

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»  
(ФГБОУ ВО ПГУПС)  
**Калининградский филиал ПГУПС**



**УТВЕРЖДАЮ**  
Начальник Управления  
по работе с филиалами

Е.В. Панюшкина  
«10» января 2020 г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ  
ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

**ПМ.01 ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ  
ПОДВИЖНОГО СОСТАВА**

**МДК.01.01 Конструкция, техническое обслуживание и ремонт  
подвижного состава (по видам подвижного состава)**

**Тема 1.3. Электрические машины ЭПС**

**для специальности**

**23.02.06 Техническая эксплуатация подвижного состава железных дорог**

*базовая подготовка,  
на базе среднего общего образования*

*Форма обучения: очная*

*Нормативные сроки обучения: 2 года 10 месяцев*

*Начало подготовки: 2020 год*

г. Калининград  
2020

Методические рекомендации предназначены для организации и проведения практических занятий в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта. Данная учебно-методическая разработка ориентирована на оказание педагогической поддержки студенту при выполнении этого вида учебной деятельности. В ней определены цели и задачи практических занятий, объем в часах по учебной дисциплине в соответствии с программой, задания для практической работы, разработанные преподавателем, а также список необходимой литературы и источников.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Пояснительная записка
2. Перечень лабораторных (практических) работ (занятий)

### ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методическое пособие по выполнению лабораторных (практических) работ (занятий) составлены в соответствии с требованиями ФГОС СПО к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников СПО по специальности и на основе рабочей программы Профессионального модуля ПМ01.

Обучающийся в ходе освоения профессионального модуля должен:

#### **иметь практический опыт:**

- эксплуатации, технического обслуживания и ремонта деталей, узлов, агрегатов, систем подвижного состава железных дорог с обеспечением безопасности движения поездов;

#### **уметь:**

- определять конструктивные особенности узлов и деталей подвижного состава;
- обнаруживать неисправности, регулировать и испытывать оборудование подвижного состава;
- определять соответствие технического состояния оборудования подвижного состава требованиям нормативных документов;
- выполнять основные виды работ по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту подвижного состава;
- управлять системами подвижного состава в соответствии с установленными требованиями;
- очищать и содержать рабочее место и помещение в порядке;

#### **знать:**

- конструкцию, принцип действия и технические характеристики оборудования подвижного состава;
- нормативные документы по обеспечению безопасности движения поездов;
- систему технического обслуживания и ремонта подвижного состава

Содержание модуля ориентировано на подготовку студентов к освоению основным видам профессиональной деятельности и соответствующим им профессиональным компетенциям



**ПК1.1.** Эксплуатировать подвижной состав железных дорог.

**ПК1.2.** Производить техническое обслуживание и ремонт подвижного состава железных дорог в соответствии с требованиями технологических процессов

**ПК1.3.** Обеспечивать безопасность движения подвижного состава

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование общих компетенций, включающих в себя способность:

**ОК 1** Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

**ОК 2** Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

**ОК 3** Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

**ОК 4** Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

**ОК 5** Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

**ОК 6** Работать в коллективе и в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

**ОК 7** Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), за результат выполнения заданий.

**ОК 8** Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

**ОК 9** Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.



## ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

	ЧАСОВ
1 Испытание генератора постоянного тока независимого возбуждения.	2
2 Испытание двигателя с параллельным возбуждением.	2
3 Запуск и реверсирование электрического двигателя постоянного тока.	2
4 Диагностика состояния щеточно-коллекторного узла.	2
5 Испытание синхронного генератора.	2
6 Выявление неисправностей синхронной электрической машин и причин их возникновения.	2
7 Запуск и реверсирование электрического двигателя переменного тока.	2
8 Испытание асинхронного двигателя.	2
9 Выявление неисправностей асинхронной электрической машин и причин их возникновения.	2
10 Испытание трансформатора по методу холостого хода и короткого замыкания.	2
11 Диагностика технического состояния электромашинного преобразователя, выявление неисправностей, определение условий дальнейшей эксплуатации.	3
12 Техническое обслуживание электрической машины постоянного тока.	2
13 Техническое обслуживание электрической машины переменного тока.	2
14 Проверка технического состояния тягового двигателя постоянного тока, выявление неисправностей, определение условий дальнейшей эксплуатации.	2
15 Техническое обслуживание тягового трансформатора.	2
16 Определение неисправностей тягового трансформатора и методов их устранения.	2
Всего 33	

# Лабораторная работа №1

**Тема:** Исследование генератора постоянного тока независимого возбуждения.

**Цель работы:**

- 1) изучить конструкцию генератора постоянного тока независимого возбуждения и приобрести практические навыки при снятии и построении основных характеристик;
- 2) найти экспериментальное подтверждение теоретическим сведениям о генераторах постоянного тока независимого возбуждения.

**Оборудование:** лабораторный стенд

## Краткие теоретические сведения

Схема включения генератора независимого возбуждения показана на рис. 1, а. Реостат  $r_{pv}$ , включенный в цепь возбуждения, дает возможность регулировать ток  $I_B$  в обмотке возбуждения, а следовательно, и основной магнитный поток машины. Обмотка возбуждения питается от источника энергии постоянного тока: аккумулятора, выпрямителя или же другого генератора постоянного тока, называемого в этом случае *возбудителем*.

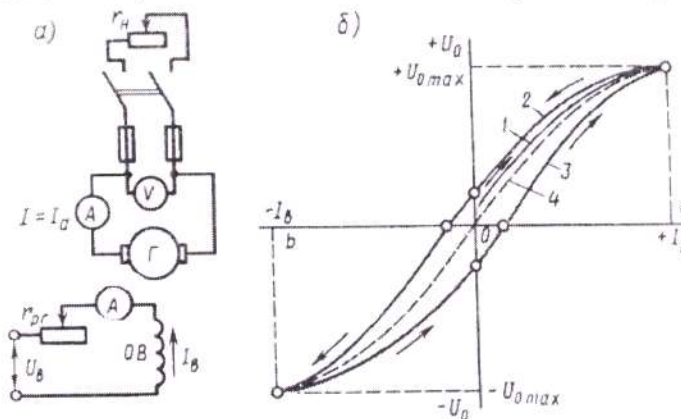


Рис. 1 Принципиальная схема (а) и характеристики х.х. (б) генератора независимого возбуждения

**Характеристика холостого хода.** При снятии характеристики  $U_0 = f(I_B)$  генератор работает в режиме х.х. ( $I_a = 0$ ). Установив номинальную частоту вращения и поддерживая ее неизменной, постепенно увеличивают ток в обмотке возбуждения  $I_B$  от нулевого значения до  $+I_B = Oa$ , при котором напряжение х.х.  $U_0 = 1,15U_{ном}$ . Получают данные для построения кривой 1 (рис. 1, б). Начальная ордината кривой 1 не равна нулю, что объясняется действием небольшого магнитного потока остаточного



магнетизма, сохранившегося от предыдущего намагничивания машины. Уменьшив ток возбуждения до нуля, и изменив его направление, постепенно увеличивают ток в цепи возбуждения до  $-I_B = Ob$ . Полученная таким образом кривая 2 называется *нисходящей ветвью характеристики*. В первом квадранте кривая 2 располагается выше кривой 1. Объясняется это тем, что в процессе снятия кривой 1 произошло увеличение магнитного потока остаточного намагничивания. Далее опыт проводят в обратном направлении, т. е. уменьшают ток возбуждения от  $-I_B = Ob$  до  $I_B = 0$ , а затем увеличивают его до значения  $+I_B = Oa$ . В результате получают кривую 3, называемую *восходящей ветвью характеристики* х.х. Нисходящая и восходящая ветви характеристики х.х. образуют петлю намагничивания. Проведя между кривыми 2 и 3 среднюю линию 4, получим расчетную характеристику х.х.

**Нагрузочная характеристика генератора.** Эта характеристика выражает зависимость напряжения  $U$  на выходе генератора от тока возбуждения  $I_B$  при неизменных токе нагрузки, например номинальном, и частоте вращения. При указанных условиях напряжение на выводах генератора меньше ЭДС, поэтому нагрузочная характеристика 1 располагается ниже характеристики холостого хода 2 (рис. 2). Если из точки  $a$ , соответствующей номинальному напряжению  $U_{ном}$ , отложить вверх отрезок  $ab$ , равный  $I_a \sum r$ , и провести горизонтально отрезок  $bc$  до пересечения с характеристикой х.х., а затем соединить точки  $a$  и  $c$ , то получим  $abc$  — *треугольник реактивный (характеристический)*.

Так, при работе генератора в режиме х.х. при токе возбуждения  $I_{B1} = I_{B.ном}$  напряжение на выводах  $U_0 = de$ ; с подключением нагрузки (при неизменном токе возбуждения) напряжение генератора снизится до значения  $U_{ном} = ae$ . Таким образом, отрезок  $da$  выражает значение напряжения  $\Delta U = U_0 - U_{ном}$  при  $I_{B1} = I_{B.ном}$ . Напряжение на выводах генератора в этом

случае уменьшилось в результате действия двух причин: падения напряжения в цепи якоря и размагничивающего влияния реакции якоря. Измерив значение сопротивления цепи якоря и подсчитав падение

напряжения  $I_a \sum r$ , можно определить ЭДС генератора при заданном токе нагрузки:  $E_a = U + I_a \sum r$ . На рис. 2 эта ЭДС представлена отрезком  $be$ .

Электродвижущая сила генератора при нагрузке меньше, чем в режиме х.х. ( $be < de$ ), что объясняется размагничивающим влиянием реакции якоря. Для количественной оценки этого влияния из точки  $c$  опускаем перпендикуляр на ось абсцисс. Полученный отрезок  $cf$  представляет собой ЭДС генератора при нагрузке; в режиме х.х. для создания этой ЭДС необходим ток возбуждения

$I_{B2} < I_{B1}$ . Следовательно, отрезок  $fe$ , равный разности токов возбуждения

$I_{B1} - I_{B2}$ , представляет собой ток возбуждения, компенсирующий размагничивающее влияние реакции якоря.



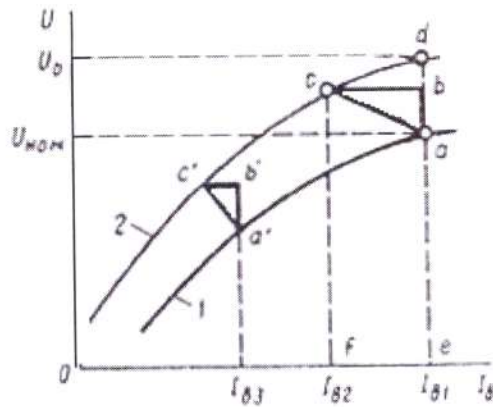


Рис. 2. Нагрузочная характеристика генератора независимого возбуждения

Реактивный треугольник  $a'b'c'$  построен для другого значения тока возбуждения  $I_{вз}$ . Сторона  $a'b'$  треугольника осталась неизменной ( $a'b' = ab$ ), что объясняется неизменностью тока нагрузки, но сторона  $b'c'$  уменьшилась ( $b'c' < bc$ ), так как при меньшем токе возбуждения уменьшилась степень насыщения магнитной цепи генератора, а следовательно, и размагничивающее действие реакции якоря.

**Внешняя характеристика генератора.** Эта характеристика представляет собой зависимость напряжения  $U$  на выводах генератора от тока нагрузки  $I$ . При снятии данных для построения внешней характеристики генератор приводят во вращение с номинальной скоростью и нагружают его до номинального тока при номинальном напряжении. Затем, постепенно уменьшая нагрузку вплоть до х.х. ( $I = 0$ ), снимают показания приборов. Сопротивление цепи возбуждения  $r_B$  и частоту вращения в течение опыта поддерживают неизменными.

На рис. 3, а представлена внешняя характеристика генератора независимого возбуждения, из которой видно, что при увеличении тока нагрузки  $I$  напряжение на выводах генератора понижается; это объясняется размагничивающим влиянием реакции якоря и падением напряжения в цепи якоря. Наклон внешней характеристики к оси абсцисс (жесткость внешней характеристики) оценивается *номинальным изменением напряжения генератора при сбросе нагрузки*:

$$\Delta U_{ном} = \frac{U_0 - U_{ном}}{U_{ном}} \cdot 100\% \quad (7)$$

Обычно для генератора независимого возбуждения  $\Delta U_{ном} = 5 \div 10\%$ .

**Регулировочная характеристика генератора.** Характеристика  $I_B = f(I)$  показывает, как следует менять ток в цепи возбуждения, чтобы при изменениях нагрузки генератора напряжение на его выводах оставалось неизменным, равным номинальному. При этом частота вращения сохраняется постоянной ( $n = const$ ).

При работе генератора без нагрузки в цепи возбуждения устанавливают ток  $I_{в0}$ , при котором напряжение на выводах генератора становится равным номинальному. Затем постепенно увеличивают нагрузку генератора, одновременно повышают ток возбуждения таким образом, чтобы напряжение генератора во всем диапазоне нагрузок оставалось равным номинальному. Так получают восходящую ветвь характеристики (кривая 1 на рис. 3, б). Постепенно уменьшая нагрузку генератора до х.х. и регулируя соответствующим образом ток возбуждения, получают нисходящую ветвь характеристики (кривая 2 на рис. 3, б). Нисходящая ветвь регулировочной характеристики расположена ниже восходящей, что объясняется влиянием возросшего остаточного намагничивания магнитной цепи машины в процессе снятия восходящей ветви. Среднюю кривую 3, проведенную между восходящей и нисходящей ветвями, называют *практической регулировочной характеристикой генератора*.

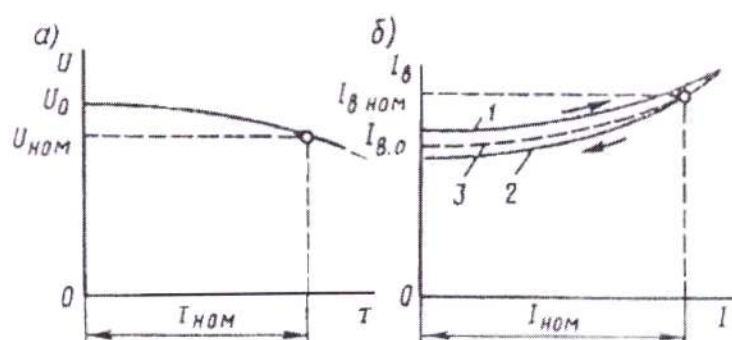


Рис. 3. Внешняя (а) и регулировочная (б) характеристики генератора независимого возбуждения

### Программа занятия:

1. Ознакомиться с конструкцией генератора и приводного двигателя, записать их паспортные данные и данные измерительных приборов.
2. Проверить работоспособность стенда.
3. Снять данные и построить характеристику х.х. генератора.
4. Снять данные и построить нагрузочную характеристику генератора при номинальном токе нагрузки.
5. Снять данные и построить внешнюю характеристику генератора и определить номинальное изменение напряжения при сбросе нагрузки.
6. Снять данные и построить регулировочную характеристику.
7. Составить отчет и сделать заключение о проделанной работе.

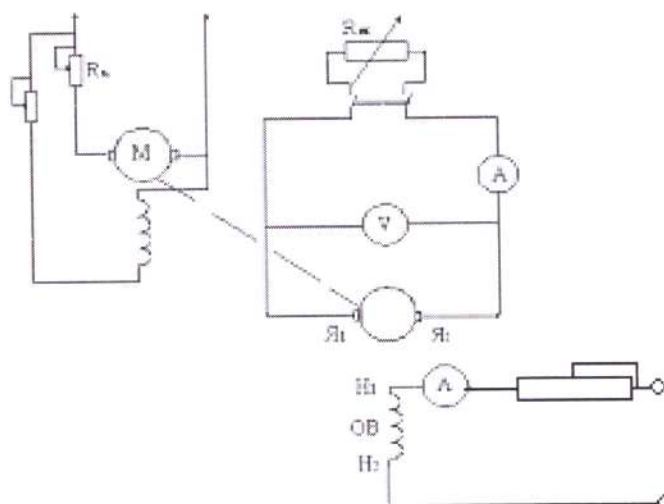
## Паспортные данные

*Генератор – машина постоянного тока Д-200*

*Двигатель – машина постоянного тока Д-200*

Номинальная мощность	200Вт
Напряжение питания	27В
Номинальный момент на валу	0,69 Н*м
Номинальный ток якоря	10А
Номинальная угловая скорость	288 рад/с (2750 об/мин)
Режим работы	S1
Сопротивления якоря при 20°C	0,127Ом
Сопротивление обмотки возбуждения при 20°C	12,4Ом

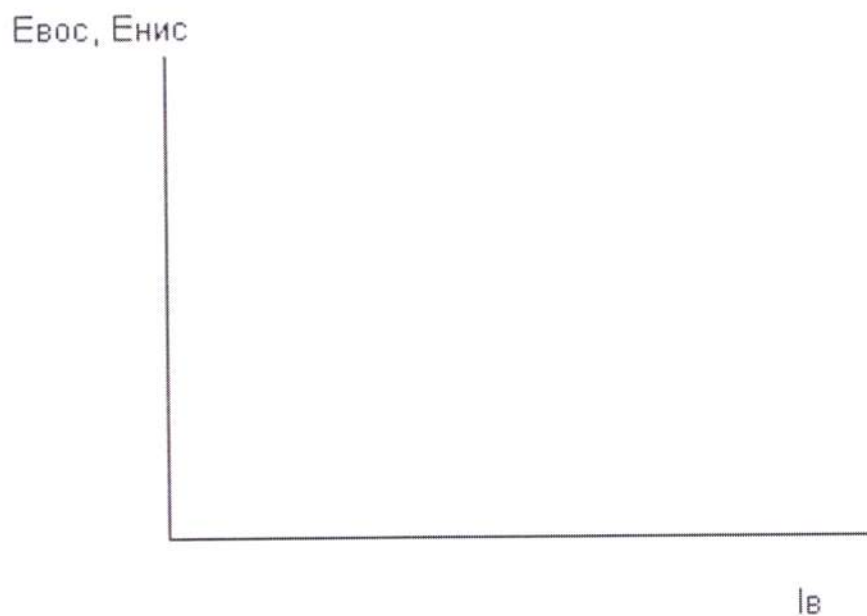
### *Схема соединений*



### **Характеристика холостого хода**

Ив, А						
Евос, В						
Енис, В						





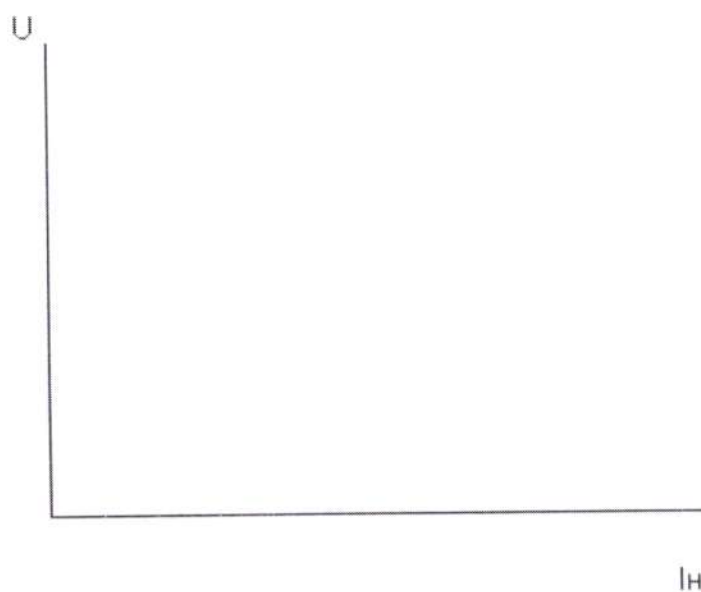
### Нагрузочная характеристика

$U/U_{\text{ном}}$	1,15	1,0	0,85	0,75	0,5
$U, \text{В}$					
$I_a=I_{\text{ном}}, \text{А}$					
$I_b, \text{А}$					



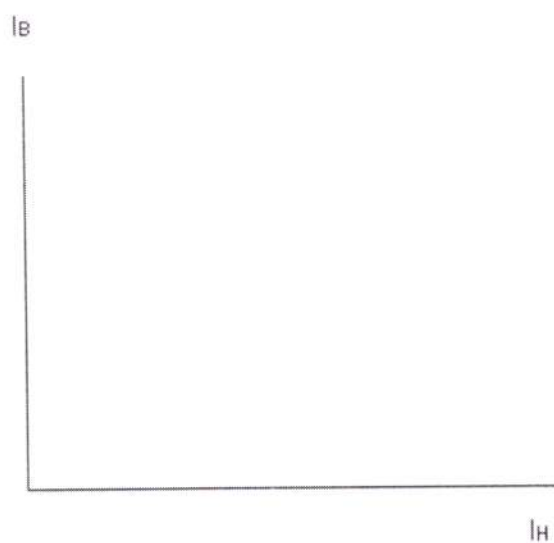
### Внешняя характеристика

U, В					
I <sub>H</sub> , А					



### Регулировочная характеристика

U, В					
I <sub>H</sub> , А					
I <sub>B</sub> , А					



## **Вывод:**

### **Контрольные вопросы**

1. Какие способы возбуждения применяют в генераторах постоянного тока?
2. Что показывает регулировочная характеристика?
3. Дайте определение основным характеристикам генератора: холостого хода, нагрузочной, внешней и регулировочной.
4. При каких условиях снимают данные для построения основных характеристик: х.х.х., нагрузочной, внешней и регулировочной?
5. Алгоритм построения характеристического треугольника.
6. Почему нагрузочная характеристика расположена ниже х.х.х.
7. По данным, заданным преподавателям построить характеристический треугольник.
8. Как снимают данные для построения характеристики холостого хода, нагрузочной, регулировочной, внешней?
9. Принцип действия генератора постоянного тока.

## **Лабораторная работа №2**

**Тема:** Исследование работы двигателя постоянного тока параллельного возбуждения

### **Цель работы:**

- 1) изучить конструкцию двигателя постоянного тока параллельного возбуждения и приобрести практические навыки при снятии и построении рабочих характеристик;
- 2) получить экспериментальное подтверждение теоретическим сведениям о двигателях постоянного тока параллельного возбуждения.

**Оборудование:** лабораторный стенд

### **Паспортные данные**

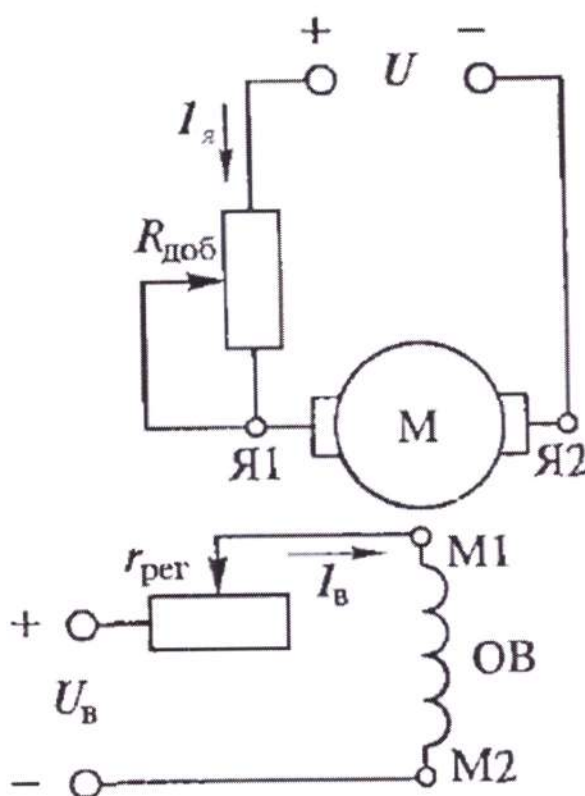
*Генератор – машина постоянного тока Д-200*



## Двигатель – машина постоянного тока Д-200

Номинальная мощность	200Вт
Напряжение питания	27В
Номинальный момент на валу	0,69 Н*м
Номинальный ток якоря	10А
Номинальная угловая скорость	288 рад/с (2750 об/мин)
Режим работы	S1
Сопротивления якоря при 20°C	0,127Ом
Сопротивление обмотки возбуждения при 20°C	12,4Ом

### Схема соединений



### Программа работы:

1. Ознакомиться с конструкцией генератора и приводного двигателя, и их паспортными данными и измерительных приборов.
2. Проверить работоспособность стенда

3. Снять и построить рабочие характеристики двигателя.
4. Снять и построить регулировочную характеристику.
5. Составить отчет и сделать вывод о проделанной работе.

### Рабочие характеристики $M=f(I)$ , $\omega=f(I)$ , $\eta=f(I)$

U, В						
I <sub>а</sub> , А						
I <sub>в</sub> , А						
I <sub>г</sub> , А						
$\omega$ , рад/с						
M, Н·м						
P <sub>1</sub> , Вт						
P <sub>2</sub> , Вт						
$\eta$ , %						

Исходные формулы:  $M = C \cdot I_r$ ,  $C = U/\omega$  (U,  $\omega$  из паспортных данных),

$P_1 = U(I_a + I_b)$ ,  $P_2 = M \cdot \omega$ ,  $\eta = (P_2/P_1) \cdot 100\%$   $I_H = I_a + I_b$

M, (Н·м),  $\omega$  (рад/с),  $\eta$  (%)



## Регулировочная характеристика

$I_B, A$						
$\omega, \text{рад/с}$						

$\omega$  (рад/с)



**Вывод:**

### Контрольные вопросы

1. Каково устройство данного двигателя?
2. Чем отличается по конструкции указанный двигатель от других двигателей постоянного тока?
3. Каков принцип действия двигателя последовательного возбуждения?
4. Почему не допускается включение двигателя последовательного возбуждения с нагрузкой менее 25% от номинальной?
5. Какие способы регулирования частоты вращения применяют в двигателях постоянного тока последовательного возбуждения?



6. Почему двигатель последовательного возбуждения имеет больший электромагнитный момент, по сравнению с двигателем параллельного возбуждения той же мощности?

## Лабораторная работа №3

**Тема:** Запуск и реверсирование электрического двигателя постоянного тока.

**Цель занятия:**

- 1) изучить конструкцию двигателя постоянного тока и приобрести практические навыки запуска электрического двигателя;
- 2) приобрести практические навыки по осуществлению реверсирования двигателя постоянного тока.

**Оборудование:** лабораторный стенд

### Краткие теоретические сведения

Значение пускового тока достигает недопустимо больших значений, в 10—20 раз превышающих номинальный ток двигателя. Такой большой пусковой ток весьма опасен для двигателя. Во-первых, он может вызвать в машине круговой огонь, а во-вторых, при таком токе в двигателе развивается чрезмерно большой пусковой момент, который оказывает ударное действие на вращающиеся части двигателя и может механически их разрушить. И наконец, этот ток вызывает резкое падение напряжения в сети, что неблагоприятно отражается на работе других потребителей, включенных в эту сеть. Поэтому пуск двигателя непосредственным подключением в сеть (безреостатный пуск) обычно применяют для двигателей мощностью не более 0,7—1,0 кВт. В этих двигателях благодаря повышенному сопротивлению обмотки якоря и небольшим вращающимся массам значение пускового тока лишь в 3—5 раз превышает номинальный, что не представляет опасности для двигателя. Что же касается двигателей большей мощности, то при их пуске для ограничения пускового тока используют *пусковые реостаты* (ПР), включаемые последовательно в цепь якоря (реостатный пуск).

Перед пуском двигателя необходимо рычаг  $P$  реостата поставить на холостой контакт  $O$  (рис. 1). Затем включают рубильник, переводят рычаг на первый промежуточный контакт  $I$  и цепь якоря двигателя оказывается подключенной к сети через наибольшее сопротивление реостата

$$r_{n.p} = r_1 + r_2 + r_3 + r_4$$

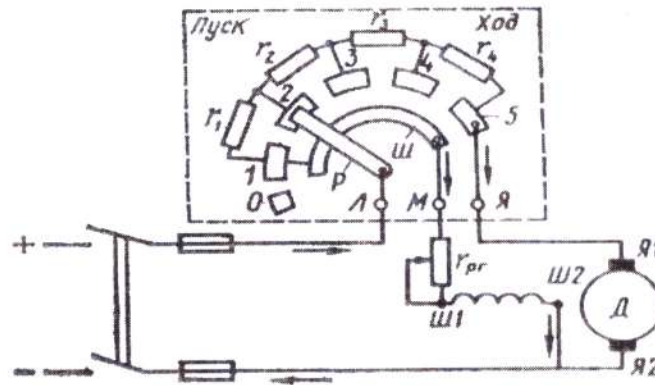


Рис. 1 Схема включения пускового реостата

Одновременно через рычаг  $P$  и шину  $Ш$  к сети подключается обмотка возбуждения, ток в которой в течение всего периода пуска не зависит от положения рычага  $P$ , так как сопротивление шины по сравнению с сопротивлением обмотки возбуждения пренебрежимо мало.

Пусковой ток якоря при полном сопротивлении пускового реостата

$$I_n = \frac{U - E_a}{\sum r + r_{n.p.}} \quad (6)$$

С появлением тока в цепи якоря  $I_{n\max}$  возникает пусковой момент  $M_{n\max}$ , под действием которого начинается вращение якоря. По мере нарастания частоты вращения увеличивается противо-ЭДС  $E_a = c_e \Phi n$ , что ведет к уменьшению пускового тока и пускового момента.

По мере разгона якоря двигателя рычаг пускового реостата переключают в положения 2, 3 и т. д. В положении 5 рычага реостата пуск двигателя заканчивается ( $r_{n.p.} = 0$ ). Сопротивление пускового реостата выбирают обычно таким, чтобы наибольший пусковой ток превышал номинальный не более чем в 2—3 раза.

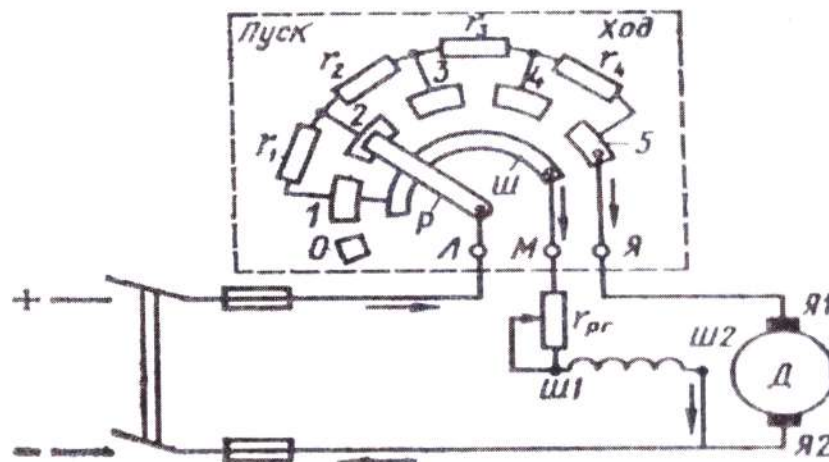
Для пуска двигателей большей мощности применять пусковые реостаты нецелесообразно, так как это вызвало бы значительные потери энергии. Кроме того, пусковые реостаты были бы громоздкими. Поэтому в двигателях большой мощности применяют безреостатный пуск двигателя путем понижения напряжения.

### Программа работы:

1. Ознакомиться с конструкцией двигателя постоянного тока.
2. Проверить работоспособность стенда.
3. Запустить двигатель постоянного тока.
4. Осуществить реверсирование.
5. Сделать вывод о проделанной работе.



## Схема соединений



### Контрольные вопросы

1. Как осуществляют пуск двигателя?
2. Чем опасно прямое включение?
3. Что такое реверсирование?
4. Как осуществляют реверсирование и для чего?

## Лабораторная работа №4

**Тема:** Диагностика состояния щеточно-коллекторного узла.

**Цель работы:**

- 1) изучить устройство щеточно-коллекторного узла машины постоянного тока;
- 2) установить роль коллектора и щеток в машине постоянного тока;
- 3) изучить основные неисправности коллектора, щеток, щеткодержателей и их устранение;

**Оборудование:** натурные образцы, плакаты

### Краткие теоретические сведения

*Коллектор* (рис. 1, а) выполнен из отдельных пластин 2 толщиной до 5—8 мм, изготовленных из твердотянутой меди или кадмиевой бронзы клинообразного сечения. Пластины изолируют одну от другой



миканитовыми прокладками 4. К выступающей части коллекторной пластины припаивают провода от обмотки якоря. Для этого в ней имеется соответствующая прорезь. Узкие края пластины имеют форму ласточкина хвоста, после сборки коллектора эти края зажимаются между двумя нажимными шайбами. Пластины изолируют от нажимных шайб 3 и вала якоря миканитовыми манжетами 1 и цилиндрами. Когда коллектор окончательно собран, его поверхность обтачивают на токарном станке и тщательно шлифуют. Чтобы миканитовые прокладки при износе коллектора не выступали над пластинами и не вызывали вибрации щеток, их профрезеровывают на 0,8—1,5 мм ниже поверхности коллектора (рис. 1,б). Эту операцию называют продоруживанием коллектора.

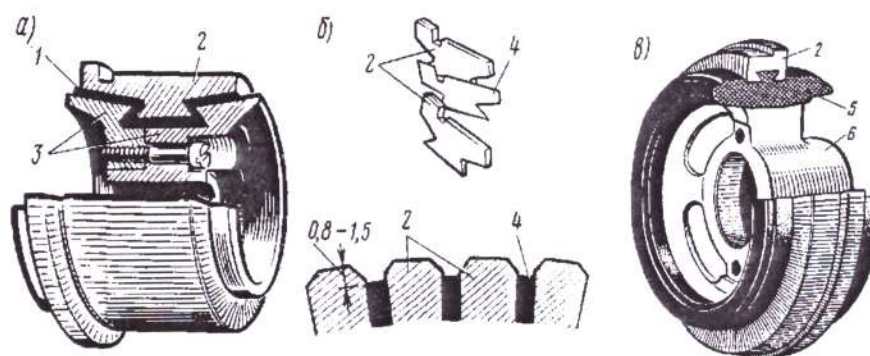


Рис. 1 Общий вид коллектора машины постоянного тока (а); расположение коллекторных пластин и изоляционных прокладок (б) и коллектор в пластмассовом корпусе (в).

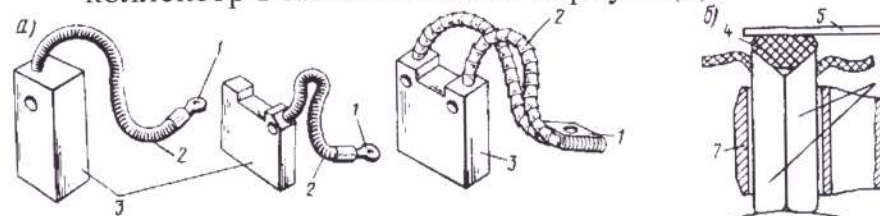


Рис. 2. Неразрезные (а) и разрезные (б) щетки электрических машин: 1 — кабельный наконечник; 2 щеточный канатик; 3 — щетка; 4 — резиновый гаситель; 5 — нажимной палец; 6 — разрезная щетка; 7 — обойма

В машинах с большим диаметром якоря (в тяговых генераторах тепловозов) для соединения проводников обмотки якоря с пластинами коллектора предусматривают промежуточные звенья — гибкие медные пластины, называемые петушками. Петушки нижними концами прикрепляют к коллекторным пластинам, а в верхние их части впаивают проводники обмотки якоря.

Вращаясь, коллектор соприкасается со щетками и постепенно изнашивается. Кроме того, при работе коллектор нагревается, и возникающие при этом механические напряжения могут вызвать его деформацию, следствием которой будет вибрация щеток, плохой их контакт с коллектором и значительное искрение. Поэтому в эксплуатации периодически выполняют обточку коллекторов.



В машинах малой и средней мощности, например в тяговых двигателях электропоездов и во вспомогательных машинах, широко применяют коллекторы с пластмассовым корпусом (рис. 1, в). В этих коллекторах медные пластины 2 и миканитовые прокладки опрессованы пластмассой 5, обладающей большой механической и электрической прочностью. Для посадки коллектора на вал служит стальная втулка б, которую вставляют в пресс-форму перед запрессовкой пластин в пластмассу.

Щеточный аппарат. Щетки предназначены для соединения коллектора с внешней цепью. Они представляют собой прямоугольные призмы шириной 4—32 мм (рис. 2, а). Рабочую поверхность щеток шлифуют к коллектору, чтобы обеспечить надежный контакт. Каждая щетка имеет определенную марку. Щетки различных марок различаются составом, способом изготовления и физическими свойствами.

Щетки, применяемые для электрических машин, подразделяются на четыре основные группы: угольно-графитные, графитные, электрографитированные и металлографитные. Для каждой машины, работающей в определенных условиях, нужно применять щетки только соответствующих марок. Эти марки подбираются заводом — изготовителем машин; при замене изношенных щеток нужно брать щетки той же марки. В тяговых электрических машинах применяют исключительно электрографитированные щетки, которые обладают хорошими коммутационными свойствами, значительной механической прочностью и способностью выдерживать большие перегрузки.

Щетки устанавливают в специальные обоймы, называемые щеткодержателями (рис. 3, а). Для отвода тока от щетки к ней прикрепляют медный гибкий проводник (щеточный канатик), который присоединяют к щеткодержателю. Одним из основных условий хорошей работы щеток является плотный, надежный контакт между щеткой и коллектором. Он достигается при помощи нажимного устройства, смонтированного на щеткодержателе. Нажим на щетку осуществляется пружиной (спиральной, цилиндрической или пластинчатой), упирающейся одним концом в щетку, а другим — в щеткодержатель. В тяговых двигателях нажимная пружина воздействует на специальный палец, прижимаемый к верхней торцовой поверхности щетки (рис. 3, б). Нажатие на щетку должно быть отрегулировано в строго определенных пределах, так как чрезмерный нажим вызывает быстрый износ щетки и нагрев коллектора, а недостаточный нажим не дает надежного контакта между щеткой и коллектором, вследствие чего возникает искрение под щеткой. Нажатие принимают из расчета 1,5—3,5 Н на 1 см<sup>2</sup> опорной поверхности щетки. Для улучшения щеточного контакта и предотвращения искрения щеток в некоторых случаях применяют разрезные щетки (рис. 2, б).



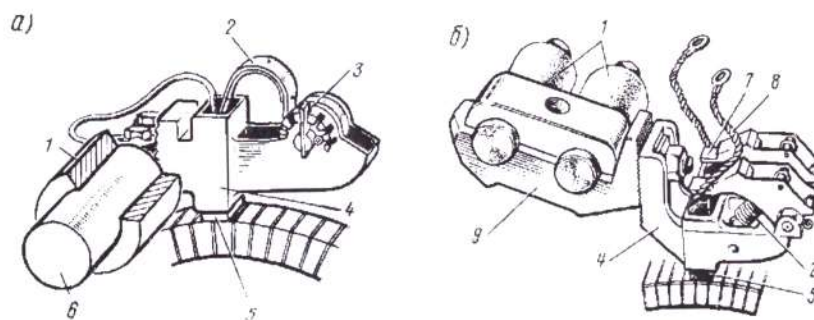


Рис. 3 Щеткодержатели вспомогательных машин (а) и тяговых двигателей (б): 1 — изолятор; 2 — пружина; 3 — натяжное устройство; 4 — обойма; 5 — щетка; 6 — щеточный палец; 7 — нажимной малец; 8 — щеточный канатик; 9 — кронштейн

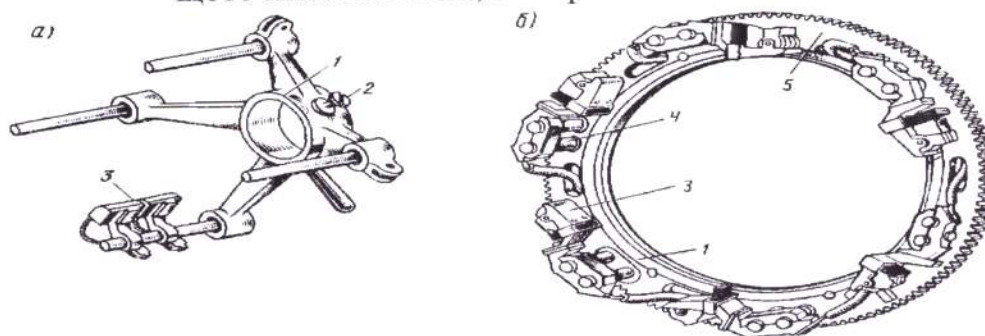


Рис. 4. Установка щеткодержателей на поворотной щеточной траверсе: 1 — траверса; 2 — стопорный болт; 3 — щеткодержатели; 4 — палец щеткодержателя; 5 — зубчатый венец

Такая щетка состоит из двух частей, установленных в общую обойму. Равномерное нажатие на отдельные части щетки обеспечивается резиновым гасителем 4.

Щеткодержатели укрепляют на кронштейнах и щеточных пальцах непосредственно к остову машины (в четырехполюсных тяговых двигателях) или к боковым подшипниковым щитам и изолируют от них специальными изоляторами 1 (см. рис. 3). В некоторых тяговых и стационарных машинах щеткодержатели устанавливают на поворотных траверсах (рис. 4, а и б), прикрепляемых к боковым щитам. Поворотом траверсы обеспечивается возможность некоторого перемещения щеток по окружности коллектора. Благодаря этому можно подобрать наиболее выгодное положение щеток, при котором искрение под щетками при данном режиме работы будет минимальным. Применение поворотной траверсы облегчает также осмотр щеткодержателей и замену в них щеток.

При работе генераторов и электродвигателей постоянного тока чисто наблюдается искрение на коллекторе, при этом на поверхности его появляются борозды, пластины подгорают. В результате коллектор и щетки быстро изнашиваются.

Искрение на коллекторе может быть вызвано неисправностями коллектора, щеток, щеткодержателей и обмоток электродвигателей.

### **Неисправности коллектора и их устранение**



Шероховатость поверхности является наиболее распространенной неисправностью коллектора. Шероховатость поверхности коллектора возникает в результате царапин, нагара или слоя окиси на коллекторе.

Царапины наносятся твердыми частицами, попавшими на коллектор под щетки. Нагар образуется от искрения, а слой окиси на коллекторе появляется после длительного нахождения электродвигателя в местах с повышенной влажностью.

Шероховатость коллектора устраняют шлифовкой его поверхности мелкой стеклянной бумагой. Бумагу прижимают к вращающемуся коллектору специальной деревянной колодкой из твердого дерева с вырезом в ней по форме коллектора.

Образование желобков. При расположении щеток одна против другой после длительной работы электродвигателя на коллекторе образуются желобки, поверхность коллектора становится волнистой. Эту волнистость устраняют проточкой коллектора на токарном станке. Чтобы избежать возникновения желобков, щетки надо располагать в шахматном порядке.

Выступление миканита над пластинами. Миканитовые прокладки коллектора тверже медных пластин. Поэтому в процессе работы они меньше истираются и постепенно выступают над поверхностью пластин.

Для устранения этой неисправности необходимо продорожить коллектор, т. е. удалить выступающий между пластинами миканит тонкой пилкой. При продороживании пилку надо водить по линейке, уложенной параллельно краю пластины коллектора.

После продороживания все канавки между пластинами коллектора прочищают волосяной щеткой и при помощи шабера снимают фаски с краев коллекторных пластин. После этого коллектор шлифуется и продувается сжатым воздухом.

Биение коллектора может появляться в результате: неисправности подшипника электродвигателя, неодинаковой высоты пластин коллектора, проявляющейся при некачественной сборке и неправильной центровке якоря электродвигателя.

Для устранения биения коллектора неисправный подшипник ремонтируют или заменяют. Если биение коллектора происходит вследствие неодинаковой высоты его пластин, то коллектор следует проточить на токарном станке до устранения биения. При неправильной центровке, вызывающей биение коллектора, якорь необходимо заново отцентрировать на специальном станке.

### **Неисправности щеток и их устранение**

Щетки плохо пришлифованы, обломаны по краям или имеют царапины на прилегающей к коллектору поверхности.

Для устранения этого угольные и графитные щетки надо пришлифовать к коллектору стеклянной бумагой. При этом следует начинать с крупных номеров стеклянной бумаги и постепенно переходить к более мелким.



Применять для шлифовки наждачное полотно запрещается, так как наждачная пыль, забиваясь в прорези между коллекторными пластинами, замыкает их между собой.

Щетки неправильно расположены на коллекторе. Это может быть в том случае, если они прилегают к пластинам коллекторов одной стороной, или траверса щеткодержателей установлена не по заводским меткам, имеющимся на ней и на корпусе.

Сдвинутую траверсу надо установить по заводским меткам. При отсутствии заводских меток или их неправильности (искрение не устраняется) нужно установить щетки на нейтраль, смещая их по коллектору (у генераторов - в сторону вращения, а у двигателей - в противоположную сторону) до полного исчезновения искрения.

Положение щеток на нейтрали соответствует: у генераторов - их наибольшему напряжению при холостом ходе; у двигателей - равенству чисел оборотов при прямом и обратном вращении.

Одностороннее прилегание щеток может быть устранено поворотом обоймы щеткодержателя или шлифовкой их к коллектору, если обойма щеткодержателя неподвижна.

Щетки недостаточно прижаты к коллектору или неплотно установлены в обойме. Это бывает при слабом нажатии пружин щеткодержателя на щетки, слишком большом просвете между щеткой и обоймой либо при плохом закреплении траверсы и щеткодержателя.

Силу нажатия на щетку увеличивают посредством регулировки нажимной пружины. В случае отсутствия регулировочного устройства пружину заменяют на более жесткую. Для устранения колебания щетки в обойме щеткодержателя ее заменяют на большую - по размерам обоймы. Если же колебания щетки вызваны ослаблением креплений щеточного механизма, то надо затянуть укрепляющие болты на траверсе и щеткодержателях.

Чрезмерное увеличение силы тока, проходящего через щетки. Если плотность тока в щетке превышает величину, допустимую для данного типа щеток, то это приводит к неизбежному перегреву щеток.

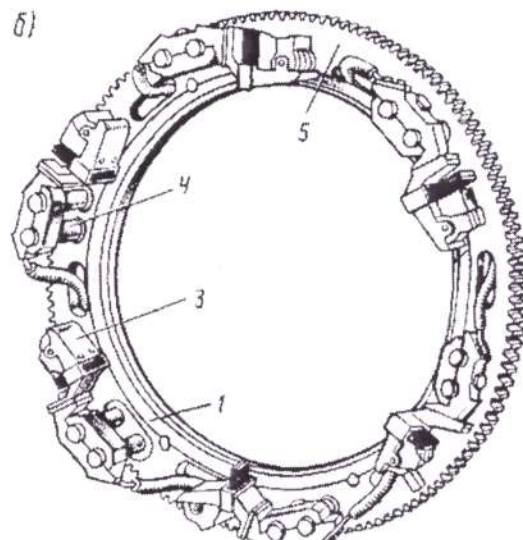
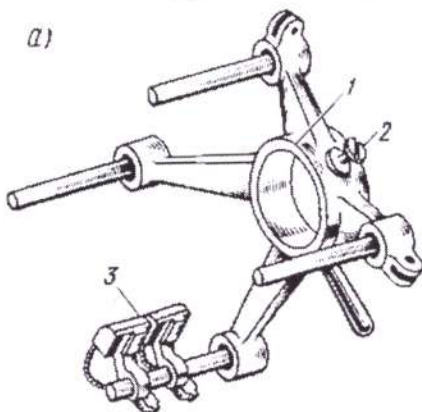
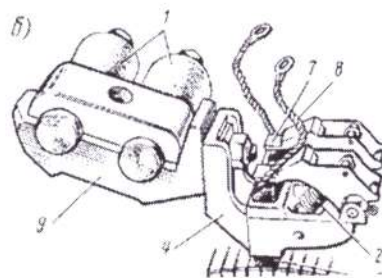
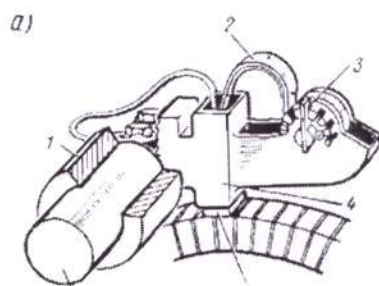
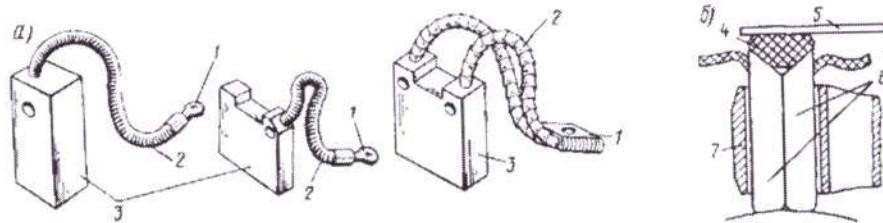
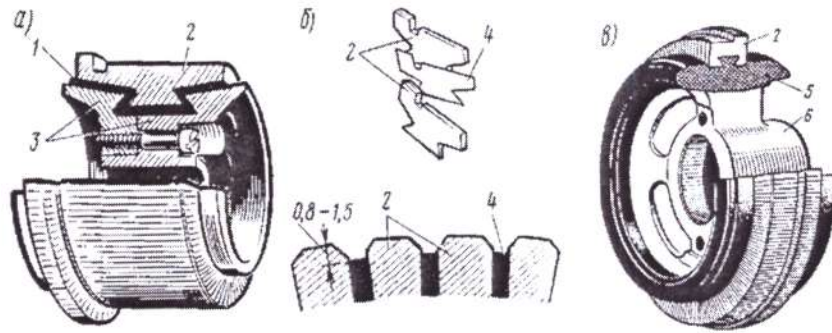
Если после устранения рассмотренных повреждений искрение на коллекторе продолжается, то причиной его могут быть повреждения обмотки якоря или полюсов машины: короткое замыкание, распайка обмотки якоря в петушках, разрыв якорного проводника, замыкание на железо. В большинстве случаев эти повреждения исправляются при капитальном ремонте машины постоянного тока.

### **Программа занятия:**

1. Ознакомиться с конструкцией коллектора машины постоянного тока и его назначением.

2. Ознакомиться с конструкцией щеточного аппарата машины постоянного тока и его назначением.
3. Основные неисправности коллектора и их устранение.
4. Основные неисправности щеток и их устранение.
5. Сделать вывод по работе.

**Выполнение работы:**





## Контрольные вопросы

1. Устройство коллектора машины постоянного тока.
2. Устройство щеткодержателей, виды и материал щеток.
3. Роль коллектора и щеток в машинах постоянного тока.
4. Основные неисправности коллектора и способы их устранения.
5. Основные неисправности щеток и способы их устранения.

## Лабораторная работа №5

**Тема:** Исследование трехфазного синхронного генератора

**Цель занятия:** Изучить конструкцию трехфазного синхронного генератора и приобрести практические навыки при снятии рабочих характеристик

**Лабораторное оборудование:**

Лабораторный стенд в составе синхронного генератора и приводного двигателя, приборного блока и нагрузочного устройства.

### Программа работы:

1. Ознакомиться с конструкцией генератора и приводного двигателя, и их паспортными данными и измерительных приборов.
2. Проверить работоспособность стенда.
3. Снять данные и построить характеристику х.х. генератора
4. Снять данные и построить внешнюю характеристику генератора и определить номинальное изменение напряжения при сбросе нагрузки.
5. Снять данные и построить регулировочную характеристику.
6. Составить отчет и сделать заключение о проделанной работе.

### Характеристика холостого хода

$I_b, A$						
$E_{вос}, B$						
$E_{нис}, B$						

Евос, Енис

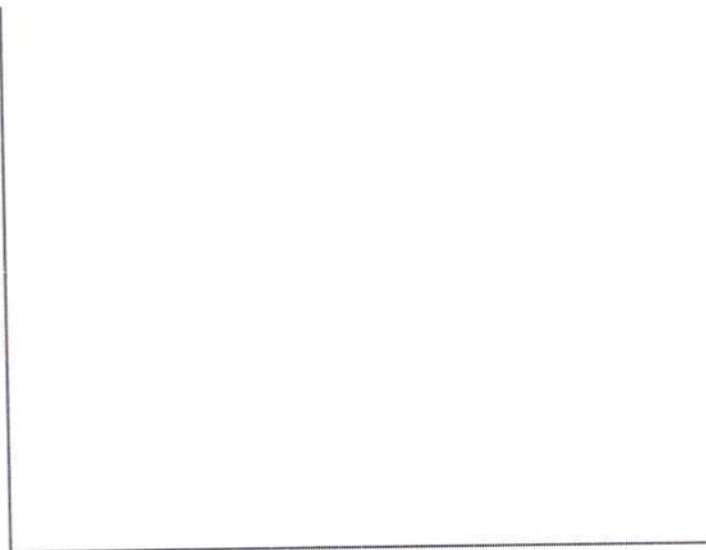


Iв

### Внешняя характеристика

U, В					
Iн, А					

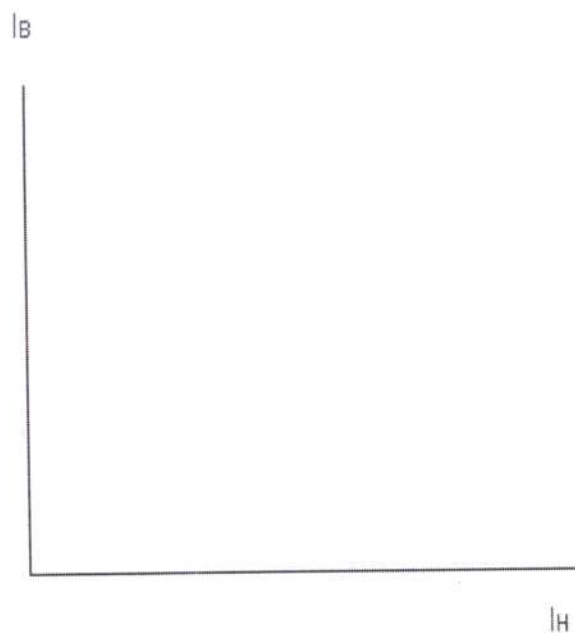
U



Iн

### Регулировочная характеристика

U, В					
Iн, А					
Iв, А					



**Вывод.**

### **Контрольные вопросы**

1. Устройство синхронного генератора.
2. Принцип действия синхронного генератора.
3. Основные характеристики синхронного генератора.
4. Какие два вида ротора синхронных генераторов?

### **Лабораторная работа №6**

**Тема:** Выявление неисправностей синхронной электрической машины и причин их возникновения.

**Цель работы:**

- 1) изучить основные неисправности синхронной электрической машины и причины их возникновения;
- 2) научиться выявлять неисправности синхронных машин;
- 3) приобретение навыков в техническом обслуживании генератора переменного тока.

**Оборудование:** синхронный генератор.



### **Программа работы:**

1. Основные неисправности, их признаки, причины и способы устранения. Представить в виде таблицы.
2. Техническое обслуживание Электрических машин.
3. Составить отчет и сделать заключение о проделанной работе.

### **Контрольные вопросы**

1. Назвать основные неисправности, признаки, причины и способы устранения.
2. Основные этапы технического обслуживания.
3. Отличие машин переменного тока от машин постоянного тока.

## **Лабораторная работа №7**

**Тема:** Запуск и реверсирование электрического двигателя переменного тока.

### **Цель работы:**

- 1) Изучить конструкцию трехфазного асинхронного двигателя и приобрести практические навыки при пуске в ход различными способами и получить экспериментальное подтверждение теоретическим сведениям о двигателях

### **Лабораторное оборудование:**

Лабораторный стенд в составе асинхронного двигателя, приборного блока и нагрузочного устройства.

### **Программа работы.**

1. Ознакомиться с конструкцией исследуемого двигателя, его паспортными данными и данными лабораторного стенда
2. Проверить работоспособность стенда
3. Произвести прямое включение в сеть и записать значение пусковых и рабочих токов (рис.1).
4. Выполнить пуск в ход, используя индуктивное сопротивление. Записать значения пусковых и рабочих токов (рис.2).

5. Осуществить пуск в ход переключением обмоток статора со Y на Δ (рис. 3).
6. Сравнить способы пуска и определить кратность пусковых токов?
7. Сделать вывод о проделанной работе.

### *Схема соединений*

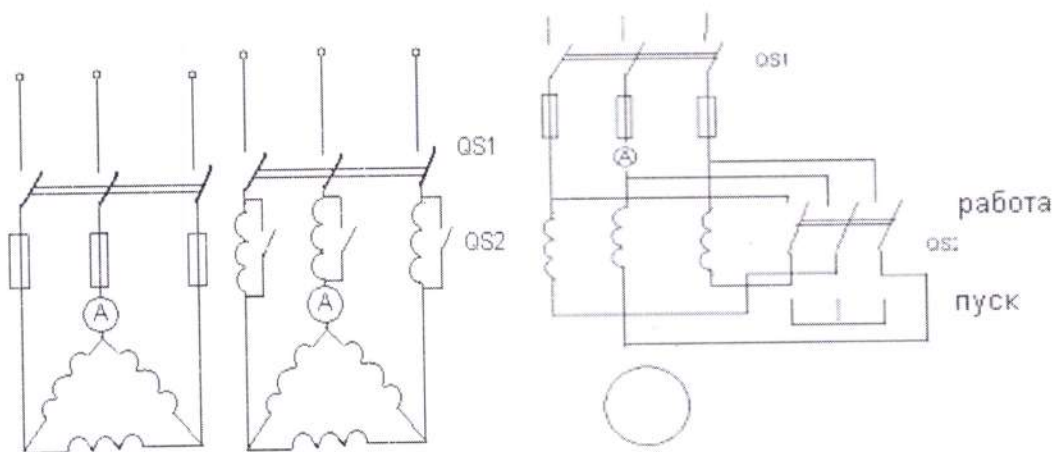


Рис.1

Рис.2

Рис.3

	$I_{\text{п}}$	$I_{\text{н}}$	$K = I_{\text{п}}/I_{\text{н}}$
	Рис. 1		
Рис.2			
Рис.3			

**Вывод:**

### **Контрольные вопросы**

1. Назвать основные методы пуска асинхронного двигателя.
2. Как осуществляют пуск в ход, используя индуктивное сопротивление?
3. Как осуществляют пуск в ход переключением обмоток статора со Y на Δ?

4. При каком способе самый большой пусковой момент?

## Лабораторная работа №8

**Тема:** Испытание асинхронного двигателя.

**Цель работы:**

- 1) изучить конструкцию трехфазного асинхронного двигателя и приобрести практические навыки при снятии и построении электромеханических характеристик;
- 2) получить экспериментальное подтверждение теоретическим сведениям об асинхронных двигателях.

**Оборудование:** Лабораторный стенд САД-1 в составе электромеханического агрегата (АД) и генератора постоянного тока независимого возбуждения (ДПТ НВ; Д-200), приборного блока и измерительного комплекта К-540.

### Краткие теоретические сведения

**Характеристики асинхронных двигателей.** Для правильной эксплуатации асинхронного двигателя необходимо знать его характеристики: механическую и рабочие.

Механическая характеристика. Зависимость частоты вращения ротора от нагрузки (вращающегося момента на валу) называется механической характеристикой асинхронного двигателя (рис. 262, а). При номинальной нагрузке частота вращения для различных двигателей обычно составляет 98—92,5 % частоты вращения  $n_1$  (скольжение  $s_{\text{ном}} = 2 - 7,5 \%$ ). Чем больше нагрузка, т. е. вращающий момент, который должен развивать двигатель, тем меньше частота вращения ротора.

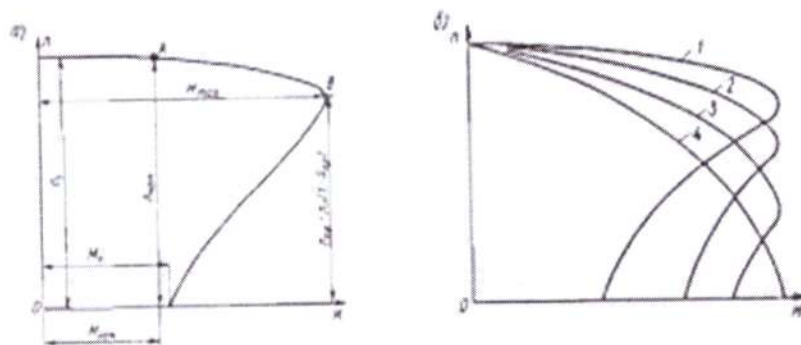


Рис. 1 Механические характеристики асинхронного двигателя: а — естественная; б — при включении пускового реостата

Как показывает кривая на рис. 1, а, частота вращения асинхронного двигателя лишь незначительно снижается при увеличении нагрузки в



диапазоне от нуля до наибольшего ее значения. Поэтому говорят, что такой двигатель обладает жесткой механической характеристикой.

Наибольший вращающий момент  $M_{\max}$  двигатель развивает при некотором скольжении  $s_{\text{кр}}$ , составляющем 10—20%. Отношение  $M_{\max}/M_{\text{ном}}$  определяет перегрузочную способность двигателя, а отношение  $M_{\text{п}}/M_{\text{ном}}$  — его пусковые свойства.

Двигатель может устойчиво работать только при обеспечении саморегулирования, т. е. автоматическом установлении равновесия между приложенным к валу моментом нагрузки  $M_{\text{вн}}$  и моментом  $M$ , развиваемым двигателем. Этому условию соответствует верхняя часть характеристики до достижения  $M_{\max}$  (до точки В). Если нагрузочный момент  $M_{\text{вн}}$  превысит момент  $M_{\max}$ , то двигатель теряет устойчивость и останавливается, при этом по обмоткам машины будет длительно проходить ток в 5—7 раз больше номинального, и они могут сгореть.

При включении в цепь обмоток ротора пускового реостата получаем семейство механических характеристик (рис. 1,б). Характеристика 1 при работе двигателя без пускового реостата называется естественной. Характеристики 2, 3 и 4, получаемые при подключении к обмотке ротора двигателя реостата с сопротивлениями  $R_{1\text{п}}$  (кривая 2),  $R_{2\text{п}}$  (кривая 3) и  $R_{3\text{п}}$  (кривая 4), называют реостатными механическими характеристиками. При включении пускового реостата механическая характеристика становится более мягкой (более крутопадающей), так как увеличивается активное сопротивление цепи ротора  $R_2$  и возрастает  $s_{\text{кр}}$ . При этом уменьшается пусковой ток. Пусковой момент  $M_{\text{п}}$  также зависит от  $R_2$ . Можно так подобрать сопротивление реостата, чтобы пусковой момент  $M_{\text{п}}$  был равен наибольшему  $M_{\max}$ .

В двигателе с повышенным пусковым моментом естественная механическая характеристика приближается по своей форме к характеристике двигателя с включенным пусковым реостатом. Вращающий момент двигателя с двойной беличьей клеткой равен сумме двух моментов, создаваемых рабочей и пусковой клетками. Поэтому характеристику 1 (рис. 2) можно получить путем суммирования характеристик 2 и 3, создаваемых этими клетками. Пусковой момент  $M_{\text{п}}$  такого двигателя значительно больше, чем момент  $M'_{\text{п}}$  обычного короткозамкнутого двигателя. Механическая характеристика двигателя с глубокими пазами такая же, как и у двигателя с двойной беличьей клеткой.

Рабочие характеристики. Рабочими характеристиками асинхронного двигателя называются зависимости частоты вращения  $n$  (или скольжения  $s$ ), момента на валу  $M_2$ , тока статора  $I_1$  коэффициента полезного действия  $\eta$  и  $\cos\varphi_1$ , от полезной мощности  $P_2 = P_{\text{мх}}$  при номинальных значениях напряжения  $U_1$  и частоты  $f_1$  (рис. 3). Они строятся только для зоны практической устойчивой работы двигателя, т. е. от скольжения, равного нулю, до скольжения, превышающего номинальное на 10—20%. Частота вращения  $n$  с ростом отдаваемой мощности  $P_2$  изменяется мало, так же как и в механической характеристике; вращающий момент на валу

$M_2$  пропорционален мощности  $P_2$ , он меньше электромагнитного момента  $M$  на значение тормозящего момента  $M_{тр}$ , создаваемого силами трения.

Ток статора  $I_1$ , возрастает с увеличением отдаваемой мощности, но при  $P_2 = 0$  имеется некоторый ток холостого хода  $I_0$ . К. п. д. изменяется примерно так же, как и в трансформаторе, сохраняя достаточно большое значение в сравнительно широком диапазоне нагрузки.

Наибольшее значение к. п. д. для асинхронных двигателей средней и большой мощности составляет 0,75—0,95 (машины большой мощности имеют соответственно больший к. п. д.). Коэффициент мощности  $\cos \varphi_1$  асинхронных двигателей средней и большой мощности при полной нагрузке равен 0,7—0,9. Следовательно, они загружают электрические станции и сети значительными реактивными токами (от 70 до 40% номинального тока), что является существенным недостатком этих двигателей.

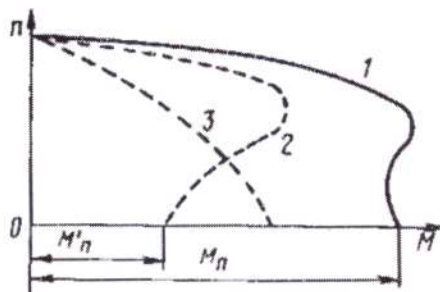


Рис. 2. Механическая характеристика асинхронного двигателя с повышенным пусковым моментом (с двойной беличьей клеткой)

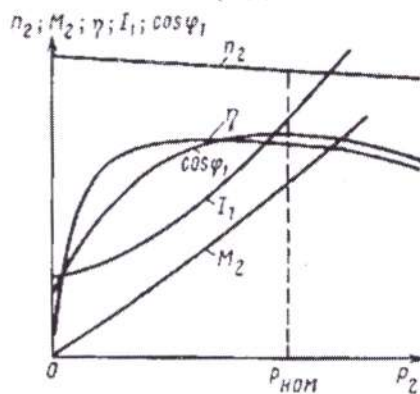


Рис. 3. Рабочие характеристики асинхронного двигателя

При нагрузках 25—50 % номинальной, которые часто встречаются при эксплуатации различных механизмов, коэффициент мощности уменьшается до неудовлетворительных с энергетической точки зрения значений (0,5—0,75).

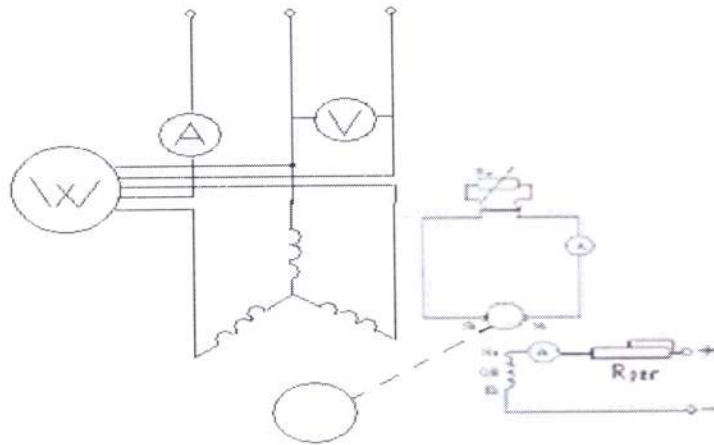
При снятии нагрузки с двигателя коэффициент мощности уменьшается до значений 0,25—0,3, поэтому *нельзя допускать работу асинхронных двигателей при холостом ходе и значительных недогрузках.*



### Программа занятия:

1. Ознакомиться с конструкцией нагрузочного генератора и исследуемого двигателя, и их паспортными данными и данными лабораторного стенда
2. Проверить работоспособность стенда
3. Снять и построить электромеханические характеристики двигателя.
4. Выбрать масштаб и построить характеристики.
5. Сделать вывод о проделанной работе.

### Схема соединений



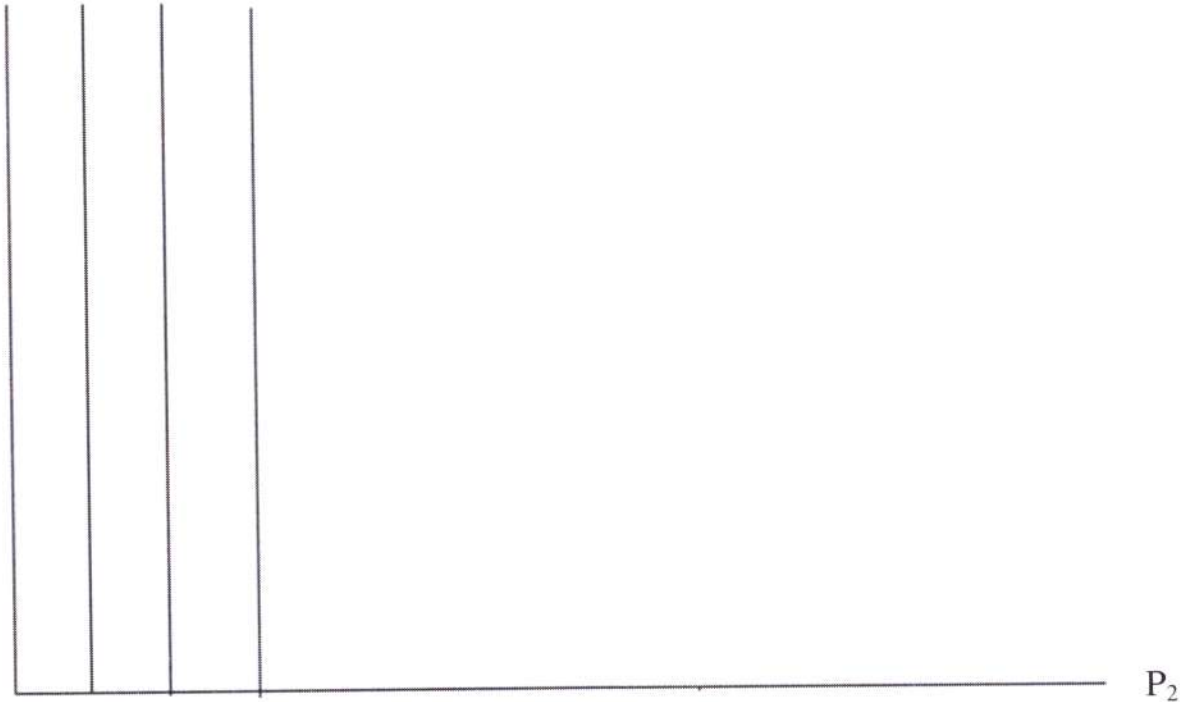
U, В						
I, А						
$\omega$ , рад/с						
I, А						
M, Н·м						
P <sub>1</sub> , Вт						
P <sub>2</sub> , Вт						
$\eta$ , %						
Cos $\varphi$						



## Расчетные формулы

$$M = C \cdot I_r; C = U/\omega \text{ (} U \text{ и } \omega \text{ из паспортных данных); } P_2 = M \cdot \omega; P_1 = 3U \cdot I \cdot \cos\varphi;$$
$$\eta = (P_2/P_1) \cdot 100\%$$

$$\omega, \quad M \quad \cos \varphi; \eta$$
$$\text{рад/с; Н}\cdot\text{м} \quad \%$$



**Вывод:**

## Контрольные вопросы

1. Каков принцип действия асинхронного двигателя?
2. Каково устройство асинхронного двигателя?
3. Что такое скольжение и каким оно бывает у асинхронных двигателей?
4. Каковы режимы работы асинхронной машины?
5. Каковы пределы скольжения асинхронной машины?
6. От каких параметров зависит электромагнитный момент?
7. Какие характеристики асинхронного двигателя называют рабочими?

## Лабораторная работа №9

**Тема:** Выявление неисправностей асинхронной электрической машины и причин их возникновения

**Цель работы:** Изучить основные неисправности асинхронных электродвигателей и причины их возникновения. Освоить методику обнаружения неисправностей асинхронных электродвигателей.

### Краткие теоретические сведения

Асинхронные электродвигатели, поступившие в ремонт, тщательно осматривают, а при необходимости испытывают и разбирают с целью полного выявления причин, характера и масштабов повреждения. Осмотр электродвигателя, ознакомление с объемом и характером предыдущих ремонтов и эксплуатационными журналами, а также проведение испытаний позволяют оценить состояние всех сборочных единиц и деталей электродвигателя и определить объемы и сроки ремонта, составить техническую документацию по ремонту.

Электродвигатели повреждаются чаще всего из-за недопустимой длительной работы без ремонта, плохого эксплуатационного обслуживания или нарушения режима работы, на который они рассчитаны.

Повреждения электродвигателей бывают механические и электрические.

К механическим повреждениям относят: выплавку баббита в подшипниках скольжения, разрушение сепаратора, кольца, шарика или ролика в подшипниках качения; деформацию или поломку вала ротора; ослабление крепления сердечника статора к станине, разрыв или сползание проволочных бандажей роторов; ослабление прессовки сердечника ротора и др.

Электрическими повреждениями являются пробой изоляции на корпус, обрыв проводников в обмотке, замыкания между витками обмотки, нарушение контактов и разрушение соединений, выполненных пайкой или сваркой, недопустимое снижение сопротивления изоляции вследствие старения, разрушения или увлажнения и др.

Краткий перечень наиболее распространенных неисправностей и возможных причин их возникновения в асинхронных машинах приведен в таблице 1.

Таблица 1. Неисправности асинхронных машин и возможные причины их возникновения.

Признак неисправности	Возможная причина
а) асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором	
Электродвигатель не развивает номинальной частоты вращения и гудит.	Одностороннее притяжение ротора вследствие износа подшипников, перекоса подшипниковых щитов или изгиба вала.
Электродвигатель гудит, ротор вращается медленно, ток во всех фазах различен и даже на х.х. превышает номинальный.	Обрыв одного или несколько стержней обмотки ротора; неправильное соединение начала и конца фазы обмотки статора /фаза «перевернута»/
Ротор не вращается или вращается медленно, двигатель сильно гудит и нагревается.	Обрыв фазы обмотки статора.
Электродвигатель перегревается при номинальных нагрузках.	Витковое замыкание в обмотке статора; ухудшение условий вентиляции вследствие загрязнения вентиляционных каналов.
Недопустимо низкое сопротивление изоляции обмотки статора электродвигателя.	Увлажнение или сильное загрязнение изоляции обмотки; старение или повреждение изоляции.
Электродвигатель вибрирует во время работы и после отключения при частоте вращения ротора, близкой к номинальной.	Нарушение соосности валов; неуравновешенность ротора.



<p>Электродвигатель сильно вибрирует, но вибрация прекращается после отключения его от сети, двигатель сильно гудит, ток в фазах неодинаков, один из участков обмотки статора быстро нагревается.</p>	<p>Короткое замыкание в обмотке статора электродвигателя.</p>
<p>б) асинхронные двигатели с фазным ротором.</p>	
<p>У электродвигателя медленно увеличивается частота вращения; ротор электродвигателя сильно нагревается даже при небольшой нагрузке.</p>	<p>Замыкание части обмотки ротора на заземленный корпус электродвигателя; нарушение изоляции между контактными кольцами и валов ротора</p>
<p>Электродвигатель не развивает номинальной частоты вращения.</p>	<p>Одностороннее притяжение ротора вследствие износа подшипников, перекоса подшипниковых щитов или изгиба вала; нарушение контакта в двух или трёх фазах пускового реостата; нарушение электрической цепи между пусковым реостатом и обмоткой ротора электродвигателя.</p>
<p>Электродвигатель не развивает частоты вращения под нагрузкой, гудит, ток статора «пульсирует»</p>	<p>Нарушение контакта в местах пайки обмотки ротора, соединениях ее с контактными кольцами или в соединительных проводах.</p>
<p>Повышенное искрение между щетками и контактными кольцами.</p>	<p>Плохая притертость или загрязненность щеток; заедание щеток в обоймах щеткодержателей; недостаточное нажатие щеток на контактные кольца; биение контактных колец; нарушение контакта в цепи щеток.</p>

Неисправности и повреждения электрических двигателей не всегда удается обнаружить путем внешнего осмотра, так как некоторые из них (витковые замыкания в обмотках статоров, пробой изоляции на корпус, нарушение пайки в обмотках и др.) носят скрытый характер и могут быть определены только после соответствующих испытаний и измерений.

В число предремонтных операции по выявлению неисправностей электрических двигателей входят: измерение сопротивления изоляции обмоток (для определения степени ее увлажнения), испытание электрической прочности изоляции, проверка на холостом ходу машины целостности подшипников, величины осевого разбега ротора, определение состояния крепежных деталей, отсутствие повреждений (трещин, сколов) у отдельных деталей электродвигателя.

Измерение сопротивления обмоток постоянному току производится с целью проверки отсутствия разрывов в обмотке, например из-за нарушения целостности мест соединений в результате некачественной пайки. Измерение сопротивления производится с помощью моста постоянного тока УМВ, Р353 и другими с классом точности не ниже 0,5. Измеренные сопротивления обмоток не должны отличаться друг от друга более, чем на 5%;

Ротор электродвигателя поворачивают для проверки его свободного вращения и наличия выбега. Для малых машин эту операцию, осуществляют вручную. Такая проверка обязательна перед первым пуском машин или после длительной ее стоянки в условиях, когда в машину могли попасть посторонние предмета.

Разборку электродвигателя производят с помощью слесарных инструментов.

Дефектацию электродвигателя в разобранном виде осуществляют в следующем порядке:

а) определяют состояние механических деталей и отдельных узлов внешним осмотром;

б) проверяют величину воздушного зазора набором щупов не менее чем в четырех точках, поворачивая ротор по часовой стрелке на угол  $90^\circ$ . Среднеарифметическое значение результатов измерений сравнивают с допустимыми значениями Табл.2. Отклонение не должно превышать  $\pm 10\%$ .



Таблица 2. Нормальные значения воздушных зазоров асинхронных двигателей.

Мощность, кВт.	Воздушный зазор /мм/ при частоте вращения /мин <sup>-1</sup> /	
	500- 1500	3000
0,12-0,25	0,2	0,25
0,5-0,75	0,25	0,30
1,0-2,0	0,30	0,35
2,0-7,5	0,35	0,50
10,0-15,0	0,40	0,65
20,0-40,0	0,50	0,80

в) определяют повреждения изоляции в электродвигателе, которые приводят к коротким замыканиям;

В зависимости от вида повреждений изоляция возможны следующие замыкания:

1. между витками одной катушки в пазу или лобовых частях / витковое замыкание / при повреждении межвитковой изоляции;
2. между катушками или катушечными группами одной фазы при повреждении межсекционной изоляции;
3. между катушками разных фаз при повреждении междуфазной изоляции;
4. замыкание на корпус при повреждении пазовой изоляции.

Пропуская переменный ток пониженного напряжения через отдельные фазы обмотки, можно определить место виткового замыкания.

Короткозамкнутые витки при включении фазы под напряжение являются как бы вторичной обмоткой автотрансформатора, замкнутой накоротко. Через короткозамкнутые витки протекают токи большой величины, которые нагревают лобовую часть обмотки. По местному нагреву определяется место виткового замыкания.

Замкнутый виток легко определяется с помощью подковообразного электромагнита.



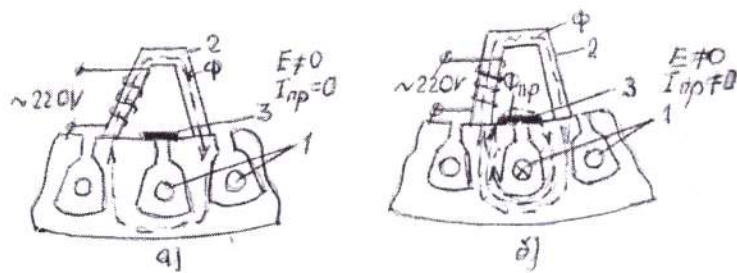


Рис.1. Нахождение замкнутого витка с помощью электромагнита и стальной пластинки.

а) замыкания витков нет; б) замыкание витков есть;

1 – проводник обмотки; 2 – электромагнит; 3 – стальная пластинка;  $\Phi$  – магнитный поток магнита;  $\Phi_{np}$  – магнитный поток проводника с током.

Для нахождения короткозамкнутых витков в секциях обмоток электромагнит устанавливается параллельно пазам статора. После включения обмотки электромагнита в электрическую сеть переменного тока / 220 В при частоте 50 Гц/ по обмотке потечет ток, который создает магнитный поток, замыкающийся через сердечник электромагнита и часть магнитопровода статора электродвигателя. Это переменный магнитный поток будет индуцировать ЭДС в проводниках, охватываемых контуром.

Замыкание на корпус / если мегомметр показывает ноль / может быть определено с помощью милливольтметра. Этот метод связан с поочередной распайкой обмотки на отдельные катушки и проверкой каждой из них. Напряжение на оба конца поврежденной фазы подается с одного зажима аккумулятора напряжением до 2,5 В, а второй зажим соединяется с корпусом. При измерении напряжения на каждой катушке смена полярности показания прибора говорит о прохождении точки замыкания фазы на корпус. Этот метод из-за трудоемкости работ не всегда приемлем, особенно при большом числе катушек.

Лучше использовать магнитный метод, который основан на следующем. От источника пониженного напряжения /  $U$  до 36 В/ однофазный переменный ток подводится к концу / или к началу/ неисправной фазы и через реостат и амперметр к корпусу электродвигателя. Так как ток переменный, то вокруг проводников с этим током образуется переменное электромагнитное поле. Поэтому пазы с проводником, по которым течет ток легко определяются с помощью тонкой стальной пластинки / щупа /, которая слегка дребезжит. Последнее дает возможность выявить секции по которым протекает ток от конца фазной обмотки до места замыкания на корпус. Для проверки и уточнения найденного места замыкания обмотки ток подводится теперь к началу неисправной фазы. При однократном замыкании обмотки, найденные места замыканий в первом и во втором случае должны сойтись.

Найденную магнитным методом неисправную катушку отсоединяют от остальной обмотки и мегомметром проверяют правильность установленного места замыкания на корпус.

Этот же метод может быть применен для нахождения места замыкания между фазами.

В этом случае напряжение подается в начала к одним концам замкнутых фаз, а затем к другим. Это дает возможность выявить замкнутые секции.

Внутренний обрыв одной из фаз. Если обмотка имеет шесть выводов, то оборванная фаза определяется с помощью контрольной лампы на постоянном токе или мегомметром. Если обмотка имеет только три вывода, то определяется оборванная фаза измерением токов или сопротивлений.

При соединении фаз в звезду, (рис. 2.) ток оборванной фазы равен нулю, а сопротивление, измеренное относительно выхода оборванной фазы, равно «бесконечности»

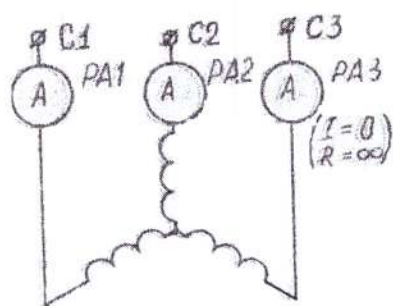


Рис. 2 Внутренний обрыв фазы при соединении фаз в звезду.

При соединении фаз в треугольник токи, подходящие к оборванной фазе (рис.3) будут равны и меньше токов в фазе C<sub>2</sub> (необорванной), а сопротивление, измеренное на оборванной фазе (C1-C3) будет вдвое больше, чем другие фазы (C1-C2, C2-C3).

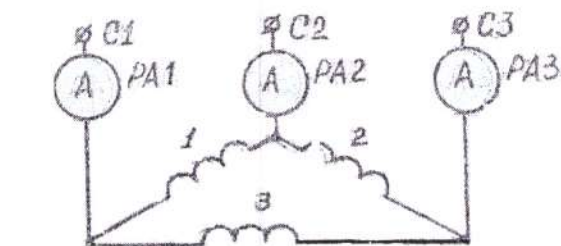


Рис.3 Внутренний обрыв фазы при соединении фаз в треугольник.

После определения оборванной фазы место обрыва определяют с помощью вольтметра или контрольной лампы на 36 В по схемам рис.4.4. а и б.

Для одного из рассматриваемых асинхронных двигателей с неисправной катушкой определить и записать обмоточные данные и вычертить схему обмотки.

Осматривают пакет активной стали статора. Пакет стали не должен иметь смещения, вмятин, ослабления прессовки листов железа, распушившихся зубцов, прогара.

Целостность стержней короткозамкнутого ротора определяют методом электромагнита переменного тока.



Обнаруженные неисправности механических деталей, обмоток статора и ротора, данные электродвигателей, представленных для дефектации занести в дефектовочную ведомость или технологическую карту ремонта.

### **Программа занятия:**

1. Провести внешний осмотр электродвигателя и записать его паспортные данные.

2. Провести дефектацию электродвигателя до разборки:

a. измерить сопротивление обмоток постоянному току;

b. проверить вращение ротора и отсутствие видимых повреждений, препятствующих дальнейшему проведению испытаний и проверок;

c. измерить сопротивление изоляции обмоток статора относительно корпуса и относительно друг друга;

1. Разобрать электродвигатель.

2. Провести дефектацию электродвигателя в разобранном виде:

a) проверить состояние механических деталей и отдельных узлов электродвигателя

б) измерить воздушный зазор между статором и ротором;

в) проверить отсутствие короткозамкнутых витков / витковое замыкание/, обрыв в обмотке. Определять места повреждения обмотки статора;

г) определить, записать обмоточные данные и вычертить схему обмотки;

д) проверить состояние активной стали статора;

е) проверить беличью клетку ротора на отсутствие обрывов в стержнях и кольцах;

ж) все обнаруженные неисправности механических деталей, обмоток ротора и статора, данные электродвигателя занести в дефектовочную ведомость или технологическую карту ремонта.

3. Сделать вывод о проделанной работе.



## Выполнение работы:

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА № \_\_\_\_\_

Заказчик \_\_\_\_\_

### 1. Технологическая характеристика

	Тип	Мощность	Напряжение	Ток	Сопротивление фаз	Сечение выв. концов, мм <sup>2</sup>	Класс изоляции
Существующие данные							
Требуемые данные							

### 2. Обмоточные данные

Наименование	До ремонта	По расчету
Вид обмотки		
Число катушечных групп		
Число катушек в группе		
Шаг обмотки		
Марка и размер провода		
Число параллельных ветвей		
Число параллельных проводов		
Вылет лобовых частей обмоток		

### 3. Механическая часть

Части и детали	Состояние	Примечание
Статор, пакет		
Передний щит		
Ротор, пакет		
Вал		
а) выходные концы		
б) посадочные места подшипников		
Щеточный механизм		
Клемная коробка		
Вентилятор		
Кожух вентилятора		
Крышка подшипника		
Винт грузовой		

### 4. Контроль обмоток

	Сопротивление обмоток постоянному току	Испытание междувитковой изоляции 1,3 $U_{\text{исп}}$ , В.	Испытание электрической прочности изоляции, в
Ротор			
Статор			

## Контрольные вопросы.

1. С какой целью проводится дефектация электродвигателя перед ремонтом?
2. В какой последовательности и как проводится дефектация электродвигателя до разборки?
3. Как выявить витковое замыкание в обмотке статора при работающем электродвигателе?
4. В какой последовательности и как проводится дефектация электродвигателя после разборки?
5. Какие основные неисправности имеет обмотка статора и как их определить?
6. При включении электродвигателя с короткозамкнутым ротором в сеть наблюдается повышенный нагрев активной стали статора в режиме холостого хода. Какая неисправность электродвигателя?
7. При работе электродвигателя обмотка статора сильно нагревается. Величина тока по фазам неодинакова. Электродвигатель сильно гудит и развивает пониженный крутящий момент. Какие могут быть неисправности в двигателе?

## Лабораторная работа №10

**Тема:** Испытание трансформатора по методу холостого хода и короткого замыкания.

### Цель занятия:

- 1) ознакомиться с устройством трехфазного трансформатора;
- 2) усвоить практические приемы лабораторного исследования трансформатора методами холостого хода, короткого замыкания и под нагрузкой.

**Лабораторное оборудование.** Лабораторный стенд, состоящий из приборного блока и двух трансформаторов.

### Краткие теоретические сведения

#### Определение коэффициента трансформации

При схемах соединения Y/Y и D/D коэффициент трансформации линейных напряжений равен отношению чисел витков обмотки ВН и обмотки НН:  $k = w_{ВН} / w_{НН}$ .



При схемах соединения Y/D или D/Y коэффициент трансформации линейных напряжений равен  $k = \sqrt{3}w_{ВН}/w_{НН}$  или  $k = w_{ВН}/\sqrt{3}w_{НН}$ .

Коэффициент трансформации определяется при холостом ходе трансформатора.

#### Опыт холостого хода

Опыт холостого хода проводится с целью определения тока и потерь холостого хода трансформатора. В качестве первичной используется обмотка НН трансформатора. Подаваемое к ней напряжение изменяют в диапазоне от 0,4 до 1,2  $U_{н}$ , включая точку с  $U_{н}$ . При этом фиксируют ток, мощность и напряжение. Затем рассчитывают коэффициент мощности трансформатора по формуле  $\cos \varphi_0 = P_0 / \sqrt{3}U_1 I_0$ .

Параметры схемы замещения для опыта холостого хода определяются по следующим формулам:

$$z_0 = U_{1\phi} / I_{0\phi};$$

$$r_0 = P_{0\phi} / I_{0\phi}^2;$$

$$x_0 = \sqrt{z_0^2 - r_0^2},$$

где  $U_{1\phi}$ ,  $I_{0\phi}$ ,  $P_{0\phi}$  - фазные значения напряжения, тока и мощности.

Для трехфазного трансформатора при соединении первичной обмотки в звезду:  $U_{1\phi} = U_1 / \sqrt{3}$ ;  $I_{0\phi} = I_0$ ;  $P_{0\phi} = P_0 / 3$ . (Принято рассчитывать эти величины для номинального значения напряжения трансформатора  $U_1 = U_{1н}$ .)

Индукция в стержне магнитопровода  $B_c$  может быть найдена из выражения  $E = 4,44 f w B_c S_c$ , где  $f$  - частота, Гц;  $w$  - число витков обмотки,  $S_c$  - сечение стержня,  $m^2$  (можно принять, что  $E_{1\phi} \gg U_{1\phi}$ ).

#### Опыт короткого замыкания

Опыт короткого замыкания проводится при пониженном напряжении и замкнутой вторичной обмотке. В качестве первичной используется обмотка ВН. Подаваемое к ней напряжение изменяют так, чтобы ток короткого замыкания изменялся в пределах от 0,5 до 1,25 от номинального. По результатам измерений тока, напряжения и мощности короткого замыкания вычисляют коэффициент мощности.

Параметры схемы замещения для опыта короткого замыкания определяются по следующим формулам:

$$z_k = U_{к\phi} / I_{к\phi};$$

$$r_k = P_{к\phi} / I_{к\phi}^2;$$

$$x_k = \sqrt{z_k^2 - r_k^2}.$$

где  $U_{к\phi}$ ,  $I_{к\phi}$ ,  $P_{к\phi}$  - фазные значения напряжения, тока и мощности.

Напряжение короткого замыкания и его составляющие равны:

$$u_k = I_{к\phi} z_k \cdot 100 / U_{к\phi};$$

$$u_{r_k} = I_{к\phi} r_k \cdot 100 / U_{к\phi};$$

$$u_{x_k} = I_{к\phi} x_k \cdot 100 / U_{к\phi}.$$

Потери короткого замыкания, Вт:  $P_k = m I_{к\phi}^2 r_k$ .

Коэффициент мощности:  $\cos \varphi_k = r_k / z_k$ .

### Определение процентного изменения напряжения при нагрузке и коэффициента полезного действия

Процентное изменение вторичного напряжения трансформатора при нагрузке равно

$$\Delta u = \beta(u_{2a} \cos \varphi_2 + u_{2p} \sin \varphi_2) + \frac{\beta^2 (u_{xp} \cos \varphi_2 - u_{xa} \sin \varphi_2)}{200},$$

где  $b = I_2 / I_{2H}$ ,  $\cos \varphi_2$  - коэффициент мощности вторичной цепи.

Напряжение на зажимах вторичной обмотки:

$$U_2 = U_{2H} (1 - \Delta u / 100).$$

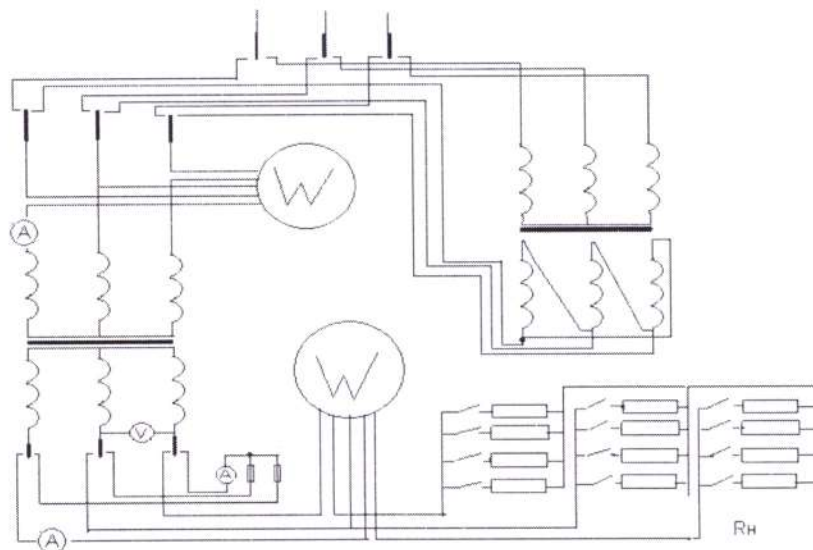
Коэффициент полезного действия трансформатора равен

$$\eta = 1 - (P_0 + \beta^2 P_k) / (\beta S_{\Sigma} \cos \varphi_2 + P_0 + \beta^2 P_k).$$

### Программа работы:

1. Ознакомиться с конструкцией исследуемого трансформатора, его паспортными данными и данными лабораторного стенда
2. Проверить работоспособность стенда.
3. Выполнить опыт х.х. трансформатора.
4. Вылнить опыт к.з. трансформатора.
5. Используя опыты х.х. и к.з. трансформатора вычислить его КПД.
6. Выполнить опыт нагрузки и построить график  $\eta = f(P_2)$  и  $\eta = f(\beta)$
7. Составить отчет и сделать вывод о проделанной работе.

### Схема соединений



## Опыт холостого хода и нагрузки

Измерено						Вычислено			Прим.
U <sub>1</sub> В	I <sub>1</sub> А	P <sub>1</sub> Вт	U <sub>2</sub> В	I <sub>2</sub> А	P <sub>2</sub> Вт	Cos φ <sub>1</sub>	Cos φ <sub>1</sub>	η, %	
									Х.х.
									Нагр.

## Опыт короткого замыкания

U <sub>к</sub> , В	I <sub>1</sub> , А	P <sub>к</sub> ,	I <sub>2</sub> , А

Формулы для вычисления

$\text{Cos } \varphi_1 = P_1 / (3U_1 I_1)$ ;  $\text{Cos } \varphi_2 = P_2 / (3U_2 I_2)$ ;  $\eta = P_2 / P_1$ ; - для нагрузки.

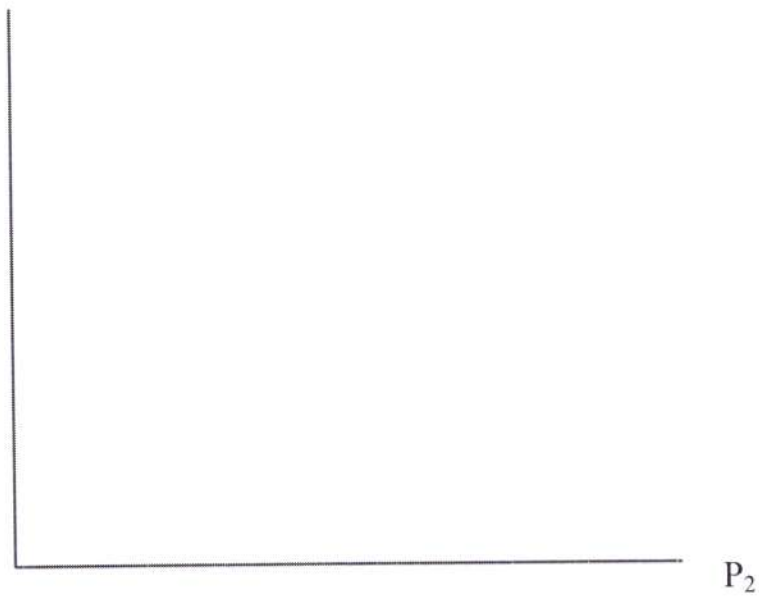
КПД по методу ХХ и КЗ.

$$\eta = ((3\beta U_1 I_1 \cos \varphi_1 - P_0 - \beta^2 P_k) / (3\beta U_1 I_1 \cos \varphi_1)) \cdot 100\%$$

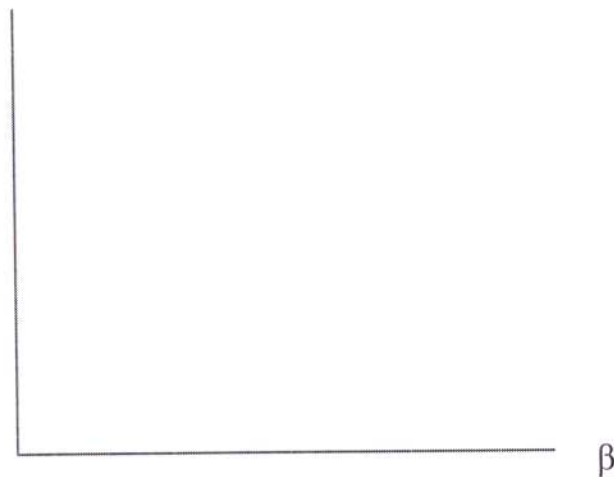
$$\beta_1 = 0,2; \beta_2 = 0,5; \beta_3 = 0,7; \beta_4 = 1,0.$$



Зависимость  $\eta=f(P_2)$  – при нагрузке  
 $\eta, \%$



КПД при хх и кз  
 $\eta, \%$



**Вывод:**

### Контрольные вопросы

1. Каков принцип действия трансформатора?
2. Каково устройство трехфазного трансформатора?
3. Что такое коэффициент трансформации и как его определить опытным путем?
4. Почему с увеличением первичного напряжения при опыте хх коэффициент мощности уменьшается ?

5. Какие основные величины определяют при опыте хх?
6. Какие основные величины определяют при опыте кз?
7. Почему при опыте кз ток первичной обмотки достигает номинального значения при напряжении в несколько раз меньше номинального?
8. Определите, на сколько процентов возрастают магнитные потери в исследованном Вами трансформаторе при увеличении первичного напряжения на 10% сверх номинального?

## Лабораторная работа №11

**Тема:** Диагностика технического состояния электромашинного преобразователя, выявление неисправностей, определение условий дальнейшей эксплуатации.

**Цель занятия:** практическое изучение особенностей конструкции электромашинных преобразователей, принципа работы и методов диагностики.

### Краткие теоретические сведения

*Назначение и технические данные.* Преобразователь НБ-436В предназначен для питания обмоток возбуждения тяговых электродвигателей при рекуперативном торможении. Преобразователь установлен в машинном отделении каждой секции электровоза. Он имеет следующие технические данные:

	Двигатель	Генератор
Напряжение на коллекторе, В	3300	38
Ток якоря, А	15	800
Мощность, кВт.	40,7	30,4
Сопротивление обмотки якоря при 20 °С, Ом	6,31	0,00331
Сопротивление всех катушек полюсов обмотки последовательного возбуждения при 20 °С, Ом	9,07	0,00493
Сопротивление всех катушек обмотки		

независимого возбуждения при 20 °С, Ом	1,060	0,62
Сопrotивление всех катушек		
дополнительных полюсов при 20 °С, Ом	1,698	0,00162
Класс изоляции по нагревостойкости:		
Остова	Р	Р
Якоря	В	В
Частота вращения, об/мин	1290	1290
Система вентиляции преобразователь самовентилирующийся		
Сопrotивление демпферного резистора, Ом	10	--
К. п. д. без демпферного резистора	0,857	0,755
Масса, кг	1900	1900

*Конструкция.* Преобразователь НБ-436В состоит из шестиполюсного низковольтного генератора постоянного тока и четырехполюсного высоковольтного электродвигателя, смонтированных на одном валу и представляющих собой однокорпусный двухмашинный агрегат. Неразъемный остов 4 преобразователя цилиндрической формы отлит из стали 25Л-1, он является одновременно магнитопроводом. Остов имеет специальные лапы для крепления преобразователя к фундаменту, а также приливы с отверстиями для транспортировки. Сердечники главных полюсов 23, 18 двигателя и генератора набраны из тонколистовой стали Ст2 толщиной 1,5 мм и скреплены стальными заклепками, а сердечники дополнительных полюсов 19 и 14 изготовлены из толстолистовой стали Ст2. К остову главные полюсы прикреплены стальными шпильками М16, а дополнительные полюсы - болтами М16.

Двигатель преобразователя имеет смешанное возбуждение. Катушки главных полюсов последовательного возбуждения 22 имеют по 95 витков. Они изготовлены из прямоугольного провода ПСД размерами 1,6x3,0 мм, а катушки независимого возбуждения 21 имеют по 234 витка и изготовлены из прямоугольного провода ПСД размерами 1,6x2,36 мм. Катушки дополнительных полюсов 20 имеют по 219 витков и изготовлены из прямоугольного провода ПСД размерами 1,6x3,0 мм. Корпусная изоляция катушек последовательного возбуждения главных полюсов и катушек дополнительных полюсов состоит из шести слоев, а катушки независимого возбуждения - из трех слоев ленты стеклослюдиитовой ЛС40Рy-ГТ размерами 0,13x25 мм, уложенной с перекрытием в половину ширины ленты. Катушки совместно с сердечниками полюсов пропитаны эпоксидным компаундом ЭМТ-1 ГУ ОТН.504.002-73 и представляют собой неразъемный моноблок. Схемы соединений обмоток двигателя преобразователя приведены на рис. 53, 54.



Сердечник 5 якоря (рис. 52,а) набран из электротехнической стали 1312 толщиной 0,5 мм. Он имеет три ряда аксиальных отверстий для прохода вентилирующего воздуха. В пазы сердечника уложена обмотка 6 якоря. Обмотка волновая, состоит из 49 катушек, намотанных семью секциями в четыре оборота. Изготавливают ее из круглого провода ПЭТВСД диаметром 1,18 мм. Соединение концов обмотки и клиньев с петушками выполнено пайкой оловом 03 ГОСТ 860-75 с флюсом КСп ОСТ 160.614.011-71 погружением в ванну.

Корпусная изоляция катушек якоря состоит из шести слоев стеклослюдиитовой ленты ЛСЭК-5-СПл толщиной 0,11 мм, уложенной с перекрытием в половину ширины ленты, одного слоя ленты из фторопласта толщиной 0,03 мм, уложенной с перекрытием в 1/4 ширины ленты, и одного слоя ленты стеклянной электроизоляционной толщиной 0,1 мм, уложенной встык.

Генератор преобразователя имеет независимое возбуждение. Магнитная система генератора мало насыщена. На главных полюсах размещены катушки независимого 16 и последовательного 17 возбуждения. Катушки 16 (рис. 52,б) получают питание от генератора управления НБ-110 (ДК-405К) и имеют по 230 витков. Они изготовлены из провода ПСД размерами 1,6X4,0 мм. Корпусная изоляция выполнена из лепты стеклослюдиитовой ЛС40Ру-ТТ размерами 0,13X25 мм в три слоя, уложенных с перекрытием в половину ширины ленты. Катушки 17 последовательного возбуждения, обтекаемые током рекуперации тяговых двигателей, обеспечивают необходимые характеристики генератора для устойчивой работы цепи. Они включены в две параллельные цепи по три последовательно. Катушки имеют по одному витку и изготовлены из прямоугольного медного провода размерами 3,8X22 мм марки МГМ. Намотку выполняют в два параллельных провода. Корпусная изоляция - стеклослюдиитовая лента ЛС40Ру-ТТ размерами 0,13x25 мм в шесть слоев, уложенных с перекрытием в половину ширины ленты. Катушки 15 дополнительных полюсов генератора имеют восемь витков и изготовлены из медного провода МГМ размерами 3,55X X 16 мм. Намотка выполнена в три параллельных провода. Корпусная изоляция - лента стеклослюдиитовая ЛС40Ру-ТТ размерами 0,13X25 мм в три слоя с перекрытием в половину ширины ленты.

Все полюсные катушки совместно с полюсными сердечниками пропитывают эпоксидным компаундом ЭМТ-1 ТУ ОН.504.002-73. Они представляют собой неразъемный моноблок.

Сердечник 7 якоря генератора (см. рис. 52, а) набран из электротехнической стали 1312 толщиной 0,5 мм. Сердечник имеет три ряда аксиальных отверстий для прохода вентилирующего воздуха. В пазы сердечника уложена петлевая обмотка 8 якоря с уравнивателями. Она состоит из 57 катушек, каждая из которых имеет восемь отдельных проводников,



расположенных по высоте в два ряда а по четыре проводника в ряду. Обмотка изготовлена из прямоугольного провода ПЭТВСД размерами 1,56X8 мм. Изоляция катушек выполнена из стеклослюдинитовой ленты ЛСЭК-5-СГ1л толщиной 0,11 мм, уложенной в два слоя с перекрытием в половину ширины ленты, одного слоя ленты из фторопласта толщиной 0,03 мм, уложенного с перекрытием в ¼ ширины ленты, и одного слоя ленты стеклянной электроизоляционной, уложенной встык. Число уравнивателей 57. Они изготовлены из провода ПСДК размерами 1,6X5,6 мм и изолированы одним слоем ленты стеклянной электроизоляционной толщиной 0,1 мм, уложенной с перекрытием в половину ширины ленты. Соединение концов обмотки и клиньев с петушками выполнено пайкой оловом 03 ГОСТ 860-75 с флюсом КСп ОСТ.160.614.011-71 погружением в ванну. Схемы соединений обмоток генератора преобразователя приведены на рис. 55 и 56.

Щеточный аппарат 2 (см. рис. 52, а) двигателя унифицирован со щеточным аппаратом электродвигателя ТЛ-110М. Щеточный аппарат 10 генератора состоит из траверсы поворотного типа, на которой закреплены шесть пальцев, стержни которых изолированы бакеллизированной бумагой. На каждом пальце закреплены пять щеткодержателей, в которых установлено по одной щетке марки ЭГ-2а размерами 16X X32X32 мм. Траверсу к остову крепят болтами.

Коллектор 3 якоря двигателя унифицирован с коллектором двигателя ТЛ-110М (кроме размеров шлица). Коллектор 9 якоря генератора набран из 228 медных пластин, изолированных друг от друга миканитовыми прокладками, а от корпуса - миканитовыми манжетами и цилиндром.

Якорные подшипники преобразователя роликовые. Со стороны двигателя установлен фиксирующий подшипник 80-92317Л1, со стороны генератора - плавающий подшипник 80-32317Л1. Наружные кольца запрессованы в подшипниковые щиты 1, 12, изготовленные из стального литья, а внутренние кольца напрессованы на вал якоря. Конструктивное исполнение подшипникового узла обеспечивает создание в нем камеры для смазки, а также уплотнения для предотвращения утечки смазки из камеры. Подшипниковые щиты запрессованы в остове и прикреплены к нему каждый шестью болтами М20 с пружинными шайбами.

Преобразователь НБ-436В - самовентилирующаяся машина. Вентилятор И машины насажен со стороны коллектора генератора на вал. Со стороны генератора на наружной стороне подшипникового щита установлено реле оборотов 13.

Монтаж преобразователя производят в такой последовательности. На остове преобразователя запрессовывают и закрепляют подшипниковый щит со стороны двигателя. Остов устанавливают на специальном стеллаже запрессованным щитом вниз, затем устанавливают щеточный аппарат двигателя без щеток, опускают якорь преобразователя и устанавливают



щеточный аппарат генератора без щеток, запрессовывают и закрепляют подшипниковый щит со стороны генератора. После этого преобразователь поворачивают в рабочее положение и с торца генераторной стороны устанавливают на крышку подшипника корпус реле, а на валу якоря закрепляют реле оборотов. Со стороны двигателя на валу якоря устанавливают шайбу и крышку подшипникового узла, затем щетки и подсоединяют выводы. Демонтаж ведут в обратном порядке.

При техническом обслуживании необходимо:

1. Проверить исправность уплотнений и действие замков коллекторных люков.

2. Осмотреть поверхность коллектора и видимую часть якоря. Поверхность коллектора должна быть гладкой и глянцевой. Задиры, оплавления и затягивания коллекторных пластин не допускаются. Оплавление зачистить стеклянной шкуркой, прочистить канавки, после чего тщательно продуть машину сухим сжатым воздухом. Пыль с коллектора удалять сухой чистой тряпкой.

При обнаружении следов нагара или механических повреждений на поверхности изоляционных манжет коллектора поврежденное место зачистить и покрыть ровным слоем изоляционной эмали ГФ-92-ХС до получения глянцевой поверхности.

3. Проверить состояние кронштейнов щеткодержателей, их крепление. Изоляторы протереть, имеющуюся на них копоть смыть бензином. Неисправные изоляторы сменить. Поверхность пластмассовых кронштейнов зачистить от нагара, отполировать и покрыть эмалью ГФ-92-ХС.

4. Проверить нажатие пружин щеткодержателей, состояние гибких токоведущих проводов, зазоры между корпусом и коллектором, крепление щеткодержателей на кронштейнах. Неисправные щеткодержатели сменить.

5. Проверить щетки. При износе их по высоте, ширине и толщине более нормы, а также при наличии сколов заменить.

6. Проверить укладку и крепление переемычек и межкатушечных соединений; состояние выводных кабелей. Поврежденные места оплетки изоляции проводов восстановить изоляционной лентой.

7. Проверить болтовое крепление главных и добавочных полюсов, подшипниковых щитов, моторно-осевых букс, крепление вспомогательных машин к фундаментам. Ослабшие болты закрепить, поврежденные сменить.

8. Проверить уплотнения кожухов зубчатых передач, состояние их крышек, сварных швов. При наличии трещин в листах, течи масла, неисправностей уплотнений произвести замену или восстановление.

9. Проверить состояние подшипников вспомогательных машин и добавить в них смазку.



10. Проверить уровень смазки в масляной ванне моторно-осевых подшипников и при необходимости добавить до нормального уровня.

11. В зимних условиях:

а) проверить исправность вентиляционных патрубков; в местах их соединений с тяговыми двигателями не должно быть щелей;

б) всасывающую воронку вентилятора затянуть мешковиной. Раз в 10 дней ее необходимо очищать от пыли. В поездках при снегопаде мешковину периодически очищать от снега;

в) отверстия для спуска воды из остовов тяговых двигателей надежно закрывать пробками. После поездки бригада электровоза обязана спускать из остова скопившуюся воду;

г) для устранения случаев примерзания щеток их необходимо предварительно сушить в печи в течение 24 ч при температуре 100-200 °С и хранить в сухом месте. Перед постановкой щеток на машину их боковые поверхности покрыть тонким слоем смазки МВП ГОСТ 1805-76;

д) моторно-осевые подшипники заправить зимней смазкой. Необходимо периодически брать пробу смазки и при обнаружении воды в буксе смазку сменить. Смазку добавлять только в подогретом состоянии;

е) после поездки при снегопаде и ввода электровоза в депо тщательно осмотреть тяговые двигатели, удалить из них воду, очистить от снега мешковину на всасывающей воронке вентилятора, замерить сопротивление изоляции. Замер изоляции производить не реже одного раза в десять дней. Если изоляция ниже допустимой, произвести сушку тяговых и вспомогательных машин;

ж) вводить электровозы в теплое помещение только с теплыми тяговыми и вспомогательными машинами;

з) сушку тяговых двигателей производить постоянным током 100-150 А при последовательном их соединении. Крышки коллекторных люков должны быть открыты. Во избежание превышения допустимой температуры нагрева коллекторов тяговых двигателей электровоз необходимо передвигать через 10-20 мин на 1-2 м с последующим торможением. Процесс сушки считается законченным, если изоляция тяговых двигателей будет не ниже 1,5-3 МОм, а вспомогательных машин-5-10 МОм. После окончания сушки следует произвести замер сопротивления изоляции и внести запись в книгу ремонта.

### **Программа работы:**

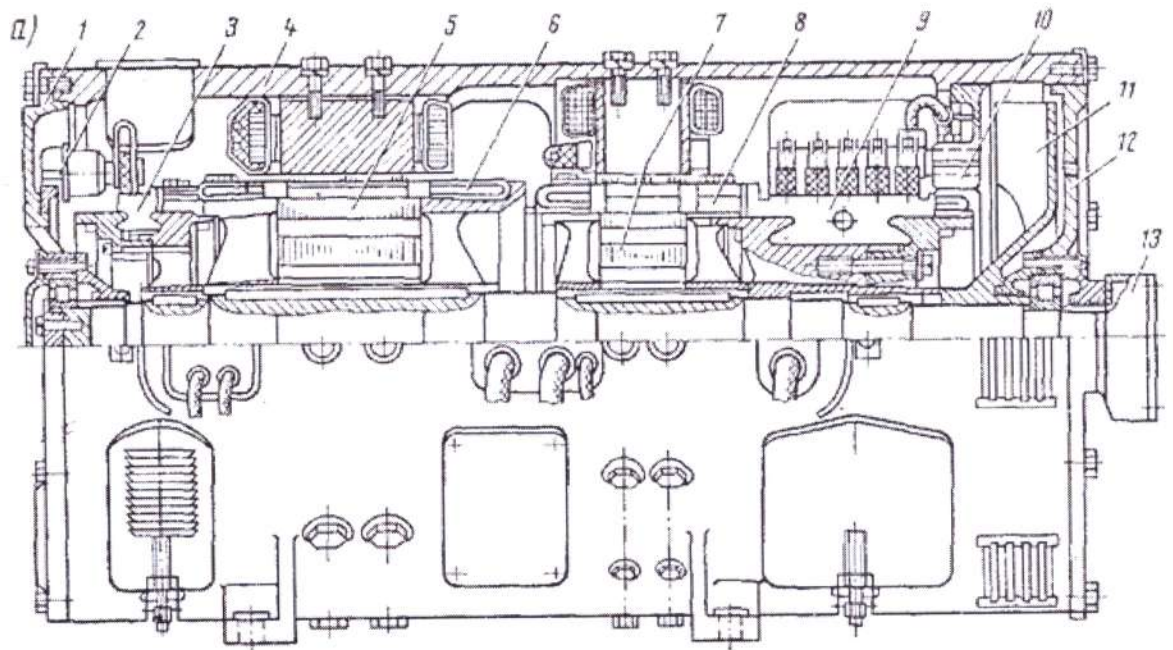
1. Назначение, устройство и технические характеристики преобразователя НБ-436В.
2. Привести принципиальную схему преобразователя.

3. Выяснить основные неисправности, их причины, методы диагностики и способы устранения.
4. Составить отчет и сделать вывод о проделанной работе.

#### **Контрольные вопросы.**

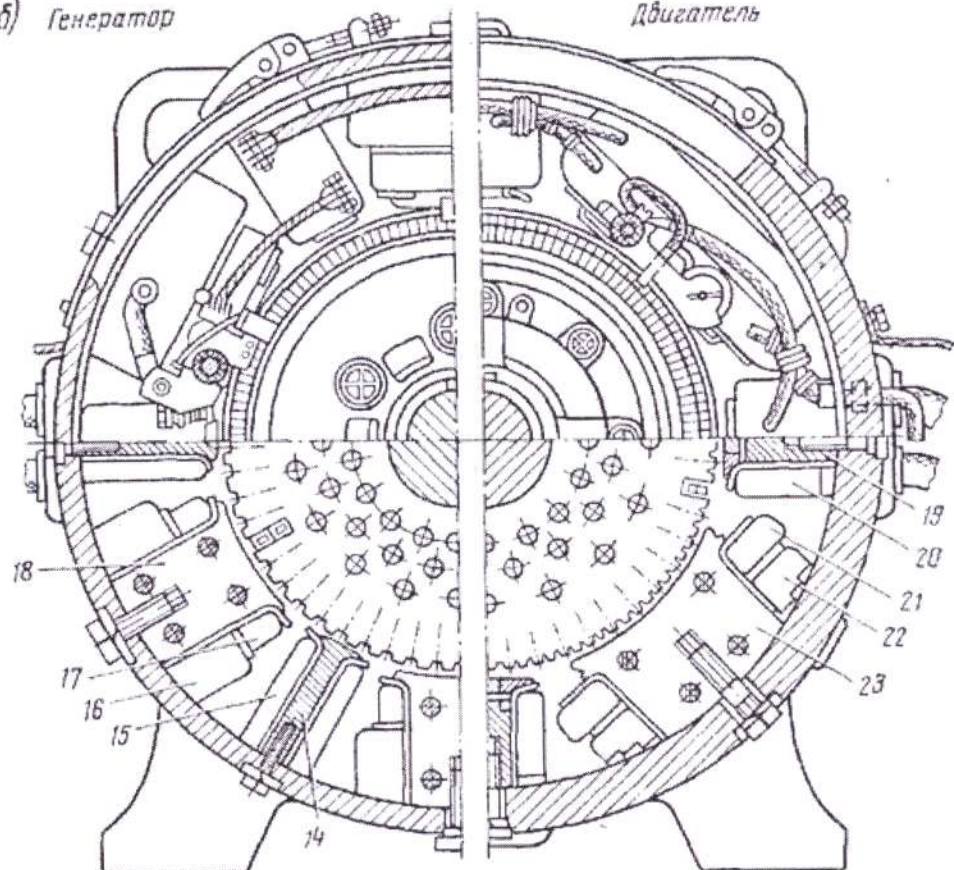
1. Каков принцип действия электромашинного преобразователя?
2. Основные этапы технического обслуживания.
3. Основные этапы технического обслуживания в зимнее время.
4. В какой последовательности производится монтаж преобразователя?
5. В какой последовательности производится демонтаж преобразователя?





б) Генератор

Двигатель



Продольный (а) и поперечный (б) разрезы преобразователя НБ-436В:

1, 12 — штыи подшипниковые; 2, 10 — щеточные аппараты двигателя и генератора; 3, 9 — коллекторы двигателя и генератора; 4 — остов; 5, 7 — сердечники якорей; 6, 8 — обмотки якорей; 11 — вентилятор; 13 — реле оборотов; 14, 19 — сердечники дополнительных полюсов; 15, 20 — катушки дополнительных полюсов; 16, 21 — катушки главных полюсов независимого возбуждения; 17, 22 — катушки главных полюсов последовательного возбуждения; 18, 23 — сердечники главных полюсов



## Лабораторная работа №12

**Тема:** Техническое обслуживание электрической машины постоянного тока.

**Цель занятия:** Изучить основные виды технического обслуживания электрических машин электровозов и электропоездов, содержание и порядок проведения.

### Краткие теоретические сведения

#### *Техническое обслуживание тяговых электродвигателей постоянного тока НБ-418К6, ТЛ-2К, НБ-514 электровозов.*

При наружном осмотре сначала проверяют исправность действия замков коллекторных люков, болтовые крепления моторно-осевых букс, кожухов зубчатой передачи, главных и добавочных полюсов, подшипниковых щитов, кронштейна подвески. Внутренние узлы электродвигателей осматривают, как правило, когда электровоз стоит в депо на канаве. Кроме того, через верхний коллекторный люк осмотр можно произвести и без установки электровоза на канаву. Перед осмотром поверхности около коллекторных люков и крышки этих люков тщательно очищают от пыли, грязи, снега и т.п., после чего снимают крышку и осматривают якорь, коллектор, щеткодержатели, щетки, кронштейны и пальцы кронштейнов, расположенные напротив смотрового люка, а также видимую часть траверсы и полюсных катушек.

#### *Техническое обслуживание коллекторно-щеточного узла.*

Нормально работающий коллектор должен иметь полированную блестящую поверхность (политуру) коричневого оттенка без царапин, рисок, вмятин, затяжки меди в межламельное пространство и подгаров.

Сначала мягкой, слегка смоченной в техническом спирте или бензине салфеткой удаляют грязь и следы смазки. Таким же образом очищают изоляцию переднего конуса, подгоревшие и поврежденные места конуса, зачищают стеклянной шкуркой и окрашивают изоляционной эмалью до получения глянцевой поверхности. Недопустимо применять для протирки материалы, оставляющие жирные следы.

Небольшие царапины, выбоины и подгары на рабочей поверхности коллектора устраняют шлифовальной шкуркой, закрепленной на специальной деревянной колодке, имеющей радиус, близкий к радиусу коллектора, и ширину не менее  $2/3$  длины рабочей поверхности коллектора. Зачистку рекомендуется производить на вращающемся коллекторе — в противном случае можно вызвать образование местных выработок. Однако шлифовка уничтожает политуру, ухудшая тем самым контакт между коллектором и щетками, поэтому к ней прибегают при особой необходимости. Вместо шлифовки допускается производить полировку



вращающегося коллектора брезентом при помощи деревянной колодки, имеющей радиус, равный радиусу коллектора.

Удаление заусенцев из межламельного пространства коллектора производят неметаллической щеткой или кистями, например капроновыми. При этом чешуйки меди загибают щеткой в ламельное пространство, затем с помощью сжатого воздуха поднимают их вновь. Операцию повторяют 2-3 раза до излома чешуек меди от затяжки. Крупные заусенцы от затяжки меди удаляют специальным ножом для снятия фасок.

Для устранения неисправностей, вызванных перебросом и воздействием кругового огня, тяговый электродвигатель снимают с электровоза и производят ремонт в соответствии с заводскими инструкциями.

В случае повышенного износа всех щеток или щеток одной стороны тщательно осматривают коллектор и замеряют его биение. Причиной повышенного износа щеток может быть недостаточно тщательная обработка коллектора или выступание отдельных коллекторных пластин. При выступании миканитовых пластин выполняют продорожку коллектора.

При обнаружении неисправности щеткодержателей или изношенных щеток продолжают осмотр остальных щеток и щеткодержателей, проворачивая траверсу. Щетки заменяют на новые той же марки, которая указана в инструкции завода-изготовителя. После установки щеток выполняют их шлифовку мелкозернистой шкуркой. Применение крупнозернистой шкурки недопустимо. Аналогично выполняют техническое обслуживание тяговых электродвигателей электропоездов.

После осмотра тягового электродвигателя смотровые люки закрывают, убеждаются в плотном прилегании крышек к остову и проверяют исправность запирающих устройств. Обращают внимание на целостность брезентовых вентиляционных патрубков, надежность их крепления и плотность прилегания; не допускаются обрывы и прорезы брезентовых патрубков.

**Техническое обслуживание тяговых электродвигателей с опорно-рамным подвешиванием НБ-520, ДТК-800КЭ** включает те же работы, что и при техническом обслуживании тяговых электродвигателей НБ-418К6, НБ-514 и ТЛ-2К.

При ТО-2 производят следующие работы. Проверяют надежность крепления крышек коллекторных люков, плотность их прилегания к остову. Неисправные уплотнения ремонтируют или заменяют. Проверяют крепление главных и добавочных полюсов, подшипниковых щитов и их крышек. Определяют температуру нагрева якорных подшипников (не более 80 °С). Проверяют целостность брезентовых вентиляционных патрубков, надежность их крепления и плотность прилегания. Обрывы и прорезы брезентовых патрубков не допускаются.



### *Техническое обслуживание тяговых электродвигателей и вспомогательных электрических машин электропоездов.*

При ТО-3 сразу после постановки электропоезда на ремонтную позицию, опускания токоприемников и снятия напряжения с контактного провода проверяют нагрев (на ощупь или специальными термометрами) крышек подшипниковых щитов электрических машин, который должен быть не более 80 °С.

Тяговые электродвигатели осматривают снаружи, обращая особое внимание на выводные кабели, вентиляционные и выхлопные патрубки. Убеждаются в отсутствии трещин в остовах, исправном состоянии и надежном креплении выводных кабелей, клиц и болтов, крепящих сердечники полюсов; ослабление полюсных болтов не допускается. Не допускается также трение выводных кабелей между собой или о какие-либо детали и чрезмерное натяжение кабелей. Расстояние от выводных концов кабелей тяговых электродвигателей до оси колесной пары должно быть не менее 100 мм.

Проверяют крепление тягового электродвигателя, подшипниковых щитов; ослабление крепления щитов и обрыв болтов не допускается.

Вспомогательные электрические машины осматривают, проверяют их подвеску и крепление, а также крепление полюсов и шунтов заземления. Очищают сетки вентиляционных отверстий от грязи, при необходимости продувают сжатым воздухом давлением от 0,25 до 0,30 МПа. При проверке остовов и подшипниковых щитов обращают внимание на появление трещин, ослабление крепления щитов и обрыв болтов.

Открывают крышки коллекторных люков и проверяют состояние крышек и их уплотнений, замков, плотность прилегания крышек; неисправности устраняют. Проверяют исправность и крепление корпусов, кронштейнов и пружин щеткодержателей, изоляторов, щеток. Кронштейны с изоляторами, имеющими повреждения глазури, трещины или ослабления в посадке, заменяют. Кронштейны из пластмассы с закопченной поверхностью зачищают и покрывают электроизоляционной дугостойкой эмалью, а кронштейны с повреждением пластмассы более 20 % — заменяют.

Щеткодержатели, имеющие трещины, неисправные пружины и шунты, разработанные окна под щетки, ослабшие сухари пальцев, заменяют.

Щетки, изношенные по высоте более допустимых норм, имеющие отколы более 10 % контактной поверхности, а также ослабление заделки или обрыв более 15 % сечения жил шунтов, заменяют. Вновь установленные щетки притирают по коллектору. Не допускается установка щеток разных марок на одну электрическую машину.

Доступные межкатушечные соединения осматривают, ослабшие соединения закрепляют. Проверяют посадку катушек на сердечники полюсов, ослабление посадки катушек не допускается.

При осмотре коллектора обращают внимание на вылет изоляционного конуса, бандажи и клинья крепления обмотки якоря.



Коллектор очищают от загрязнений капроновой щеткой и протирают смоченной в бензине салфеткой. Затем устраняют следы перебросов электрической дуги, снимают фаски, зачищают и отшлифовывают коллектор.

Проверяют состояние и крепление вентиляторов.

Запрещается эксплуатация электрических машин с ослабшим или поврежденным вентилятором.

Измеряют сопротивление изоляции цепей тяговых электродвигателей и высоковольтных аппаратов.

### **Программа работы:**

1. Техническое обслуживание тяговых электродвигателей постоянного тока НБ-418К6, ТЛ-2К, НБ-514 электровозов.
2. Техническое обслуживание коллекторно-щеточного узла.
3. Техническое обслуживание тяговых электродвигателей и вспомогательных электрических машин электропоездов.
4. Составить отчет и сделать вывод о проделанной работе.

### **Контрольные вопросы.**

1. Появление каких неисправностей остова тяговых коллекторных машин возможно при эксплуатации?
2. Каковы причины искрения на коллекторе?
3. Каковы причины нагрева тяговых электрических машин?
4. Какие виды работ выполняют при ТО-1 коллекторных ТЭД?
5. Как производят сушку электрических машин?
6. Какие виды работ выполняют при ТО-2 коллекторных электрических машин?
7. Какие виды работ выполняют при ТО-3 коллекторных электрических машин?

## Лабораторная работа №13

**Тема:** Техническое обслуживание электрической машины переменного тока.

**Цель занятия:** Изучить основные виды технического обслуживания электрических машин электровозов и электропоездов, содержание и порядок проведения.

### Краткие теоретические сведения

Наиболее распространенными неисправностями обмоток статора генераторов переменного тока и асинхронных электродвигателей являются обрывы выводных проводов и проводов секций обмотки, межвитковые замыкания и замыкания на корпус.

**Короткое замыкание.** В этом случае через короткозамкнутые витки, катушечную группу или катушку течет большой ток, который вызывает чрезмерный местный перегрев обмотки. Работа такой машины сопровождается сильным гудением и неравномерным распределением тока по обмоткам.

В асинхронных двигателях поврежденную фазу находят, измеряя ток во всех трех фазах. Короткозамкнутые витки можно обнаружить при помощи электромагнита, питаемого переменным током, так же как это осуществляется при определении короткозамкнутых витков или секций в обмотке якоря. Когда паз с короткозамкнутыми витками перекрывает стальная пластинка, она начинает сильно вибрировать. Передвигая электромагнит по всему статору, можно проверить все его секции.

**Обрыв в обмотке.** В обмотке, соединенной в звезду, обрыв может быть обнаружен по отсутствию тока в одной из фаз. При соединении обмотки в треугольник ток в двух подведенных проводах, между которыми находится оборванная фаза, будет значительно меньше, чем в третьем проводе. Поврежденную фазу находят, пользуясь мегомметром или контрольной лампой, предварительно отсоединив отдельные фазы обмотки друг от друга.

**Замыкание на корпус.** Замыкание можно обнаружить путем осмотра, по повреждению изоляции обмотки или мегомметром. Чтобы найти место повреждения, измеряют величину падения напряжения между отдельными частями обмотки и корпусом. Показания милливольтметра будут наименьшими при касании к двум концам поврежденной катушки. Замыкание на корпус устраняют, восстанавливая изоляцию или заменяя поврежденную катушку.

### Ремонт обмоток статора.

Если обнаруживаются обрывы в фазах обмотки, межвитковые замыкания или замыкания на корпус, производится частичная или полная перемотка статора. Чтобы облегчить извлечение катушек из



пазов и предохранить их от повреждений, статор нагревают (током или в сушильном шкафу) до температуры 70—80° С. Затем при помощи выколотки и деревянного молотка выбивают текстолитовые клинья, разрезают и снимают изоляцию межкатушечных соединений обмотки статора, разъединяют катушки и извлекают их из пазов. Пазы статора очищают от старой изоляции, проверяют состояние стальных пакетов, зачищают заусенцы.

Изготовление катушек для статорных обмоток. Многовитковые катушки статорных обмоток изготавливают путем намотки на шаблоны изолированного провода соответствующей марки. Можно также изготавливать катушки на универсальном приспособлении с двумя подвижными шаблонами, смонтированными на коромысле, вращаемом при помощи рукоятки. Шаблоны раздвигают и закрепляют на коромысле в соответствии с размерами наматываемой катушки. Чтобы придать катушке нужную форму, лобовые ее части изгибают на шаблонах по радиусу. Катушки крепятся в пазах текстолитовыми клиньями, забиваемыми деревянным молотком. Если обнаруживаются обрывы в фазах обмотки, межвитковые замыкания или замыкания на корпус, производится частичная или полная перемотка статора. Чтобы облегчить извлечение катушек из пазов и предохранить их от повреждений, статор нагревают (током или в сушильном шкафу) до температуры 70—80° С. Затем при помощи выколотки и деревянного молотка выбивают текстолитовые клинья, разрезают и снимают изоляцию межкатушечных соединений обмотки статора, разъединяют катушки и извлекают их из пазов. Пазы статора очищают от старой изоляции, проверяют состояние стальных пакетов, зачищают заусенцы.

**Изготовление катушек для статорных обмоток.** Многовитковые катушки статорных обмоток изготавливают путем намотки на шаблоны изолированного провода соответствующей марки. Можно также изготавливать катушки на универсальном приспособлении (рис. 1) с двумя подвижными шаблонами, смонтированными на коромысле, вращаемом при помощи рукоятки. Шаблоны раздвигают и закрепляют на коромысле в соответствии с размерами наматываемой катушки. Чтобы придать катушке нужную форму, лобовые ее части изгибают на шаблонах по радиусу. Катушки крепятся в пазах текстолитовыми клиньями, забиваемыми деревянным молотком.

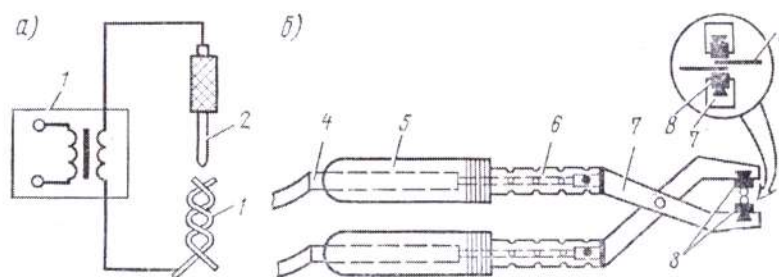


Рис. 2. Способы соединения проводов обмотки статоров электрических машин переменного тока:

*а* — сварка оплавлением; *б* — пайка при помощи паяльных клещей; 1 — трансформатор; 2 — угольный электрод; 3 — соединяемые провода; 4 — подводящие провода от питающего трансформатора; 5 — рукоятка клещей; 6 — теплоотводящая труба; 7 — губки; 8 — угольные контакты

Соединение катушек, заложенных в пазы, осуществляют пайкой или сваркой оплавлением. Сварка оплавлением может быть применена для соединения проводов диаметром от 0,8 мм и выше. Свариваемые концы проводов предварительно скручивают и соединяют с одним из зажимов понижающего трансформатора (рис. 2,а), к другому зажиму присоединяют угольный электрод. Когда угольным электродом касаются скрутки, концы проводов оплавляются и свариваются. Для пайки проводов твердыми припоями используют паяльные клещи (рис. 2,б). В этом случае очищенные и облуженные концы соединяемых проводов вводят между электродами клещей, разогревают до темно-красного свечения и спаивают медью.

### Ремонт обмоток ротора.

У асинхронных двигателей с фазовым ротором неисправности обмотки ротора обнаруживают и устраняют так же, как и в обмотке статора. Повреждения обмотки ротора короткозамкнутых электродвигателей наиболее часто возникают в местах соединения роторных стержней с короткозамыкающими кольцами. Иногда наблюдаются обрывы и подгорания стержней ротора. Наличие трещин или обрывов в короткозамкнутых стержнях ротора в собранной машине устанавливают следующим образом: к обмотке статора подводят пониженное напряжение от трансформатора и в одну из фаз обмотки включают амперметр. Если в стержнях ротора нет трещин и обрывов, амперметр при медленном вращении не меняет своего показания; небольшие отклонения стрелки амперметра в любую сторону указывают на наличие малых трещин; значительные отклонения стрелки свидетельствуют о том, что в роторе имеется полный обрыв одного или нескольких стержней. Небольшие трещины в короткозамыкающих кольцах беличьей клетки из алюминиевого сплава запаивают припоем, состоящим из 63% олова, 33% цинка и 4%



алюминия. Температуры плавления этого припоя  $380^{\circ}\text{C}$ . Роторы с большим количеством трещин, а также с обрывом стержней ремонтируют в специализированных мастерских.

**Сушка обмоток.** Волокнистые изоляционные материалы, применяемые в электрических машинах и аппаратах (ткани, ленты, оплетка проводов, электрокартон и др.), обладают гигроскопичностью, т. е. способностью впитывать влагу из окружающей среды. Поэтому электрическая прочность изоляции, обмоток электрических машин и аппаратов, эксплуатирующихся в условиях повышенной влажности (например, под вагоном или внутри неотапливаемого вагона, находящегося в отстое) и находящихся в длительном хранении, снижается. Состояние изоляции обмоток определяется ее сопротивлением, которое для электрических машин и аппаратов, установленных на вагонах (кроме аппаратуры высоковольтного отопления), должно быть не менее 0,5 МОм. При уменьшении сопротивления изоляции ниже этой величины обмотки машины или аппарата сушат пропускаемым по ним током, горячим воздухом или инфракрасными лучами.

**Пропитка обмоток.** Чтобы повысить надежность электрических машин и аппаратов, их обмотки пропитывают специальными изоляционными лаками после каждого ремонта (частичная или полная замена обмотки, устранение повреждений изоляции и пр.), а также после сушки машины или аппарата, если сопротивление изоляции снова уменьшается через небольшой период эксплуатации. Пропитка специальными лаками волокнистых изоляционных материалов (хлопчатобумажная и шелковая пряжа, ткань и лента, изоляционная бумага и картон) повышает нагревостойкость, влагостойкость, химическую стойкость, теплопроводность, электрическую и механическую прочность изоляции и, следовательно, срок ее службы.

Технология пропитки предусматривает предварительную сушку изоляции обмотки, пропитку ее изоляционным лаком и окончательную сушку после пропитки. Лак заполняет поры изоляции и пустоты в обмотке (изоляция становится монолитной), предохраняет обмотку от повреждений и хорошо проводит тепло. После пропитки и сушки на еще горячие катушки электрических машин и аппаратов и на лобовые части обмотки якоря и статора наносят слой покровного лака или эмали и подвергают сушке в течение 5—10 ч до исчезновения отлипа. Покровные лаки создают на поверхности обмотки механически прочный, влагонепроницаемый и маслостойкий слой, защищающий изоляцию от повреждений.

**Проверка якорей и роторов после пропитки и сушки.** После пропитки и сушки у обмоток якоря и полюсов, находящихся в горячем состоянии, измеряют сопротивление изоляции мегомметром на 500 В. Для электрических машин, работающих при напряжении 10 В, оно должно быть не менее 2 МОм, а при 50 В — не менее 1 МОм. Затем проверяют электрическую прочность изоляции обмоток переменным током частотой



50 Гц в течение 1 мин. Величина испытательного напряжения для различных машин приведена в табл. 31. В процессе испытаний напряжение плавно повышают и доводят до наибольшего через 15—20 с.

Испытание электрической прочности изоляции следует проводить в высоковольтной камере, разделенной на две части — испытательную площадку и аппаратное отделение с высоковольтным трансформатором и щитом с приборами и аппаратурой. Испытываемый якорь устанавливают на опорные ролики, смонтированные на тележке, которую по рельсам вкатывают в камеру. К коллектору при помощи специальной пружины присоединяют высоковольтный провод от вторичной обмотки повышающего трансформатора. Двери камеры закрывают и между сердечником якоря и коллектором подают испытательное напряжение. В цепь первичной обмотки трансформатора включен автотрансформатор или потенциал-регулятор, позволяющий повышать испытательное напряжение. Величина испытательного напряжения контролируется вольтметром. В момент пробоя изоляции возрастает ток, срабатывает автоматический выключатель и отключает установку от сети.

В целях безопасности работы в дверце высоковольтной камеры монтируется блокировочное устройство, контакты которого включены в цепь питания катушки магнитного пускателя, подключающего автотрансформатор к сети. В момент открытия дверцы камеры напряжение с якоря снимается.

### Балансировка якорей и роторов.

**Виды небаланса.** После ремонта вращающихся частей электрических машин (частичная или полная перемотка, пропайка коллектора, смена бандажей или перестановка вентилятора) нарушается их балансировка вследствие неравномерного распределения пропиточного лака и олова, несимметричного расположения лобовых частей обмотки или эксцентричной посадки вентилятора. Нарушение балансировки вызывает вибрацию машины, ускоряющую износ ее подшипников и работающих с ней механизмов, ослабление элементов крепления, шум и дополнительные потери энергии.

Три вида небаланса ротора, условно разделенного на две равные части плоскостью, перпендикулярной оси вращения, в упрощенной форме показаны на рис. 3. Статический небаланс характеризуется

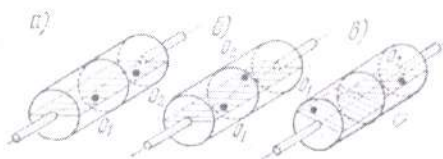


Рис. 3. Виды небаланса ротора:  
а — статический; б — динамический; в — смешанный



тем, что центры тяжести  $O_1$  и  $O_2$  обеих половин ротора смещены от оси вращения в одну сторону и расположены в одной плоскости. Статический небаланс проявляется даже при неподвижном состоянии детали, так как она всегда стремится повернуться более тяжелой частью вниз. При динамическом небалансе центры тяжести  $O_1$  и  $O_2$  симметрично смещены в разные стороны от оси вращения, но лежат также в одной плоскости. В этом случае центр тяжести деталей совмещается с осью вращения, поэтому небаланс проявляется только при вращении. Смешанный небаланс сочетает в себе статический и динамический. В этом случае центры тяжести  $O_1$  и  $O_2$  лежат также в разных плоскостях.

**Устранение небаланса.** Для устранения небаланса добавляют уравновешивающие грузы или снимают часть металла в соответствующих местах ротора. Чтобы обнаружить небаланс и определить места, куда надо добавить или откуда снять уравновешивающие грузы, производят статическую и динамическую балансировку якорей и роторов. Статическую балансировку осуществляют на металлической раме с ножами (рис. 4, а), которая устанавливается по уровню строго горизонтально. Для определения небаланса ротор устанавливают на ножи. При наличии статического небаланса он поворачивается и занимает положение, при котором более тяжелая его половина располагается ниже оси вращения. Из этой половины необходимо удалить часть металла.

Динамическая балансировка осуществляется на балансировочных станках (рис. 4, б). Балансируемый ротор приводят во вращение от электродвигателя. При наличии небаланса возникают вибрации опор, которые определяются датчиками колебаний, подключенными к указателю небаланса. Для динамического уравновешивания ротора выбирают две перпендикулярные его оси — плоскости коррекции, в ко-

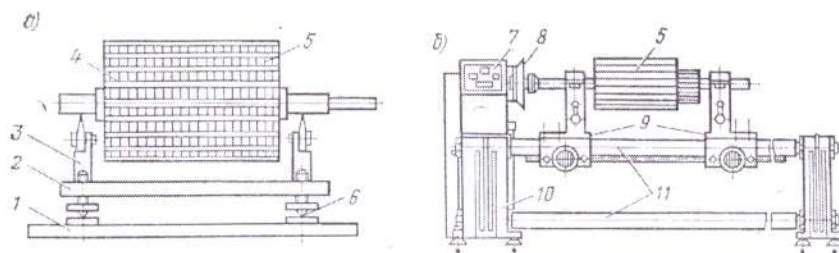


Рис. 4. Устройства для статической (а) и динамической (б) балансировки якорей и роторов:

1 — станина; 2 — плита; 3 — опорные ножи; 4 — ротор; 5 — место небаланса; 6 — ножки с установочными винтами; 7 - шпиндельная бабка; 8 — маховик; 9 - опоры; 10 - тумбы; 11 — направляющие

торых закрепляют балансировочные грузы. Степень неуравновешенности определяют по указателю небаланса. При балансировке в плоскостях

коррекции прикрепляют контрольные грузы и, постепенно увеличивая их массу, добиваются устранения небаланса.

### **Программа работы:**

1. Обнаружение неисправностей в обмотках статора.
2. Этапы ремонта обмоток статора.
3. Этапы ремонта обмоток ротора.
4. Сушка и пропитка обмоток.
5. Описать балансировку якорей и роторов.
6. Составить отчет и сделать вывод о проделанной работе.

### **Контрольные вопросы.**

1. Появление каких неисправностей в обмотках статора машин переменного тока возможно при эксплуатации?
2. Как производят ремонт обмоток статора?
3. Как производят ремонт обмоток ротора?
4. Для чего производят сушку и пропитку обмоток?
5. Виды небаланса.
6. Способы обнаружения и устранения небаланса.

## **Лабораторная работа №14**

**Тема:** Проверка технического состояния тягового двигателя постоянного тока, выявление неисправностей, определение условий дальнейшей эксплуатации.

**Цель занятия:** Изучить основные этапы проверки технического состояния тягового двигателя постоянного тока.

### **Краткие теоретические сведения**

*Назначение и технические характеристики Электродвигателя НБ-418.* Электродвигатель НБ-418 предназначен для преобразования электрической энергии, получаемой из контактной сети, в механическую,



передаваемую с вала двигателя на колесную пару электровоза. Тяговый двигатель выполнен для опорно-осевого подвешивания и представляет собой шестиполосную электрическую машину пульсирующего тока с последовательным возбуждением и независимой системой вентиляции. Охлаждающий воздух поступает в тяговый двигатель со стороны коллектора через вентиляционный люк и выходит из двигателя со стороны, противоположной коллектору, вверх под кузов электровоза через специальный кожух.

Основные технические данные тягового двигателя:

Мощность, кВт	790/740
Напряжение на коллекторе, В	950/950
Ток якоря, А	880/820
Частота вращения якоря, об/мин	890/915
Количество вентилирующего воздуха, м <sup>3</sup> /мин, не менее	105
КПД, %	94,5/94,8
Класс изоляции по нагревостойкости:	
катушек главных и добавочных полюсов	Н
компенсационной обмотки и обмотки якоря	F
Сопротивление при температуре +20оС, Ом:	
цепи всех катушек главных полюсов (без шунта)	0,0068
цепи всех катушек добавочных полюсов и компенсационной обмотки	0,0118
обмотки якоря	0,011
Масса двигателя (без зубчатой передачи), кг	4350

### ***Основные этапы технического обслуживания***

В период эксплуатации между планово-предупредительными ремонтами (при технических обслуживаниях ТО-2 и ТО-3 электровозов)

необходимо систематически производить осмотр тяговых двигателей и вспомогательных машин. Обнаруженные неисправности следует устранять немедленно.

Перед осмотром для удаления пыли электрические машины продувают сухим сжатым воздухом. Во избежание попадания грязи внутрь машины перед осмотром необходимо тщательно очистить поверхность около коллекторных люков. При обслуживании внутренних частей электрических машин запрещается пользоваться грязным обтирочным материалом, наждачной бумагой, напильником.

При техническом обслуживании необходимо:

1. Проверить исправность уплотнений и действие замков коллекторных люков.

2. Осмотреть поверхность коллектора и видимую часть якоря. Поверхность коллектора должна быть гладкой и глянцевой. Задиры, оплавления и затягивания коллекторных пластин не допускаются. Оплавление зачистить стеклянной шкуркой, прочистить канавки, после чего тщательно продуть машину сухим сжатым воздухом. Пыль с коллектора удалять сухой чистой тряпкой.

При обнаружении следов нагара или механических повреждений на поверхности изоляционных манжет коллектора поврежденное место зачистить и покрыть ровным слоем изоляционной эмали ГФ-92-ХС до получения глянцевой поверхности.

3. Проверить состояние кронштейнов щеткодержателей, их крепление. Изоляторы протереть, имеющуюся на них копоть смыть бензином. Неисправные изоляторы сменить. Поверхность пластмассовых кронштейнов зачистить от нагара, отполировать и покрыть эмалью ГФ-92-ХС.



4. Проверить нажатие пружин щеткодержателей, состояние гибких токоведущих проводов, зазоры между корпусом и коллектором, крепление щеткодержателей на кронштейнах. Неисправные щеткодержатели сменить.

5. Проверить щетки. При износе их по высоте, ширине и толщине более нормы, а также при наличии сколов заменить.

6. Проверить укладку и крепление перемычек и межкатушечных соединений; состояние выводных кабелей. Поврежденные места оплетки изоляции проводов восстановить изоляционной лентой.

7. Проверить болтовое крепление главных и добавочных полюсов, подшипниковых щитов, моторно-осевых букс, крепление вспомогательных машин к фундаментам. Ослабшие болты закрепить, поврежденные сменить.

8. Проверить уплотнения кожухов зубчатых передач, состояние их крышек, сварных швов. При наличии трещин в листах, течи масла, неисправностей уплотнений произвести замену или восстановление.

9. Проверить состояние подшипников вспомогательных машин и добавить в них смазку.

10. Проверить уровень смазки в масляной ванне моторно-осевых подшипников и при необходимости добавить до нормального уровня.

11. В зимних условиях:

а) проверить исправность вентиляционных патрубков; в местах их соединений с тяговыми двигателями не должно быть щелей;

б) всасывающую воронку вентилятора затянуть мешковиной. Раз в 10 дней ее необходимо очищать от пыли. В поездках при снегопаде мешковину периодически очищать от снега;

в) отверстия для спуска воды из остовов тяговых двигателей надежно закрывать пробками. После поездки бригада электровоза обязана спускать из остова скопившуюся воду;

г) для устранения случаев примерзания щеток их необходимо предварительно сушить в печи в течение 24 ч при температуре 100-200 °С и хранить в сухом месте. Перед постановкой щеток на машину их боковые поверхности покрыть тонким слоем смазки МВП ГОСТ 1805-76;

д) моторно-осевые подшипники заправить зимней смазкой. Необходимо периодически брать пробу смазки и при обнаружении воды в буксе смазку сменить. Смазку добавлять только в подогретом состоянии;

е) после поездки при снегопаде и ввода электровоза в депо тщательно осмотреть тяговые двигатели, удалить из них воду, очистить от снега мешковину на всасывающей воронке вентилятора, замерить сопротивление изоляции. Замер изоляции производить не реже одного раза в десять дней. Если изоляция ниже допустимой, произвести сушку тяговых и вспомогательных машин;

ж) вводить электровозы в теплое помещение только с теплыми тяговыми и вспомогательными машинами;

з) сушку тяговых двигателей производить постоянным током 100-150 А при последовательном их соединении. Крышки коллекторных люков должны быть открыты. Во избежание превышения допустимой температуры нагрева коллекторов тяговых двигателей электровоз необходимо передвигать через 10-20 мин на 1-2 м с последующим торможением. Процесс сушки считается законченным, если изоляция тяговых двигателей будет не ниже 1,5-3 МОм, а вспомогательных машин-5-10 МОм. После окончания сушки следует произвести замер сопротивления изоляции и внести запись в книгу ремонта.



### **Программа работы:**

1. Описать назначение и основные характеристики электродвигателя НБ-418.
2. Проверка технического состояния.
3. Особенности проверки технического состояния в зимний период.
4. Составить отчет и сделать вывод о проделанной работе.

### **Контрольные вопросы.**

1. Каковы особенности электродвигателя НБ-418?
2. Каковы основные этапы технического обслуживания?
3. В чем особенности технического обслуживания в зимнее время?

## **Лабораторная работа №15**

**Тема:** Техническое обслуживание тягового трансформатора.

**Цель занятия:** Изучить основные виды контроля технического состояния тягового трансформатора.

### **Краткие теоретические сведения**

Трансформатор ОДЦЭ-5000/25Б предназначен для преобразования напряжения контактной сети в напряжение цепей тяговых двигателей и собственных нужд электровоза.

Технические данные

Напряжение сетевой обмотки 25000 В

Мощность сетевой обмотки 1485 кВА

Ток тяговой обмотки:

длительный 1750 А

часовой 1840 А

Напряжение холостого хода:

тяговой обмотки 1218 В

обмотки собственных нужд 232; 406; 638 В

Ток обмотки собственных нужд номинальный 550 А

При работе по схеме резервирования 1000  
Мощность обмотки собственных нужд 225 кВА  
Коэффициент трансформации обмоток:  
сетевая-тяговая  $20,5 \pm 0,1$   
сетевая-собственных нужд  $1,5 \pm 0,31$   
Общие потери Не более 100 кВт  
Коэффициент полезного действия 97,6 %  
Расход воздуха на охлаждение 333 м<sup>3</sup>/мин  
Срок службы 20 лет  
Масса 8000 кг

В процессе эксплуатации электровозов и электропоездов переменного тока в их силовых цепях могут возникать аварийные режимы, способные вызвать появление неисправностей в трансформаторах и реакторах. Так, при сквозном пробое плеча выпрямительной установки или выпрямительно-инверторного преобразователя вторичная обмотка трансформатора оказывается замкнутой накоротко и ток в ней резко возрастает. Это может вызвать повышенный нагрев токоведущих элементов и, как следствие, привести к снижению диэлектрических свойств масла и органической изоляции трансформаторов и реакторов. Резкое увеличение тока обусловит одновременно и появление механических перегрузок, под действием которых может ослабнуть крепление обмоток трансформатора. Резкое увеличение тока в цепи выпрямленного тока может привести к недопустимому нагреву обмоток индуктивных шунтов, что не только ухудшит диэлектрические свойства изоляции и ускорит ее старение, но и может привести к ее пробое.

В трубопроводах, радиаторах и в сварных швах бака трансформатора возможна течь масла. К течи масла могут привести и образовавшиеся неплотности в разъемных соединениях системы масляного охлаждения трансформатора из-за неудовлетворительного крепления фланцев, порчи резинового уплотнения, неплотности пробки для спуска воздуха у изоляторов первичной обмотки трансформатора, неудовлетворительного крепления нажимной гайки у изоляторов вторичной обмотки и болтов крышки трансформатора из-за трещин в фарфоровом корпусе изоляторов, повреждения резиновой прокладки между крышкой и баком, соединений трубопроводов, сварных швов, радиаторов системы охлаждения и т. д. В свою очередь от надежной работы системы масляного охлаждения зависит и состояние изоляции обмоток трансформаторов.

В эксплуатации наблюдались случаи появления трещин в опорных узлах, повреждения резиновых прокладок, отслоения краски на внутренних



поверхностях бака, повреждения манометра, термометра, обрыва меди обмоток, повреждения глазури фарфоровых изоляторов и возникновения у них сколов.

### ***Периодичность, сроки контроля технического состояния и выполнения ремонтов.***

Детали и узлы электроподвижного состава (далее ЭПС) в процессе эксплуатации подвергаются износу и повреждениям. Для поддержания электровозов и электропоездов в работоспособном состоянии предусмотрен комплекс мероприятий, важнейшим из которых является ремонт.

При выполнении ТО-1 проверяют исправность тягового трансформатора и переключателя ступеней (далее - ПС), а также наличие и уровень масла в расширительном баке.

В пути следования локомотивная бригада обязана периодически контролировать температуру масла тягового трансформатора. Пробой на корпус из-за пониженного уровня масла или ухудшения его качества выявляется по срабатыванию аппаратов защиты.

Выполняя техническое обслуживание ТО-2, во время осмотра тягового трансформатора проверяют уровень масла в расширительном баке, убеждаются в отсутствии течи масла в баке, изоляторах и соединительных трубопроводах масляной системы. Кроме того, проверяют состояние крепления шунтов и кабелей, состояние реагентов воздухоочистителя.

При выполнении ТО-2 предусмотрены: осмотр, проверка состояния крепления узлов и деталей; проверка надежности контактных соединений у реакторов, индуктивных шунтов и ТРПШ. При обнаружении ослаблений резьбовые соединения подтягивают.

При ТО-3 сразу же после постановки их на ремонтное стойло по термометрическому сигнализатору проверяют температуру масла, которая при нормальной работе трансформатора не должна превышать установленных норм. Если температура масла все же превышает предельные значения, выясняют причину перегрева.

### ***Способы очистки, осмотра и контроля технического состояния.***

Для ревизии, ремонта и испытаний, выполняемых при ТР-3, трансформатор снимают с э. п. с. и передают в трансформаторное отделение депо, которое должно быть сухим и чистым. Перед снятием трансформатора выводы его вторичной обмотки закорачивают, снимают емкостные заряды и заземляют штангой вывод высоковольтной обмотки. Снимают с трансформатора (кроме трансформаторов электровозов ВЛ80р и ВЛ85) главный контроллер, переходные реакторы и отсоединяют подходящие к нему воздухопроводы и кабели. В трансформаторном отделении его очищают от пыли и грязи, тщательно осматривают его, выявляют пробоины,



течь масла в баке, расширителе, охлаждающей системе, кране, фланцах и выводах.

Если в результате осмотра выявляется просачивание масла в сварных швах, фланцах выводов или других местах, проводят дополнительную проверку их способом избыточного давления масляного столба.

Для этого устанавливают трубу диаметром с воронкой над отверстием пробки в крышке расширителя. Столб масла в трубе с воронкой высотой 0,3 м выдерживают в течение 15 мин, наблюдая за уплотнениями. Появившуюся течь устраняют и повторяют испытания. Отбирают пробу масла для лабораторного анализа. Вынутая из бака активная часть трансформатора должна иметь температуру не ниже температуры воздуха помещения цеха. Если холодная активная часть будет находиться в помещении с более высокой температурой, на ней будут конденсироваться пары воздуха, что приведет к увлажнению изоляции обмоток.

В зимнее время на холодном трансформаторе, поставленном в теплое помещение, будет наблюдаться отпотевание или заиндевание. Поэтому перед вскрытием холодного трансформатора его выдерживают в помещении до уравнивания температур.

Выемная часть может находиться вне бака трансформатора с маслом не более 7 ч. В противном случае или при заниженном сопротивлении изоляции активную часть сушат в вакуум-сушильном шкафу при вакууме не менее 5 кПа (0,05 кгс/см<sup>2</sup>) или в собственном баке, для чего обмотку закорачивают, причем ток в ней не должен превышать половины номинального тока обмотки. На электропоездах снимают соединительные трубопроводы, отсоединяют подводящие провода, кабели и другие элементы, связывающие трансформатор с другими установками. До выемки активной части измеряют сопротивление изоляции обмоток трансформатора по отношению к корпусу и друг к другу. При демонтаже на срок свыше 3 ч плоские краны закрывают металлическими заглушками. Для предотвращения попадания в трансформаторное масло пыли и грязи места разъема крышки с баком тщательно протирают. Отворачивают все болты крепления крышки к баку.

Во время технического осмотра электроподвижного состава проверяют состояние главного трансформатора и протирают салфеткой изоляторы: проходной главного ввода, выводов первичной и вторичной обмоток и разрядников. Проверяют крепление проводов к маслоструйным реле и масляным мотор-насосам и шин к разрядникам. Ослабшие провода и шины закрепляют. Проверяют отсутствие течи масла из бака трансформатора, убеждаются в плотности фланцев выводов вторичной обмотки. Обнаруженную течь устраняют. При профилактическом осмотре более тщательно проверяют состояние главного трансформатора и проверяют уровень масла в нем по указателю. При надобности масло добавляют. Проверяют состояние выводов трансформатора, крепления ошиновки и



отсутствие течи масла из бака трансформатора. Осматривают маслоструйные реле, проверяют состояние блок-контактов и зачищают их. Проверяют заземление анодных делителей и надежность крепления их контактов, осматривают крепление обмоток переходных дросселей и состояние выводов.

Сглаживающие реакторы с воздушным охлаждением один раз в месяц продувают сухим сжатым воздухом и замеряют мегомметром величину сопротивления изоляции обмотки относительно корпуса. Если оно менее 80 Мом, то обмотку реактора сушат.

#### **Программа работы:**

1. Описать назначение и основные характеристики Трансформатора ОДЦЭ-5000/25Б.
2. Выделить основные неисправности и причины их возникновения.
3. Установить периодичность и сроки контроля технического состояния трансформатора.
4. Описать последовательность очистки и контроля технического состояния трансформатора.
5. Сделать вывод о проделанной работе.

#### **Контрольные вопросы.**

1. Расшифровать название трансформатора ОДЦЭ-5000/25Б.
2. Каковы основные неисправности трансформатора и причины их возникновения?
3. Сроки контроля технического состояния трансформатора.
4. Методы контроля технического состояния трансформатора.

## Лабораторная работа №16

**Тема:** Определение неисправностей тягового трансформатора и методов их устранения.

**Цель занятия:** Изучить основные методы технической диагностики трансформатора, этапы и методы ремонта.

### Краткие теоретические сведения

#### *Технология ремонта тягового трансформатора*

Перед выемкой активной части сливают масло из бака и перекачивают его по трубопроводам трансформаторного отделения. Для предотвращения накопления электростатического заряда при сливе масла или заполнения им бака выводы обмоток следует соединить с баком проводом площадью сечения не менее 1,5 мм<sup>2</sup>. Затем чалочным приспособлением, предварительно убедившись, что подъему ничто и никто не мешает, поднимают активную часть трансформатора на 3/4 высоты и дают маслу стечь с обмоток в бак. Затем окончательно поднимают активную часть и устанавливают в цехе на противень с деревянным настилом.

Если активная часть сильно загрязнена, то ее промывают чистым подогретым трансформаторным маслом. Допускается предварительно удалить остатки масла деревянным скребком. Осмотр и ремонт активной части трансформатора начинают с проверки состояния выводов катушек и гибких проводов. Проверяют все болтовые крепления, ослабшие подтягивают и, если необходимо, ставят контргайки и болты закернивают. Тщательно осматривают места пайки отводов к шинам, затягивают болты, сжимают обмотки в осевом направлении. Осматривают стяжные клицы, защитные фартуки, шпильки и другие детали крепления обмоток. Следят за тем, чтобы выводы катушек располагались друг от друга на расстоянии 5-10 мм. Для увеличения плотности по резьбе деревянных гаек на резьбу стержней наматывают льняные нитки. Во избежание ослабления шин и излома клиц их стягивают осторожно, не допуская прогиба.

Оголенные места и места с обдирами на наружных витках катушек регулировочной обмотки ремонтируют, применяя коробочки из кабельной бумаги К-800 или К-120. Для этого в местах повреждения изоляцию подрезают и зачищают, устраняя заусенцы, нарезают шесть-восемь полосок кабельной бумаги соответствующей длины с учетом перекрытия изоляции провода по 10 мм в обе стороны от места повреждения, промазывают полоски бумаги и медь в месте повреждения клеем БФ-2 или БФ-4 и дают клею подсохнуть на воздухе 3-5 мин; затем накладывают на место



повреждения полоски в виде коробочки, тщательно разглаживая каждую полоску, накладывают в месте восстановления изоляции витка поверх всей ширины катушки в радиальном направлении общий бандаж из тафтяной ленты - один слой вполуперекрышу. Ленту пропускают вокруг катушки с помощью крючка из электрокартона, вставляемого в канал между катушками.

Для замены отдельных изоляционных прокладок, образующих масляные каналы между катушками регулировочной обмотки, концы негодной прокладки с наружного клина срезают и легким усилием руки выдергивают ее. Новую прокладку вставляют на место, осторожно подбивая ее деревянной подбойкой; прокладку устанавливают без каких-либо смещений по отношению к остальным прокладкам данного ряда. Ослабление прессовки обмоток трансформатора устраняют в следующем порядке: ослабляют контргайки, равномерно затягивают до отказа стяжные шпильки, подкладывают под гайки замковые пластины, после чего устанавливают контргайки.

Перед затяжкой шпилек проверяют состояние изолирующих колпачков под прессующими башмачками, поврежденные колпачки заменяют новыми. При подпрессовке обмоток нельзя смещать и исправлять изоляционные прокладки между катушками. Столбы прокладок должны быть строго вертикальны. Расклиновку обмоток выполняют осторожно, не допуская повреждений витковой изоляции.

В обмотках с каналами диаметром 5 мм забивают две дополнительные прокладки по 2,5 мм между основными прокладками, а в обмотках с каналами диаметром 6 мм - одну прессованную прокладку под верхнее опорное кольцо. Забивать прокладки под плоскости катушек запрещается. Дополнительные прокладки должны входить на всю глубину основных прокладок и не иметь по отношению к ним боковых смещений.

Сжатие обмотки трансформатора электровоза осуществляют равномерной подтяжкой болтов с моментом затяжки 120-130 Н/м (12-13 кгс-м), после чего контргайки затягивают, а резьбу закернивают. На электровозе ЧС4Т болты фиксируют проволокой. При ослаблении стяжки магнитопровода затягивают болты в нижней части стяжной рамы по обеим сторонам нижней части бака. Момент силы затяжки болтов составляет 50-60 Н/м (5-6 кгс-м). Если у катушки есть выпученность, но обрыва, короткого замыкания в ней нет и сопротивление ее изоляции удовлетворительно, то разрешается выправлять выпученность легкими ударами молотка через деревянную прокладку.

Изоляция витков должна иметь одинаковый соломенно-желтый цвет без следов местного чрезмерного нагрева. Наличие графитового осадка



указывает на имевшее ранее место электрическое перекрытие. Если во время эксплуатации было замечено повышенное гудение трансформатора, проверяют крепление магнитопровода. Осматривают гибкие провода выводов; при наличии обрывов жил гибкие провода снимают и ремонтируют.

Разборку обмоток активной части выполняют в случае обнаружения в ней скрытой неисправности, для чего ее освобождают от связей, снимают крышку трансформатора, верхние ярмовые балки и аккуратно разбирают пакеты ярма, укладывая их в том порядке, в каком снимают. Одновременно составляют схему расположения пакетов в стержне, пронумеровывают пакеты, и номера их записывают на схеме. Такой порядок в дальнейшем обеспечивает быструю и правильную сборку магнитопровода.

Бак трансформатора и расширительный бак осматривают. Дистанционный термометр с расширительного бака снимают для проверки в отделении контрольно-измерительных приборов, а стенки бака тщательно очищают от масла.

### ***Сборка, проверка и испытание тягового трансформатора***

Сборка тягового трансформатора выполняется в следующем порядке. До установки в бак собранной активной части трансформатора осматривают резиновые прокладки, негодные заменяют. Прокладки должны быть изготовлены из маслостойкой резины. На бак устанавливают электронасос. После установки активной части, дистанционного термометра и закрепления крышки бака открывают спускной кран, включают центробежный насос и заливают масло, периодически включая и выключая центробежный насос. Внешним осмотром убеждаются в отсутствии течи масла и, контролируя по маслоуказателю, доливают масло до требуемого уровня.

После заливки масла выпускают воздух из коллекторов радиаторов системы охлаждения и внутренних полостей изоляторов трансформатора. Для этого вывертывают пробки на коллекторах радиаторов и на верхних колпачках изоляторов и закрывают их после появления в отверстиях масла. Сразу же после заливки отбирают пробу масла для полного анализа. Электрическая прочность масла должна быть не ниже 35 кВ. Через 12 ч берут повторно пробу масла.

Испытание трансформаторов проводят с целью проверки соответствия полностью собранного трансформатора техническим условиям.

У отечественных трансформаторов проверяют электрическую прочность трансформаторного масла, измеряют сопротивление изоляции обмоток и сопротивление их постоянному току. Электрическую прочность масла проверяют спустя 12 ч после заливки его в бак трансформатора. Во время отстоя трансформатора осуществляют обкатку электронасоса в



течение 3 ч для удаления воздуха из обмоток и изоляционных частей трансформатора.

При положительном анализе трансформаторного масла, проведенном в соответствии с государственным стандартом, и если пробивное напряжение на стандартном разряднике оказалось не ниже 40 кВ, проводят следующие электрические испытания.

Сопротивление изоляции обмоток измеряют мегаомметром напряжением 2500 В через 60 с после приложения напряжения при температуре изоляции не ниже +10°C. Наименьшие значения сопротивления изоляции для каждого типа трансформатора приведены в соответствующих заводских инструкциях. Однако по сопротивлению изоляции можно сделать только грубое предварительное заключение об отсутствии каких-либо существенных дефектов изоляции обмоток. Это измерение проводят перед испытаниями электрической прочности изоляции.

Электрическую прочность изоляции испытывают с целью установления надежности изоляции обмоток относительно друг друга и по отношению к заземленным частям трансформатора, а также для проверки изоляции между отдельными частями каждой из обмоток и между витками.

Метод приложенного напряжения применяют при использовании постороннего источника напряжения частотой 50 Гц. Испытанию подвергают каждую обмотку как по отношению к другим обмоткам, электрически не соединенным с ней при работе, так и по отношению к заземленным металлическим частям трансформатора. Испытательное напряжение прикладывают в течение 1 мин между замкнутой накоротко испытуемой обмоткой и заземленным баком, с которым соединяют магнитную систему и замкнутые накоротко все остальные обмотки испытуемого трансформатора.

Источником питания служат трансформаторы ИОМ-100/100 для обмотки высшего напряжения и ОМ-20/10 для обмоток низшего напряжения и собственных нужд. Значения испытательных напряжений указаны в заводских инструкциях.

Испытание индуцированным напряжением носит контрольный характер. Его выполняют для выявления повреждения изоляции обмоток, которое могло возникнуть в результате испытания ее приложенным напряжением. К выводам одной из обмоток подводят двойное номинальное напряжение этой обмотки частотой 200 Гц в течение 30 с. Все остальные обмотки должны быть разомкнуты. В каждой обмотке трансформатора при этом будет наводиться э. д. с. повышенной частоты, равная двойному номинальному напряжению данной обмотки. Частоту повышают для того, чтобы при двойном индуцированном напряжении намагничивающий ток в трансформаторе сохранился на прежнем уровне.

Трансформатор считается выдержавшим испытание, если не наблюдалось толчков тока, а намагничивающий ток имел нормальное для данного трансформатора значение. Всякое увеличение тока свидетельствует о наличии дефекта в изоляции обмотки.

По коэффициенту трансформации определяют правильность числа витков в обмотках трансформатора. На проверяемую обмотку низшего напряжения подают пониженное напряжение и измеряют напряжение на выводах. Выводы обмоток выбирают по схеме соединения обмоток трансформатора. Коэффициент трансформации определяют как отношение высшего напряжения к низшему. Отклонения напряжений от номинальных значений допускаются не более  $\pm 0,5\%$ .

Сопротивление меди обмоток постоянному току позволяет судить о наличии дефектов в обмотке. Кроме того, по его значению можно обнаружить ошибку в намотке обмоток проводом иной, чем предусмотрено, площадью сечения, а также обрыв одной из параллельных ветвей обмотки.

Сопротивление меди можно проверить мостом или методом вольтметра-амперметра. В последнем случае, включив выключатель 2, подводят к проверяемой обмотке 1 через резистор  $R$  постоянный ток, фиксируя по амперметру. Сопротивление меди можно измерит по амперметру  $A$  и вольтметру  $V$  значения тока и напряжения.

Результаты испытаний заносят в протокол, который прикладывают к паспорту трансформатора

### **Программа работы:**

1. Кратко привести технологию ремонта тягового трансформатора.
2. Привести последовательность сборки тягового трансформатора.
3. Проверка и основные испытания трансформатора после ремонта.
4. Сделать вывод о проделанной работе.

### **Контрольные вопросы.**

1. Как происходит ремонт активной части трансформатора?
2. Сколько может находится активная часть без бака?
3. Последовательность сборки трансформатора.
4. Как проводят испытание индуцированным напряжением?
5. Как проводят метод приложенного напряжения?