частоты. Сигнал прослушивается только до места короткого замыкания жил на землю или между собой. Этот метод применим при пробое изоляции и замыкании жил кабеля и при обрыве жил с одновременным замыканием между собой, т.е. должна существовать замкнутая цепь для протекания тока через место пробоя изоляции или замыкания поврежденных жил кабеля.

Практические задания

1. Определить состояние кабельной линии.
2. Найти место повреждения кабельной линии.

Алгоритм выполнения заданий

1. С помощью мегомметра определяется состояние жил кабеля и характер повреждения путем проверки каждой жилы на замыкание на корпус и между собой, а также на обрыв.

2. К обнаруженной поврежденной жиле (жилам) подключается генератор звуковой частоты таким образом, чтобы образовалась замкнутая цепь для прохождения переменного тока звуковой частоты (Рисунок 8.1).

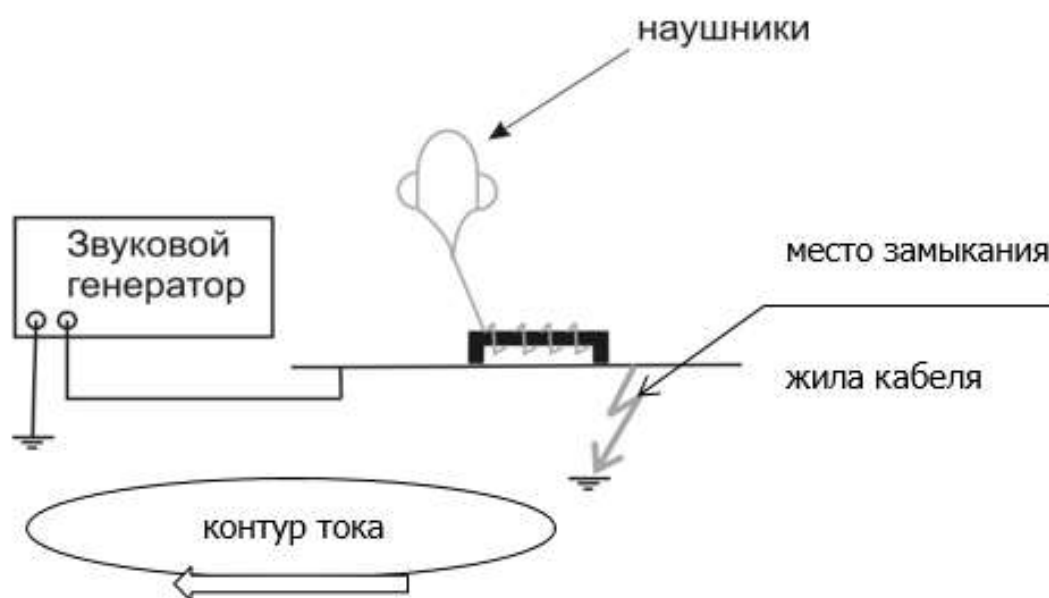


Рисунок 8.1 – Определение места повреждения кабеля

3. К кабелю подносится катушка, намотанная на ферритовый сердечник, и по тону в телефоне изменением частоты генератора настраивается наибольшая слышимость звука и, соответственно, чувствительность восприятия.

4. Для определения места повреждения катушка перемещается вдоль кабеля до места, где звук пропадает. Таким образом, определяется место повреждения жилы кабеля в виде замыкания.

5. В процессе опыта определить влияние металлического экрана на чувствительность метода.

6. Определить частоту, на которой получается наилучший результат.

7. Процесс повторить для других поврежденных жил.

8. Составить отчет, который должен содержать:

- тема занятия;
- цель;
- описание и схема испытания;
- полученные данные;
- выводы.

Задания для самостоятельной работы

- ознакомиться с основными принципами поиска мест замыкания кабельных линий;
- ознакомиться с методами определения состояния кабельных линий.

Список вопросов для самоконтроля

1. Способы измерения сопротивления изоляции кабелей.
2. Дефекты и отказы в кабельных линиях.
3. Методы определения отказов кабелей.
4. Методы поиска места повреждений в кабельной линии.
5. Ограничения в применении индукционного метода поиска места повреждения кабельной линии.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Вольдек А.И. Электрические машины. - Л.: Энергия, 1978. - 832 с.
2. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. 9-е изд., перераб. и доп. – Москва: «Высшая школа», 1996г. – 638 с.
3. Измерение электрических и неэлектрических величин : учеб. пособие / Н. Н. Евтихийев, Я. А. Купершмидт, В. Ф. Папуловский, В. Н. Скугоров ; под общ. ред. Н. Н. Евтихиева. - Москва : Энергоатомиздат, 1990. - 349 с.
4. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей в вопросах и ответах: учеб.-практ. пособие / С. С. Бодрухина. - Москва : КНОРУС, 2010. - 160 с.
5. Атабеков В.Б. Ремонт трансформаторов, электрических машин и аппаратов/ В.Б. Атабеков. – Москва: Высшая школа, 1988. – 415 с.
6. Гемке Р.Г. Неисправности электрических машин/ Р.Г. Гемке – Ленинград: Энергоиздат, 1989. – 336 с.
7. Справочник по наладке электроустановок и электроавтоматики / С.Е.Васильев, Б.М.Забарский, Б.А.Холодовский и др. - Киев : Наукова думка, 1972. - 624с.
8. Справочник по наладке электрооборудования промышленных предприятий / Г.З.Богорад, А.М.Вейнер, Т.Г.Гильманов и др.; под ред.М.Г.Зименкова. - Москва : Энергоатомиздат, 1983. - 480с.
9. Иванов М. Н. Детали машин : учеб. / М. Н. Иванов, В. А. Финогенов - Москва : Юрайт, 2016. - 408 с.
10. Левит, М. Е. Балансировка деталей и узлов / М. Е. Левит. - Москва: Машиностроение, 1986. - 247с.
11. Калугин М.Г. Монтаж и ремонт механизмов морских судов. -М.: Транспорт, 1971. – 432 с.
12. Железняков А.Т. Справочник по ремонту электрооборудования на судах.-Л.; Судостроение, 1982. -124 с.

Приложение А
Пример выполнения заданий
Образец титульного листа

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Институт морских технологий, энергетики и строительства
Кафедра энергетики

ОТЧЕТ О РАБОТЕ НА ПРАКТИЧЕСКОМ ЗАНЯТИИ

«Тема занятия»

по дисциплине «Основы эксплуатации электрооборудования электростанций и
подстанций»
направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Работу выполнили:
студенты гр. ХХ-ЭЭ
Иванов И.И.
Петров П.П.
Васильев В.В.

Калининград
202Х

Требования к оформлению отчета

Отчет о работе на практическом занятии должен отражать основные результаты, полученные в ходе экспериментального и аналитического исследования, и выводы о характере и причинах полученных зависимостей. Отчет выполняется по указанию преподавателя индивидуально каждым студентом либо в форме общего отчета на бригаду студентов, совместно проводивших экспериментальное исследование на одной установке.

Отчет оформляется в электронном виде в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105-95. На все рисунки и таблицы должны быть ссылки в тексте, например, «(рисунок 1)», «приведены в таблице 2». Подписи таблиц и рисунков выполняются по форме «Таблица 1 – Название» (над таблицей, выравнивание по левому краю без отступа), «Рисунок 1 – Название» (под рисунком, выравнивание по середине без отступа). При подготовке рисунков и схем рекомендуется использовать редактор MS Visio. Построение диаграмм (графиков) рекомендуется выполнять посредством MS Excel, Mathcad или аналогичных программ.

Общие требования к оформлению документа:

- Шрифт Times New Roman, размер 12.
 - Выравнивание текста по ширине
 - Межстрочный интервал – 1,15
 - Отступ первой строки абзаца – 1,25 см
 - Выравнивание рисунков – по центру без отступа
 - Выравнивание таблиц – по ширине окна, без отступа
- Внедрение формул через редактор формул

Приложение Б

Описание текущего контроля

Текущий контроль проводится после выполнения всех пунктов практического задания в виде индивидуального или группового опроса по вопросам, включенным в список для самоконтроля, так и по вопросам, касающимся хода выполнения практических заданий.

Нормой выполнения практической работы является выполнение следующих условий:

- очное присутствие на занятии;
- успешное выполнение практических заданий;
- оформление отчета в соответствии с требованиями приложения А и требованиями к его содержанию;
- правильные ответы в процессе опроса.