

## **ПРАКТИЧЕСКИЕ (ЛАБОРАТОРНЫЕ) РАБОТЫ**

по профессиональному модулю:

**ПМ. 03 «ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ,  
ДИАГНОСТИРОВАНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ И  
РЕМОНТ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И  
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ»**

Специальность: 35.02.08

Электрификация и автоматизация сельского хозяйства

г. Грязовец

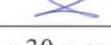
2018 г.

**Рассмотрено**

циковой комиссией по общепрофессиональным  
дисциплинам и профессиональным модулям  
отделения «Электрификация  
и автоматизация сельского хозяйства»

**Согласовано**

зам. директора по ОМР

 Е. А. Ткаченко  
« 30 » августа 2018 г.

Протокол № 1 от « 30 » августа 2018 г.

Председатель комиссии:

 Т. В. Невзорова

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

## Тема: Проведение испытаний электродвигателей перед вводом в эксплуатацию

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ.** Изучить и практически отработать на действующем оборудовании объем операций по проверке электродвигателя при вводе в эксплуатацию после монтажа или длительного перерыва.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРИ ДОПУСКЕ К РАБОТЕ

1. Изложить перечень проверок по асинхронному электродвигателю перед вводом в эксплуатацию.
2. Каким прибором измеряют надежность зануления электродвигателя? Как осуществляется проверка?
3. Как осуществляется соосность валов (центровка) электродвигателя с рабочей машиной? Какие приспособления используются при этом?
4. Как проверить мегомметр на исправность перед использованием его для проверки сопротивления изоляции?
5. Как проверить сопротивление изоляции мегомметром?
6. Каковы нормы на сопротивление изоляции при вводе электродвигателя в эксплуатацию?
7. Каким прибором и как измеряют сопротивление обмоток постоянному току? Для каких целей?
8. Как осуществляется пробный пуск электродвигателя? Что при этом проверяют?
9. Как осуществляется проверка электродвигателей под нагрузкой?
10. Какие требования техники безопасности необходимо выполнять при проверках и испытаниях?

### ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Проверка электродвигателя перед вводом в эксплуатацию. Результаты проверок и измерений занести в таблицу 2.

1. Проверить соответствие параметров электродвигателя:
  - 1.1. Частота вращения электродвигателя в соответствии с частотой вращения рабочей машины (генератора) по паспортным данным.
  - 1.2. Соединение обмоток в соответствии с напряжением сети  $Y/\Delta$  - 380/220 В,  $Y$  - 660/380 В (рис. 1а...1в).
  - 1.3. Мощность электродвигателя в соответствии с мощностью рабочей машины (в данном случае генератора).
  - 1.4. Исполнение электродвигателя в соответствии с окружающей средой.
2. Очистить электродвигатель от пыли и грязи, удалить консервационную смазку.
3. Проверить надежность соединения подводящих питание проводов с выводными обмотками электродвигателя.
4. Если же электродвигатель хранился более двух лет, то необходимо заменить смазку.
5. Проверить соосность валов электродвигателя и рабочей машины, то есть центровку с помощью центровочной скобы (рис.2).

Рассоединить полумуфты, установить центровочную скобу. Вращение болтов «2» и «3» установить минимальные зазоры «а» и «в», проверив путем

поворачивания валов на  $360^0$  отсутствие цепления скоб друг за друга. Зазоры замерить при вращении обоих валов через  $90^0$ , начиная с первоначального положения: 1-й замер при  $0^0$ , 2-й при  $90^0$ , 3-й при  $180^0$  и 4-й при  $270^0$ . Совпадение осей валов достигается, если сумма числовых значений нечетных замеров будет равна сумме четных замеров:  $a_1+a_3=a_2+a_4$ ;  $b_1+b_3=b_2+b_4$ .

Результаты замеров занести в таблицу 1, выполнить расчет и сделать выводы о качестве центровки.

Таблица 1

Объект измерения	Измеренная величина, мм								Расчетная величина, мм				Допустимая величина, мм
	a <sub>1</sub>	B	a <sub>2</sub>	B	a <sub>3</sub>	B	a <sub>4</sub>	B	a <sub>1-</sub>	a <sub>2-</sub>	B <sub>1-</sub>	B <sub>2-</sub>	
Эл двигатель – рабочая машина (полумуфты)													не более 0,2...0,5 для пружин и пружинных муфт ≤ 0,04 жестких муфт.

Вывод \_\_\_\_\_

**Примечание.** Центровка валов сказывается на вибрацию машины.

6. Провернуть вал рукой или рычагом, убедить в том, что вращающиеся части электродвигателя не задевают неподвижные.

7. Установить защитные приспособления (кожух), предотвращающие доступ к вращающимся частям электродвигателя.

8. Проверить надежность контакта зануления электродвигателя, используя при этом прибор М372 (рис.3).

Прибор при нажатой кнопке должен показать не более 0,1 Ом. Если он покажет более 0,1 Ом, то проверить плотность контакта у электродвигателя и на щите. Перед использованием прибора при разомкнутых контактах  $R_x$  установить стрелку на бесконечность с помощью потенциометра.

$$R_{\text{к.изм}} = \Omega \quad R_{\text{к.доп}} \leq 0,1 \Omega$$

Вывод \_\_\_\_\_

Таблица 2

Сделать анализ и выводы о соответствии параметров электродвигателя и возможности его пуска в эксплуатацию.

При несоответствии параметров указать причины и способы их устранения.

## ИСПЫТАНИЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПЕРЕД ВВОДОМ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ

1. Измерить сопротивление изоляции обмоток мегомметром, предварительно проверив его исправность. Для этого необходимо закоротить два выводных конца и при вращении рукоятки прибора с частотой 120 мин<sup>-1</sup> стрелка прибора покажет «нуль», при снятой перемычке покажет бесконечность (рис. 4).

Измерение выполняют:

1.1. Между выводными концами обмоток 9 (рис. 5);

$C_1-C_2$ ;  $C_1-C_3$ ;  $C_2-C_3$ .

1.2. Между обмотками и корпусом,  $C_1+C_2+C_3-K$  (рис. 8.6). Если сопротивление изоляции меньше нормы, необходимо их рассоединить и проверить каждую обмотку в отдельности.

**Примечание.** Если обмотки электродвигателя соединены на звезду не на клемнике, а внутри статора, то сопротивление изоляции проверяют только по отношению к корпусу (рис. 7).

Результаты измерений занести в таблицу 3, сравнить с допустимыми значениями и сделать вывод.

Таблица 3

Объект измерения	Измеренная величина сопротивления изоляции в (Мом)				Допустимое сопротивление изоляции согласно ПУЭ при $t=10\ldots30^{\circ}\text{C}$ , $R_{\text{доп.}} \text{МОм}$	Вывод
	$R(C_1-C_2)$	$R(C_1-C_3)$	$R(C_2-C_3)$	$R(C_1+C_2+C_3)-K$		
Обмотки статора					0,5 ПУЭ, гл.1-8.	

2. Измерить сопротивление обмоток постоянному току. Цель измерения - качество паяк обмоток на лобовых частях. Измерить мостом постоянного тока. Переключатель поставить на омы (рис. 8).

Результат измерения занести в таблицу 4, сравнить с допустимым значением и сделать вывод.

Таблица 4

Объект измерения	Величина измеренного сопротивления на выводах обмоток $R$ изм., Ом			Расчетная величина	Допустимая величина отклонения $\gamma$ доп., %	Вывод
	$C_1-C_4$	$C_3-C_6$	$C_2-C_5$	$\Delta R$ , Ом	$\gamma$ изм., %	
Обмотки статора					2%ПУЭ, гл.1-8	

$\Delta R$  – разновидность между наибольшей и наименьшей величиной при измерениях;

$$\gamma \text{ изм.} = \frac{\Delta R}{R} \cdot 100 - \text{наибольшее отклонение, \%}.$$

**Примечание.** Если измеренные сопротивления сравнивать с паспортными данными, то  $\gamma$  изм. будет иметь два значения «+» и «-» ( $\gamma$  изм. сравнивать с допустимым значением  $\pm 2\%$ ).

### 3. Пробный пуск двигателя.

После окончания наладочных работ по проверке и испытанию аппаратов, схем управления и испытанию неподвижного электродвигателя производят пуск последнего.

При первом включении электродвигателя на 2-3 с проверяют: направление вращения, состояние ходовой части, надёжность действия отключающих устройств.

Кратковременное включение электродвигателя повторяют 2-3 раза, постоянно увеличивая длительность включения. Во всех случаях получения сигнала о неисправностях привода необходимо без предупреждения остановить электродвигатель.

Вывод \_\_\_\_\_

### 4. Проверка электродвигателя на холостом ходу.

Проверку на холостом ходу произвести при отсоединенном механизме. В случае невозможности отсоединения проверить при ненагруженном механизме. Измерить ток холостого хода

$I_{x.x} = \underline{\hspace{2cm}} A$ .

Величина тока холостого хода не нормируется. Продолжительность проверки 1 ч. (В учебных условиях 5...10 мин.).

Одновременно проверить нагревание подшипников, обмоток в доступных местах и стали, отсутствие заметной вибрации, характер шума подшипников.

Вывод \_\_\_\_\_

### 5. Проверка работы электродвигателя под нагрузкой.

Нагрузка должна быть задана преподавателем с помощью реостата в цепи генератора, который используется в качестве нагружочного. Клещами Ц-91 или Ц-4501 замерить силу тока нагрузки во всех трех фазах. Который должен быть одинаков. Сравнить результаты измерений с паспортными данными двигателя. Сделать вывод по нагрузке электродвигателя.

$I_{\text{нагр.}} = \underline{\hspace{2cm}} A; \quad I_{\text{ном.}} = \underline{\hspace{2cm}} A;$

Вывод \_\_\_\_\_

**ВЫВОДЫ И АНАЛИЗЫ.** По первой части работы анализ и выводы должны быть в таблице 8.2. По второй части работы обобщить результаты испытаний. Данные испытаний занести в таблицу 5, сделать анализ и выводы о пригодности электродвигателя к эксплуатации.

Таблица 5

Тип электродвигателя	$I_{x.x}$ A	$I_{\text{ном.}}$ A	$I_{\text{нагр.}}$ A	Сопротивление изоляции		$\gamma_{\text{изм.}}$ , %	$\gamma_{\text{доп.}}$ , %	Замечания по работе электропривода (вибрация, шум в подшипниках и др.)
				R изм., МОм	R доп., МОм			

1. Каким документом руководствуются на испытаниях электродвигателя при вводе в эксплуатацию?
2. Как осуществляется проверка электродвигателя на холостом ходу? В течение, какого времени и что проверяют?
3. Как измерить ток нагрузки с помощью токоизмерительных клещей? (Показать практический).
4. К чему может привести перегрузка электродвигателя?
5. Почему недопустима нагрузка электродвигателя на 50 и более процентов?
6. Как влияет окружающая среда на надежность работы электродвигателя; как учитывают это при выборе и установке электродвигателя?
7. Какой документ оформляется по результатам проверок и испытаний электродвигателя при вводе в эксплуатацию?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

### **Безразборная диагностика электродвигателей в процессе эксплуатации**

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** Изучить методы определения технического состояния асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором без разборки.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРИ ДОПУСКЕ К РАБОТЕ**

1. Как определить межвитковые замыкания в обмотках методом индуцированных напряжений?
2. В чем сущность токового метода определения витковых замыканий?
3. Какой принцип заложен в определении витковых замыканий приборами типа СМ-2 или ЕЛ-1?
4. Какие неисправности можно обнаружить путем измерения токов утечки?
5. Почему для измерения токов утечки к обмоткам прикладывают выпрямленное напряжение?
6. Как определить наличие обрывов стержней в обмотках ротора асинхронного электродвигателя?
7. Какие неисправности подшипников можно обнаружить с помощью стетоскопа?

## ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Определить междувитковые замыкания в обмотках:

1.1. Методом индуктированных напряжений (рис.1а).

Обмотки фаз разъединить и к одной из обмоток ( $C_1-C_4$ ) подвести напряжение, равное 36 В, а в двух других фазах вольтметром измерить индуцированные напряжения. Затем поочередно подать напряжение на обмотки ( $C_2-C_5$ ) и ( $C_3-C_6$ ), а вольтметром измерить напряжение на свободных выводах обмоток.

В обмотке с междувитковым замыканием в замкнутом контуре возникает противо-ЭДС и индуцированное напряжение уменьшается. Измерение выполнить для двух электродвигателей (исправного и с дефектом). Результат измерений занести в таблицу 1.

Таблица 1

№ п/п	Наименование	Напряжение, подводимое к обмоткам, В	Напряжение, измеренное на выводах обмоток, В						Вывод о витковых замыкан. В обмот.
			$C_2-C_5$	$C_3-C_6$	$C_1-C_4$	$C_3-C_6$	$C_1-C_4$	$C_2-C_5$	
1	Эл. двигат.№1	36							
2	Эл. двигат.№2	36							

1.2.Методом определения токов (рис.1б).

При соединении обмоток статора в звезду с тремя выводными концами невозможно определить витковые замыкания методом индуктированных напряжений. В этом случае используют «метод токов». В каждую фазу включить амперметр и произвести замер тока на работающем электродвигателе. Наибольший ток покажет амперметр, включенный в фазу с поврежденными витками. При соединении обмоток в треугольник наибольший ток покажут два амперметра обмотки с короткозамкнутыми витками (рис. 1в).

**Примечание.** 1. При наличии токоизмерительных клещей замер токов произвести клещами, что значительно уменьшит время на выполнение этой операции. 2. Замерить вольтметром напряжение на клеммах электродвигателя и убедиться в его симметрии. Результаты измерений занести в таблицу 2 и сделать вывод.

Таблица 2

№ эл. двиг.	Измеренные величины						Вывод о наличии витковых замыканий
	U (C <sub>1</sub> -C <sub>2</sub> ), В	U (C <sub>1</sub> -C <sub>3</sub> ), В	U (C <sub>2</sub> -C <sub>3</sub> ), В	I <sub>A</sub> , А	I <sub>B</sub> , А	I <sub>C</sub> , А	
№1							
№2							

1.3. Определить витковые замыкания с помощью специального прибора типа СМ-1, СМ-2 или ЕЛ-1(при наличии в лаборатории), в соответствии с инструкцией к нему (рис. 7.1 г).

Принцип действия аппаратов следующий. К аппарату присоединяют две обмотки, в которые поочередно посылают импульсы напряжения высокой частоты. Если параметры обмоток совершенно одинаковы (нет витковых замыканий), то одинаковыми будут и импульсы тока в этих обмотках. При таком положении кривые на экране электронно-лучевой трубы, относящиеся к двум сравниваемым цепям, сольются.

**Примечание.** В настоящее время освоен выпуск прибора для диагностирования межвитковой изоляции ВЧФ-5-3, при наличии его в лаборатории можно использовать в лабораторной работе.

Сделать выводы

---



---



---

2. Состояние изоляции обмоток (влажненность обмоток или развивающийся дефект) наиболее точно определить высоким выпрямленным напряжением с измерением токов утечки по схеме (рис.2).

Для исследования состояния изоляции используют те же два двигателя, из которых один с нормальной изоляцией, а другой увлажненный или с развивающимся дефектом.

2.1. Собрать схему (рис.2), где указаны: QS-рубильник, ТУВ- ЛАТР, ТВ-трансформатор повышающий, с первичной обмоткой 220 В и вторичной обмоткой 400...1500 В, ВД1-ВД4-выпрямитель, R- токоограничивающее сопротивление, С-сглаживающий пульсации фильтр, РВ2-киловольтметр, РА-микроамперметр с пределами измерения до 1000 мкА (необходимо иметь сменный прибор миллиамперметр, с пределами измерения до 10 mA), КН-реле защиты (использовать блинкер, то есть указательное реле, своим же контактом разывающее цепь, с номиналом по 0,05A), SB- кнопка, включаемая на момент замера токов утечки, М-испытуемый электродвигатель,

2.2. Выполнить измерение на двух двигателях:

а) абсолютное значение токов утечки;

- б) степень асимметрии токов утечки по фазам;
- в) значение приращения токов утечки при увеличении напряжения;
- г) отсутствие или наличие бросков и колебаний тока утечки при повышении напряжения.

Результаты измерения занести в таблицу 3.

Таблица 3.

№ п.п.	Наименование	Подводимое напряжение в обмотках, В	Измеренные токи утечки по фазам			Асимметрия токов утечки различных фаз			Допустимое максимальное значение токов утечки, мА	Дополнительные сведения по рез. испытания
			I <sub>y,(C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>)</sub> , mA	I <sub>y,(C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub>)</sub> , mA	I <sub>y,(C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>)</sub> , mA	Δ I <sub>1</sub> , mA	Δ I <sub>2</sub> , mA	Δ I <sub>3</sub> , mA		
1	Двиг. № 1	500								
2	Двиг. № 2	500								

Вывод об увлажненности обмоток и развивающемся дефекте

При наличии стенда с выпрямленным напряжением можно провести дополнительные исследования состояния изоляции электродвигателя. Подробно смотрите Таран В.П. «Справочник по эксплуатации электроустановок», с.196...198.

#### Примечание.

1. Разница в значениях токов утечки разных фаз не должна превышать 1,5...2.
2. Исходя из требований ПТЭ и ПТБ для электродвигателей, находящихся в эксплуатации, допустимое сопротивление изоляции, измеренное мегомметром на 500 Вольт, должно быть не менее 0,5 Мом. В соответствии с этим допустимый ток утечки при напряжении 500 В должен быть не более 1 mA (1000мкA).

$$I_{\text{утечки}} = \frac{U}{R_{\text{из. доп}}} = \frac{500}{500000} = 0,001, \text{ А}$$

где U-приложенное напряжение к обмоткам, В; R<sub>доп.дв.</sub>- допустимое сопротивление изоляции=0,5 Мом (500 000 Ом).

3. Проверить техническое состояние короткозамкнутых обмоток роторов двух двигателей, в одном из которых имеет место обрыв стержня.

3.1. Собрать схему (рис. 3). На обмотку электродвигателя подать напряжение 36 В (можно без латра). Проверить медленно ротор на один оборот, записать значение тока и количество отклонений стрелки амперметра. Повторить измерение на втором электродвигателе . Результаты измерений записать в таблицу 4.

Таблица 4

№ п.п.	Наименование	Величина тока, А	Количество полных колебаний (отклонение стрелки амперметра)
1	Эл. двигатель 1		
2	Эл. двигатель 2		

Сделать вывод о наличии обрыва стержней.

Вывод \_\_\_\_\_

4. Определить техническое состояние подшипников двух электродвигателей (в одном из которых подшипник с дефектом) с помощью стетоскопа.

Весьма эффективным способом определения технического состояния подшипников является прослушивание их шумов стетоскопом. Стетоскопы бывают мембранные, электрические и обычные. В мембранном стетоскопе стержень упирается в мембрану, колебание которой усиливает звук. В электрическом стетоскопе имеется вибродатчик, изготовленный на основе пьезоэлектрического телефона и преобразующий механические колебания в электрические. Обычный стетоскоп состоит из стержня с наушником.

В первое время после запуска электродвигателя шум подшипников еще не стационарный, поэтому прослушивают его не ранее, чем через 15 мин. после включения электродвигателя в сеть.

Свистящий звук при работе электродвигателя свидетельствует о недостаточном количестве или о загрязнении смазки подшипников. Иногда в последствие неудовлетворительной смазки шум подшипников может переходить в глухой прерывистый звук.

Поврежденный сепаратор издает звуки, похожие на грохот.

Дефекты на дорожках, шариках и роликах подшипников также вызывают повышенный шум. Особенно влияет на шум и вибрацию подшипников волнистость на дорожках качения. Даже небольшие волны высотой 0,5 мк могут быть причиной шума. Сделать вывод о техническом состоянии подшипников.

Вывод \_\_\_\_\_

---

---

**ВЫВОДЫ И АНАЛИЗЫ.** По результатам диагностирования двух электродвигателей сделать заключение о их техническом состоянии. Дать рекомендации по устранению выявленных неисправностей и указать, в каких условиях можно устраниить выявленные неисправности ( на месте, текущий ремонт, капитальный ремонт.

---

---

### **ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЧЕТА**

1. Назовите основные неисправности, возникающие у асинхронных электродвигателей в процессе эксплуатации.
2. Какие неисправности асинхронных электродвигателей можно определить без разборки?
3. Укажите методы определения неисправностей без разборки электродвигателя.
4. Укажите, из чего складывается уменьшение трудозатрат (чел.-ч) при диагностике электродвигателя.
5. Как часто выполняют диагностирование электродвигателей в условиях эксплуатации?
6. Как отличить увлажненность изоляции от развивающегося дефекта при диагностике по токам утечки?
7. Какое влияние оказывают на работу электродвигателя обрывы стержней ротора?

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

## Тема: Исследование АД с короткозамкнутым ротором

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** научиться разбирать и собирать асинхронный двигатель (АД).

Для выполнения работы необходимо  
**знать:**

- назначение и устройство АД;
- применение АД;
- алгоритм работы при разборке и сборке АД;

**уметь:**

- определять и устранять неисправности в АД.

Выполнение данной практической работы способствует формированию профессиональных компетенций: **ПК 1.1. Выполнять наладку, регулировку и проверку электрического и электромеханического оборудования; ПК 1.3. Определять диагностику и технический контроль при эксплуатации электрического и электромеханического оборудования.**

### **ОБОРУДОВАНИЕ:**

Инструменты: асинхронный двигатель (АД) с короткозамкнутым (КЗ) ротором, отвертки, пассатижи, накидные ключи, молоток, выкаладки, съемник, вспомогательные приспособления, тиски.

**ВРЕМЯ ВЫПОЛНЕНИЯ: 60 минут**

### **КРАТКАЯ ТЕОРИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

#### *Разборка АД с КЗ ротором*

Перед снятием шкивов, полумуфт, шестерен и других соединительных деталей с вала машины следует вывернуть стопорный пинт или выбить шпонку, фиксирующие соединительную деталь с валом. Место посадки заливают керосином или антакоррозионной жидкостью для устранения коррозии в месте контакта. При снятии этих деталей используют двух- или трехлапчатые съемники (переносные ручные или гидравлические).

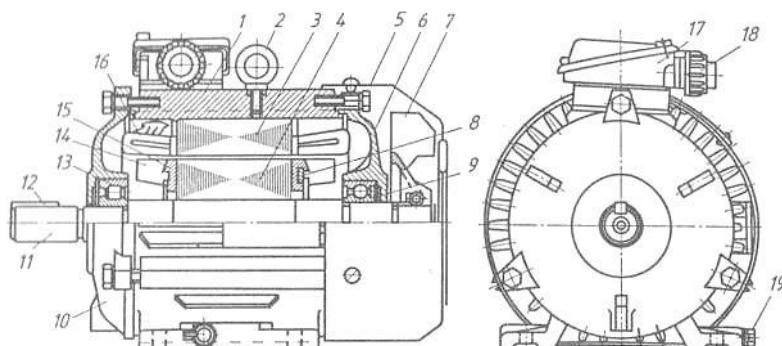


Рис. 9. Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором (степень защиты IP 44, способ охлаждения 1С 0141, способ монтажа IM 1001):

1 – станина; 2 – рым-болт; 3 – сердечник статора; 4 – сердечник ротора; 5 – кожух; 6, 10 – подшипниковые щиты; 7 – вентилятор; 8 – балансировочный грузик; 9, 13 – подшипники; 11 – вал ротора; 12 – шпонка; 14 – вентиляционная лопатка; 15 – короткозамыкающее кольцо; 16 – лобовая часть обмотки статора;  
17 – коробка выводов; 18 – сальник; 19 – болт

В ряде случаев для уменьшения требуемых для съема детали усилий производят нагрев детали.

Разборка происходит в следующем порядке:

- отсоединяют двигатель от электрической сети и от заземляющего провода;
- отсоединяют двигатель от приводного механизма и снимают его с фундамента;
- снимают шкив или полумуфту с помощью съемника; снимают шпонку;
- снимают кожух 5 вентилятора 7;
- снимают вентилятор 7, предварительно ослабив его винт (вручную или с помощью съемника);
- отворачивают болты, крепящие подшипниковые щиты 6, 10 к корпусу, и снимают задний подшипниковый щит 6, легко ударяя по нему молотком из мягкого материала (дерева, пластмассы, меди);
- вынимают ротор 4 из статора 3, для чего легкими толчками сдвигают ротор в сторону переднего подшипникового щита 10 и выводят щит из замка. Затем, поддерживая ротор за вал, выводят его из статора, не допуская повреждения лобовых частей обмотки статора и крыльчатки ротора;
- снимают передний подшипниковый щит 10, легко ударяя по нему молотком из мягкого материала;
- снимают с помощью съемника подшипники 9 и (или) 13, если необходима их замена.

Ротор небольшой массы выводят из статора руками. При снятии подшипников во избежание их повреждения усилия следует прикладывать к внутренней обойме. Для этого применяют лапчатые съемники, имеющие глубокие губки.

Технология разборки любой крупной электрической машины с подшипниками скольжения имеет свои специфические особенности, связанные с ее конструкцией, местом установки, наличием грузоподъемных механизмов и др. Поэтому приведем только общие операции по разборке крупных машин. При разборке измеряют:

- воздушный зазор между ротором и статором в четырех точках (через 90°) с обеих сторон;
- радиальные зазоры в подшипниках и натяги крышечек подшипников на вкладыши, радиальные зазоры между радиатором и диффузором;
- зазоры по уплотнениям вала и по маслоуловителям;
- осевой разбег ротора и уклон вала ротора.

Кроме того, проверяют совпадение или несовпадение магнитных осей статора и ротора.

Результаты измерений заносят в формуляр, проводят предремонтные испытания и приступают к разборке машины. Снимают наружные и внутренние щиты и диффузоры, в воздушный зазор под ротор заводят лист электроцартона и после разборки опорных подшипников опускают ротор на статор. Снимают полумуфты или шестерни, подогревая их при необходимости, защищают посадочные поверхности и определяют натяг.

Чтобы не повредить обмотки при выводе ротора из статора, их закрывают листами из электрокартона или резины. Ротор извлекают с помощью грузоподъемных механизмов.

#### *Сборка АД с КЗ ротором*

Сборка является заключительным технологическим процессом, при котором комплектные и отдельные детали соединяются в готовое изделие, отвечающее требованиям чертежей и технических условий. От качества сборки в значительной мере зависят энергетические и эксплуатационные показатели машин – КПД, уровень вибраций и шума, надежность, долговечность.

Перед началом сборки со склада доставляют исправные детали и узлы, а из механического и изоляционнообмоточного участков – отремонтированные.

Сборка машин производится в порядке, обратном разборке. Используется практически тот же инструмент. Следует обращать внимание на правильность выполнения работ по сборке подшипников, вентиляторов, различных втулок. Подшипники устанавливают в нагретом состоянии, воздействуя на внутреннюю обойму (при его установке на вал по посадке с натягом) инструментом, имеющим вставки из мягкого материала. При установке вентиляторов усилия прилагают к стальным втулкам, а не к алюминиевым частям. При установке ротора (якоря) в статор (индуктор) следует быть внимательным и не допускать касания или задевания ротора об обмотку или сердечник. Подшипниковые щиты следует устанавливать без перекосов, завертывание болтов осуществлять поочередно, делая первоначально по два-три оборота, а далее – по доле оборота. Для сборки внутренней подшипниковой крышки в нее до надевания щита вворачивают длинную технологическую шпильку, которую пропускают в одно из отверстий в щите, и после его установки за нее подтягивают крышку к щиту и устанавливают один-два болта. После этого шпильку можно вывернуть и завернуть болт. Делая внутренние болтовые соединения, не следует использовать пружинные контрящие шайбы. Контровку болтов и гаек следует производить более надежными способами.

При сборке машин постоянного тока полюсы располагают в том же порядке, что и до ремонта (установка производится по меткам). Щетки не должны свисать с коллектора или плотно прилегать к петушкам.

После сборки машины проверяют легкость вращения вала от руки или при помощи рычага и отправляют машину на испытания.

#### **ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ И ФОРМА ОТЧЕТНОСТИ:**

**Задание 1.** Изучить устройство асинхронного двигателя

**Задание 2.** Изучить алгоритм разборки и сборки асинхронного двигателя с КЗ.

**Задание 3.** Разобрать и собрать асинхронный двигатель с КЗ ротором.

#### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:**

1. Как осуществляется комплектация электрической машины перед сборкой?
2. Объясните конструкцию короткозамкнутого и фазового роторов.
3. Трехфазный асинхронный двигатель предназначен для работы при напряжениях сети 220/380 В. Как следует соединить обмотку статора этого двигателя при напряжениях сети 220 и 380 В?

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА**

**Тема: ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ПУСКА АСИНХРОННОГО  
ДВИГАТЕЛЯ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ**

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** изучить способы пуска АД; научиться осуществлять пуск АД разными способами.

Для выполнения работы необходимо

**знать:**

- назначение и устройство АД;
- области применения АД;
- устройство реакторов автотрансформаторов коммутационного оборудования;

– устройство дросселя и алгоритм его подключения;

**уметь:**

- анализировать работу АД.

Выполнение данной практической работы способствует формированию профессиональных компетенций: **ПК 1.1. Выполнять наладку, регулировку и проверку электрического и электромеханического оборудования; ПК 1.3. Осуществлять диагностику и технический контроль при эксплуатации электрического и электромеханического оборудования.**

### **ОБОРУДОВАНИЕ:**

Асинхронный двигатель; коммутационная аппаратура, дроссели, автотрансформаторы.

Инструменты: отвертки, пассатижи, накидные ключи, молоток, выкалажки, съемник, вспомогательные приспособления, тиски.

Приборы: омметр

### **ВРЕМЯ ВЫПОЛНЕНИЯ: 60 минут**

### **КРАТКАЯ ТЕОРИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

Пуск непосредственным включением в сеть. Этот способ пуска, отличаясь простотой, имеет существенный недостаток: в момент подключения двигателя в сети в обмотке статора возникает пусковой ток, превышающий номинальный ток двигателя в 5 – 7 раз.

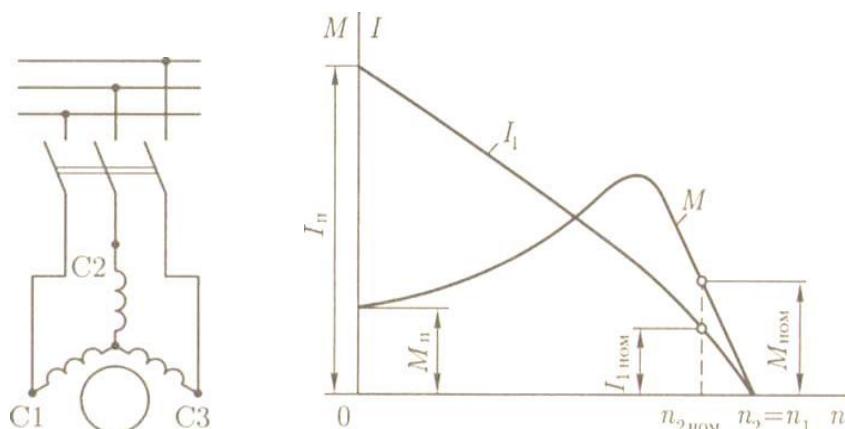


Рис. Схема непосредственного включения в сеть (а) и графики изменения тока и момента при пуске (б) асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

При небольшой инерционности исполнительного механизма частота вращения двигателя быстро достигает установленного значения и пусковой ток также быстро уменьшается, не вызывая чрезмерного перегрева обмотки статора. Но такой значительный бросок тока в питающей сети может вызвать в ней заметное падение напряжения, что нарушит работу других потребителей, включенных в эту сеть. Однако этот способ пуска, благодаря своей простоте, получил наибольшее применение для двигателей малой и средней мощности. Предельная мощность асинхронного двигателя, допускающего пуск прямым включением в сеть, определяется в каждом конкретном случае, в зависимости от допустимой нагрузки питающей сети. Включение такого двигателя в сеть, питающую другие силовые и осветительные устройства, не должно вызывать

падения напряжения в этой сети более чем на 15 % от номинального значения. При этом необходимо иметь в виду условия пуска двигателя: пуск в режиме холостого хода или пуск под нагрузкой.

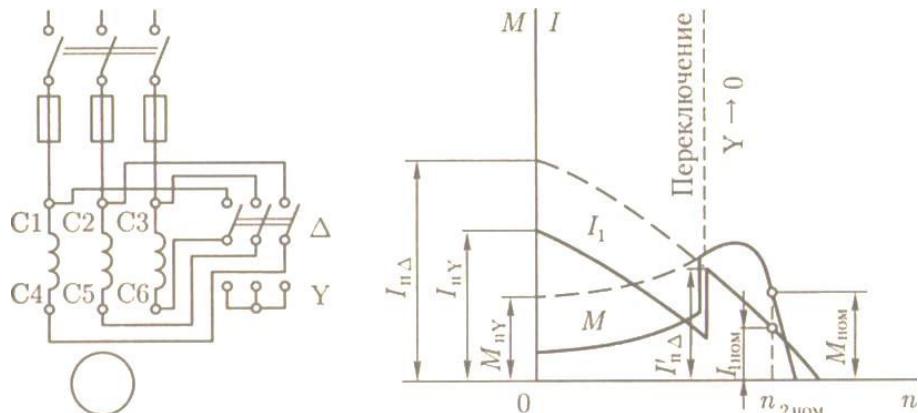


Рис. Схема включения (а) и графики изменения момента и тока (фазного) при пуске (б) асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором переключением обмотки статора со звезды на треугольник

При необходимости уменьшения пускового тока двигателя применяют какой-либо из специальных способов пуска асинхронных двигателей при пониженном напряжении.

**Пуск при пониженном напряжении.** Пусковой ток двигателя пропорционален подведенному напряжению  $U_I$ , понижение которого вызывает соответствующее уменьшение пускового тока. Существует несколько способов понижения подводимого к двигателю напряжения. Рассмотрим некоторые из них.

Для асинхронных двигателей, работающих при соединении обмоток статора треугольником, можно применить *пуск переключением обмотки*

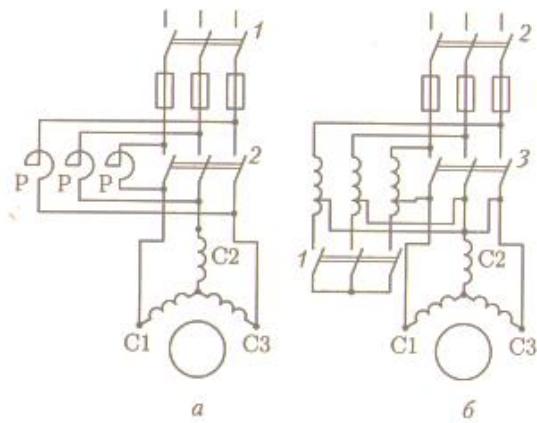


Рис. Схемы реакторного (а) и автотрансформаторного (б) способов пуска асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором

*статора со звезды на треугольник* (рис. а). В момент подключения двигателя к сети переключатель ставят в положение «звезда», при котором обмотка статора оказывается соединенной в звезду, и фазное напряжение на статоре понижается в  $\sqrt{3}$  раз. Во столько же раз уменьшается и ток в фазных обмотках двигателя (рис. б). Кроме того, при соединении обмоток звездой линейный ток равен фазному, в то время как при соединении этих же обмоток треугольником линейный ток больше фазного в  $\sqrt{3}$  раз. Следовательно, включив обмотки статора звездой, мы добиваемся уменьшения линейного тока в  $(\sqrt{3})^2 = 3$  раза.

После того как ротор двигателя разгонится до частоты вращения, близкой к установившейся, переключатель быстро переводят в положение «треугольник» и фазные обмотки двигателя оказываются под номинальным напряжением. Возникший при этом бросок тока до значения  $I_{\text{пД}}$  является незначительным.

Рассмотренный способ пуска имеет существенный недостаток – понижение фазного напряжения в  $\sqrt{3}$  раз сопровождается уменьшением пускового момента в три раза, так как, пусковой момент асинхронного двигателя прямо пропорционален квадрату напряжения  $U_1$ . Такое значительное уменьшение пускового момента не позволяет применять этот способ пуска для двигателей, включаемых в сеть при значительной нагрузке на валу.

Описанный способ понижения напряжения при пуске применим лишь для двигателей, работающих при соединении обмотки статора треугольником. Более универсальным является способ пуска *понижением подводимого к двигателю напряжения посредством реакторов* (реактивных катушек – дросселей). Порядок включения двигателя в этом случае следующий (рис. 15.5, а). При разомкнутом рубильнике 2 включают рубильник 1. При этом ток из сети поступает в обмотку статора через реакторы Р, на которых происходит падение напряжения  $\dot{J}_{\text{п}}x_p$  (где  $x_p$  – индуктивное сопротивление реактора, Ом). В результате на обмотку статора подается пониженное напряжение  $\dot{U}'_1 = \dot{U}_{1\text{ном}} - j\dot{J}_{\text{п}}x_p$ . После разгона ротора двигателя включают рубильник 2 и подводимое к обмотке статора напряжение оказывается номинальным.

Преимущество применения дросселей при пуске асинхронных двигателей состоит в том, что по мере разгона ротора частота тока и роторе снижается ( $f_2 = f_{1\text{s}}$ ), а также уменьшается сопротивление дросселя  $x_p = 2\pi f_1 s$ . В конце пуска  $x_p \approx 0$ .

Недостаток этого способа пуска состоит в том, что понижение на напряжения в  $(U'_1/U_{1\text{ном}})$  раз сопровождается уменьшением пускового момента  $M_n$  в  $(U'_1/U_{1\text{ном}})^2$  раз.

При *пуске двигателя через понижающий автотрансформатор* (рис. 15.5, б) вначале замыкают рубильник 1, соединяющий обмотки автотрансформатора звездой, а затем включают рубильник 2 и двигатель оказывается подключенным на пониженное напряжение  $U'_1$ . При этом пусковой ток двигателя, измеренный на выходе автотрансформатора, уменьшается в  $K_A$  раз, где  $K_A$  – коэффициент трансформации автотрансформатора. Что же касается тока в питающей двигатель сети, т. е. тока на входе автотрансформатора, то он уменьшается в  $K_A^2$  раз по сравнению с пусковым током при непосредственном включении двигателя в сеть. Дело в том, что в понижающем автотрансформаторе первичный ток меньше вторичного в  $K_A$  раз и поэтому уменьшение пускового тока при автотрансформаторном пуске составляет  $K_A K_A = K_A^2$  раз. Например, если кратность пускового тока асинхронного двигателя при непосредственном его включении в сеть составляет  $I_{\text{п}}/I_{1\text{ном}} = 6$ , а напряжение

сети 380 В, то при автотрансформаторном пуске с понижением напряжения до 220 В кратность пускового тока в сети составит  $I_{\pi}^1/I_{1\text{ном}} = 6/(380/220)^2 = 2$ .

После первоначального разгона ротора двигателя рубильник 1 размыкают и автотрансформатор превращается в реактор. При этом напряжение на выводах обмотки статора несколько повышается, но все же остается меньше номинального. Включением рубильника 3 на двигатель подается полное напряжение сети. Таким образом, автотрансформаторный пуск проходит тремя ступенями: на первой ступени к двигателю подводится напряжение  $U_1' = (0,50 \div 0,60) U_{1\text{ном}}$ , на второй  $U_1' = (0,70 \div 0,80) U_{1\text{ном}}$  и, наконец, на третьей ступени к двигателю подводится номинальное напряжение  $U_{1\text{ном}}$ .

Как и предыдущие способы пуска при пониженном напряжении, автотрансформаторный способ сопровождается уменьшением пускового момента, так как значение последнего прямо пропорционально квадрату напряжения. Автотрансформаторный способ пуска лучше реакторного, так как при реакторном пуске пусковой ток в питающей сети уменьшается в  $\frac{U_1'}{U_{1\text{ном}}}$  раз, а при автотрансформатором – в  $(U_1'/U_{1\text{ном}})^2$  раз. Но некоторая сложность пусковой операции и повышенная стоимость пусковой аппаратуры (понижающий автотрансформатор и переключающая аппаратура) несколько ограничивают применение этого способа пуска асинхронных двигателей.

## **ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ И ФОРМА ОТЧЕТНОСТИ:**

### **Задание 1.** Изучить:

- схему непосредственного включения в сеть;
- схему пуска асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором с последующим переключением обмоток статора с треугольника на звезду;

### **Задание 2.** Прочитать:

- схему непосредственного включения в сеть;
- схему пуска асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором с последующим переключением обмоток статора с треугольника на звезду;

### **Задание 3.** Собрать изученные схемы и продемонстрировать преподавателю работоспособность схемы.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:**

1. Чем отличается работа двигателя в режиме треугольника и в режиме зезды?
2. Для чего нужны автотрансформаторы и дросселя при запуске электродвигателя?

## **Лабораторная работа**

**Тема:** Измерение сопротивления изоляции обмоток статора.

**Цель:** Ознакомиться с устройством мегомметра и научиться измерять им сопротивление изоляции проводов и обмоток электродвигателей.

**Материальное обеспечение:**

Мегомметр М-1101 на 500 В ..... 1 шт.

Электродвигатель трехфазного тока любой мощности..... 1 шт.

Провода соединительные многожильные площадью сечения 2,5 мм<sup>2</sup>, длиной 1,5 м ..... 2 шт

**Общие теоретические положения:**

Хорошая изоляция проводки обеспечивает исправное действие всей электроустановки, поэтому периодически мегомметром необходимо проверять ее сопротивление, которое составляет обычно десятки и сотни мегом.

Мегомметр состоит из генератора постоянного тока и измерительного прибора. Изоляцию проводов измеряют при отсутствии напряжения от постоянного источника электрической энергии. Схема мегомметра М-1101 показана на рис. 1, а. При изменении сопротивления зажим Л присоединяют

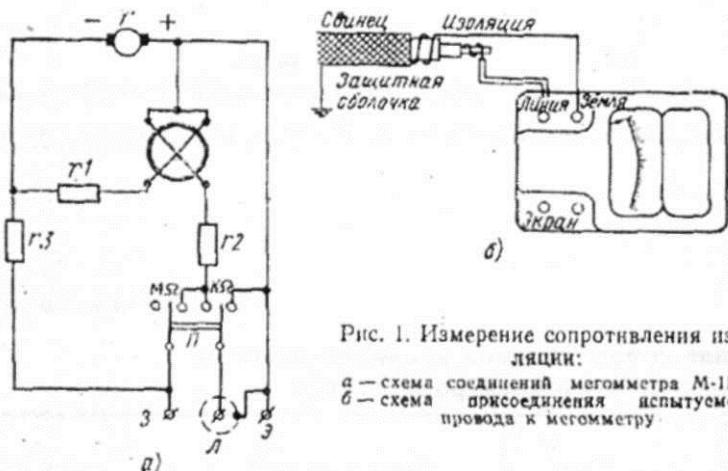


Рис. 1. Измерение сопротивления изоляции:

а — схема соединений мегомметра М-1101,  
б — схема присоединения испытуемого провода к мегомметру

к одному проводу линии, а зажим 3 — к другому проводу или к земле. Схема включения мегомметра дана на рис. 1, б. Для измерения сопротивления изоляции врашают рукоятку с частотой 120 об/мин и по шкале определяют ее величину.

**Задание на работу:** Освоить методику измерения сопротивления обмоток статора.

**Порядок выполнения работы:**

1. Изучить инструкцию к практической работе.
2. Изучить информационный и презентационный материал.
3. Ознакомиться с устройством и схемой мегомметра. З-3867
4. Измерить сопротивления изоляции между проводами трехфазной линии и между каждым фазным проводом и землей; потребители электрической энергии должны быть отключены. Результаты записать в табл. 1

Таблица 1

## Измерение сопротивлений изоляции проводов

Фаза — земля	$r_{из}$ , МОм	Фаза — фаза	$r_{из}$ , МОм
$A$ — земля		$A-B$	
$B$ — земля		$B-C$	
$C$ — земля		$C-A$	

5. Измерить сопротивление изоляции всех обмоток статора трехфазного двигателя. Обмотки должны быть разомкнуты. Результаты измерений записать в табл. 2.

Таблица 2

## Измерение сопротивления изоляции обмоток трехфазного электродвигателя

Фаза — корпус	$r_{из}$ , МОм	Фаза — фаза	$r_{из}$ , МОм
$C_1$ — корпус		$A-B$	
$C_2$ — корпус		$A-C$	
$C_3$ — корпус		$C-A$	

4. Составить отчет.

**Содержание отчета:**

1. Тема.
2. Цель.
3. Материальное обеспечение.
4. Параметры мегаомметра, двигателя.
5. Таблицы с результатами измерений.
5. Ответы на вопросы.

**Вопросы для самоконтроля.**

1. Как устроен мегомметр?
2. Для чего измеряют сопротивление изоляции?
3. При каком сопротивлении изоляции линии и электродвигатели непригодны к эксплуатации?

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА**

**Тема : Способы сушки обмоток асинхронного двигателя.**

**Цель урока:** учиться производить сушку обмоток статора асинхронного электродвигателя различными методами.

**Задачи:**

- I. Изучить порядок сушки обмоток статора асинхронного электродвигателя внешним нагревом .
- II. Изучить порядок сушки обмоток статора асинхронного электродвигателя индукционным нагревом.
- III. Изучить порядок токовой сушки обмоток статора асинхронного электродвигателя.
- IV. Научиться производить сборку схему и настройку сушки токовым методом.

**Ход работы:**

1. Найдите в учебнике Коломиец А.П. «Устройство, ремонт и обслуживание электрооборудования в сельскохозяйственном производстве» (стр. 245) порядок сушки обмоток статора асинхронного электродвигателя внешним нагревом.
  - Перечислите оборудование, которое необходимо использовать для данного метода.
  - Составьте последовательность проведения сушки.
2. Найдите в учебнике Коломиец А.П. «Устройство, ремонт и обслуживание электрооборудования в сельскохозяйственном производстве» (стр. 246) порядок сушки обмоток статора асинхронного электродвигателя индукционным нагревом.
  - Начертите в тетради схему сушки обмоток статора асинхронного электродвигателя индукционным нагревом.
  - Перечислите оборудование, которое необходимо использовать для данного метода.
  - Составьте последовательность проведения сушки обмоток статора асинхронного электродвигателя индукционным нагревом
3. Найдите в учебнике Коломиец А.П. «Устройство, ремонт и обслуживание электрооборудования в сельскохозяйственном производстве» (стр. 246) порядок токовой сушки обмоток статора асинхронного электродвигателя.

- Начертите в тетради схему порядок токовой сушки обмоток статора асинхронного электродвигателя.
- Перечислите оборудование, которое необходимо использовать для данного метода.

**4.** Производите сборку схемы и настройку сушки токовым методом.

(Приложение А)

#### Контрольные вопросы

1. Перечислите оборудование, которое необходимо использовать для сушки обмоток статора асинхронного электродвигателя внешним нагревом.
2. Перечислите оборудование, которое необходимо использовать для сушки обмоток статора асинхронного электродвигателя индукционным нагревом.
3. Перечислите оборудование, которое необходимо использовать для токовой сушки обмоток статора асинхронного электродвигателя.
4. Опишите последовательность проведения сушки обмоток статора асинхронного электродвигателя, внешним нагревом.
5. Опишите последовательность проведения сушки обмоток статора асинхронного электродвигателя, индукционным нагревом
6. Опишите последовательность проведения токовой сушки, обмоток статора асинхронного электродвигателя.
7. Опишите значение коэффициента абсорбции.
8. Опишите процесс замера коэффициента абсорбции.

**Приложение А**

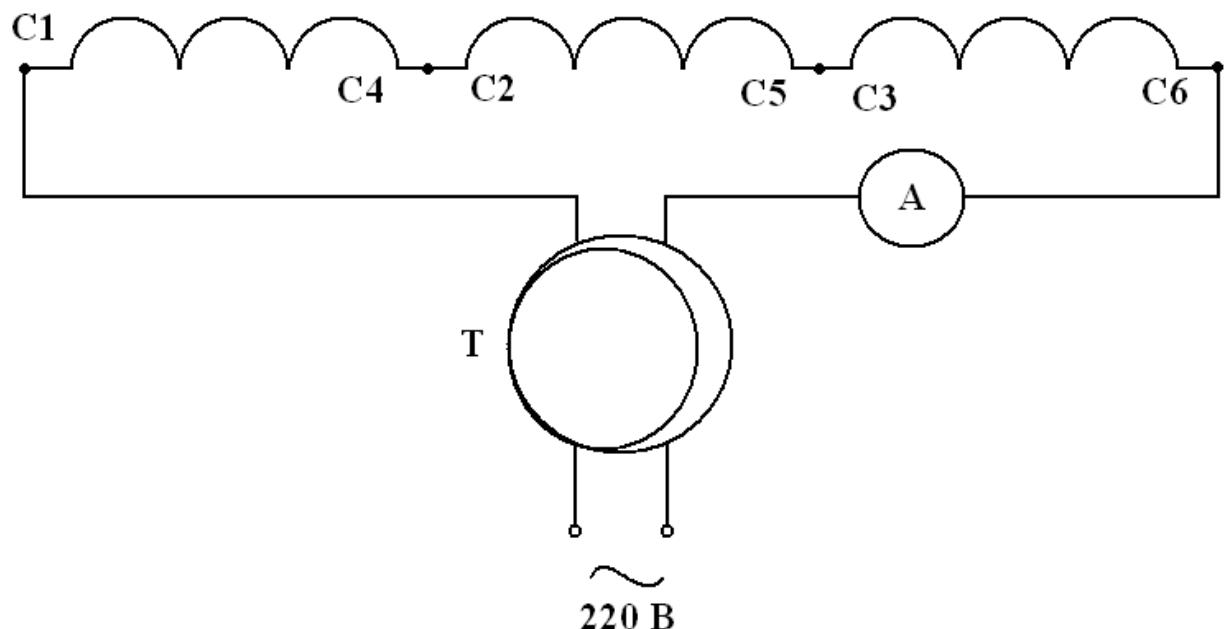


Рис. 1. Сушка изоляции малыми токами

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

**Тема: Расчет эксплуатационных показателей асинхронного двигателя»**

*Обучающийся должен  
знать:*

- устройство асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором;

*уметь:*

- рассчитывать параметры асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором;
- строить механическую характеристику АД с короткозамкнутым ротором.

**Задача.** Трехфазный асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором серии АИР имеет технические данные, приведенные в таблице, работает от сети с частотой 50 Гц и напряжением  $U_C = 380\text{В}$ .

**Определить:** высоту оси вращения  $h$ ; число полюсов  $2p$ ; особые условия работы, климатическое исполнение, категорию размещения, критическое скольжение  $S_{kp}$ ; частоту вращения поля статора  $n_1$  и частоту вращения ротора при номинальной нагрузке  $n_h$ ; частоту тока в роторе при номинальной нагрузке  $f_{2S}$ , номинальный момент на валу двигателя  $M_{nom}$ ; начальный пусковой  $M_n$  и максимальный  $M_{max}$  моменты; силу номинального и пускового токов  $I_n$  и  $I_p$  питающей сети при соединении обмоток статора звездой и треугольником; потребляемую электродвигателем мощность  $P_1$  (кВт) при номинальной нагрузке.

Рассчитать данные и построить механическую характеристику электродвигателя  $M=f(S)$ , приняв  $S = 0$ ,  $S_h$ ,  $S_{kp}$ ,  $S = 1$ ,  $S = 0,4$  и  $S = 0,6$ .

**Примечание:** Для электродвигателей, имеющих соединение обмоток только «звездой», определить, насколько изменится сила пускового тока. Начальный, пусковой и максимальный моменты при снижении напряжения в сети на 10%.

**Таблица. Исходные данные к задаче**

вариант	типоразмер двигателя	номинальная мощность $P_n$ , кВт	При номинальной нагрузке			$\frac{M_n}{M_{nom}}$	$\frac{M_{max}}{M_{nom}}$	$\frac{I_n}{I_{nom}}$	номинальное напряжение $U_n$ , В при соединении обмоток статора	
			КПД, %	$\cos \phi$	скольжение $S_n$ , %				У	Д
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	АИР100S2У1	4	87	0,88	5	2	2,2	7,5	380	-
2	АИР100L2У3	5,5	88	0,89	5	2	2,2	7,5	380	-
3	АИР112M2У3	7,5	87,5	0,88	3,5	2	2,2	7,5	380	-
4	АИР132M2У3	11	88	0,9	3	1,6	2,2	7,5	380	-
5	АИР160S2У2	15	89	0,89	3	1,8	2,7	7	660	380
6	АИР160M2У2	18,5	89,5	0,9	3	1,8	2,7	7	660	380
7	АИР180S2У1	22	89,5	0,88	2,7	1,7	2,7	7	660	380
8	АИР100L4СУ1	4	85	0,84	6	2	2,2	7	380	-
9	АИР112M4У5	5,5	87,5	0,88	4,5	2	2,2	7	380	-
10	АИР132S4У2	7,5	87,5	0,86	4	2	2,2	7,5	380	-
11	АИР132M4У2	11	87,5	0,87	3,5	2	2,2	7,5	380	-
12	АИР160S4У2	15	89,5	0,89	3	1,9	2,9	7	660	380
13	АИР160M4У2	18,5	90	0,89	3	1,9	2,9	7	660	380
14	АИР180M2СУ1	30	90,5	0,88	2,5	1,7	2,7	7,5	660	380
15	АИР180M4У2	30	91,5	0,86	2	1,7	2,7	7	660	380
16	АИР112M6СУ1	4	82	0,81	5	2	2,2	6	380	-
17	АИР132S6СУ1	5,5	85	0,8	4	2	2,2	7	380	-
18	АИР132M6У3	7,5	85	0,81	4	2	2,2	7	380	-
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
19	АИР160S6У4	11	87	0,84	3	1,7	2,5	6,5	380	-
20	АИР160M6У2	15	88	0,85	3	1,7	2,6	6,5	660	380
21	АИР180M6У2	18,5	88	0,85	2	1,6	2,4	6,5	660	380
22	АИР132M8У5	5,5	83	0,74	5	1,8	2,2	6	380	-

23	АИР160S8У4	7,5	87	0,75	3	1,6	2,4	5,5	380	-
24	АИР160М8У3	11	87,5	0,75	3	1,6	2,4	6	380	-
25	АИР180М8У2	15	89	0,82	2,5	1,6	2,2	5,5	660	380

### Задание 1.

Асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором АИР180S4У2 имеет следующие технические данные: номинальную мощность  $P_n = 22 \text{ кВт}$ ; номинальное напряжение при соединении обмоток в треугольник или звезду  $U_n = 380/660 \text{ В}$ ; скольжение  $S_n = 2,5\%$ ; КПД = 90%,  $\cos\varphi = 0,87$ ; кратности моментов: пускового  $M_p/M_n = 1,5$ ; максимального  $\lambda = M_{max}/M_n = 2,4$ , ( $\kappa$  - перегрузочная способность двигателя), минимального  $\kappa = M_{min}/M_n = 1,7$ ; кратность пускового тока  $\kappa_i = I_{пуск} / I_{ном} = 6,5$ .

Напряжение питающей сети  $U_n = 380 \text{ В}$  (фазное), частота  $f = 50 \text{ Гц}$ .

**Определить:** высоту оси вращения  $h$ , число полюсов  $2p$ , особые условия работы, климатическое исполнение, категорию размещения, критическое скольжение  $S_{kp}$ , частоту вращения поля статора  $n_1$  частоту тока в роторе  $f_{2s}$  и частоту вращения ротора  $n_{ном}$  при номинальной нагрузке, момент на валу  $M_{ном}$ , начальный пусковой  $M_p$  и максимальный  $M_{max}$  моменты; силу номинального и пускового токов  $I_{1n}$  и  $I_p$  в питающей сети при соединении обмоток статора звездой и треугольником; потребляемую электродвигателем мощность при номинальной нагрузке  $P_1$  (кВт).

По упрощенной формуле Клосса рассчитать данные и построить механическую характеристику  $M = f(S)$ .

### Решение:

1. Высоту оси вращения  $h$  и число полюсов  $2p$  находят из структуры обозначения типоразмера электродвигателя: АИР180S4У2

$$h = 180\text{мм}; 2p = 4.$$

Буква «У» в структуре обозначения показывает, что двигатель предназначен для работы в умеренном климате, цифра 2 - для размещения под навесом (вторая категория размещения).

2. Критическое скольжение:

$$S_{kp} = S_{ном} \left( \lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1} \right) = 2,5 \left( 2,4 + \sqrt{2,4^2 - 1} \right) = 2,5 * 4,58 = 11,5\%$$

3. Частота вращения поля статора:

$$n_1 = \frac{60 \cdot f_1}{p} = \frac{60 \cdot 50}{2} = 1500 \text{ мин}^{-1}.$$

4. Частота тока в роторе при номинальной нагрузке:

$$f_{2s} = f_1 * S_{ном} = 50 * 0,025 = 1,25 \text{ Гц}.$$

5. Частота вращения ротора при номинальной нагрузке:

$$n_n = n_1 (1 - S_n) = 1500 * (1 - 0,025) \approx 1462 \text{ мин}^{-1}.$$

6. Номинальный момент на валу двигателя:

$$M_{ном} = 9,55 \frac{P_n}{n_n} = 9,55 \frac{22 \cdot 10^3}{1462} = 143,7 \text{ Нм.}$$

7. Начальный пусковой момент:

$$M_p = 1,5 * M_{ном} = 1,5 * 143,7 = 215,55 \text{ Нм.}$$

8. Максимальный момент:

$$M_{\max} = \lambda * M_{\text{ном}} = 2,4 * 143,7 = 344,88 \text{ Нм.}$$

9. Потребляемая электродвигателем из сети мощность:

$$P_1 = P_h / \eta_h = 22 / 0,9 = 24,44 \text{ кВт.}$$

10. Сила номинального тока в питающей сети определяется при сопряжении обмоток статора в «треугольник»:

$$I_{1\text{ном}} = P_1 / \sqrt{3} U_1 * \cos \phi_h = 24440 / 1,73 * 380 * 0,87 = 42,73 \text{ А.}$$

Сила номинального тока в фазе обмотки статора:

$$I_{1\Phi} = I_{1\text{ном}} / \sqrt{3} = 42,73 / 1,73 = 24,7 \text{ А.}$$

11. Сила пускового тока при соединении обмоток статора «треугольником» (то есть при номинальном напряжении):

$$I_{\pi\Delta} = k_i * I_{1\text{ном}} = 6,5 * 42,73 = 277,7 \text{ А.}$$

Сила пускового тока при соединении обмоток статора «звездой»:

$$I_{\pi Y} = I_{\pi\Delta} / 3 = 277,7 / 3 = 92,6 \text{ А.}$$

12. Начальный пусковой и максимальный моменты также уменьшаются в 3 раза, так как развиваемый двигателем момент пропорционален квадрату напряжения  $U_1$

$$M_{\pi Y} = M_{\pi\Delta} / 3 = 215,55 / 3 \approx 71,8 \text{ Нм},$$

$$M_{\max Y} = M_{\max\Delta} / 3 = 344,88 / 3 \approx 114,9 \text{ Нм.}$$

13. Значения моментов при  $S = 0,4$  и  $S = 0,6$  определяем по упрощенной формуле Клосса:

$$M = M_{\max} \frac{2}{S / S_{kp} + S_{kp} / S},$$

$$M_{0,4} \approx 344,88 \cdot \frac{2}{0,4 / 0,115 + 0,115 / 0,4} = 344,88 \cdot 0,53 = 183,17 \text{ Нм.}$$

$$M_{0,6} \approx 344,88 \cdot \frac{2}{0,6 / 0,115 + 0,115 / 0,6} = 344,88 \cdot 0,37 = 127,54 \text{ Нм.}$$

14. По значениям скольжений и моментов:

$S = 0$ о.е.	$S_h = 0,025$	$S_{kp} = 0,115$	$S = 0,4$	$S = 0,6$	$S = 1$
$M = 0, \text{ Нм.}$	$M_h = 143,7$	$M_{kp} = 344,88$	$M_{0,4} = 183,17$	$M_{0,6} = 127,54$	$M_{\text{пуск}} = 215,55$

Строим механическую характеристику  $M = f(S)$ .

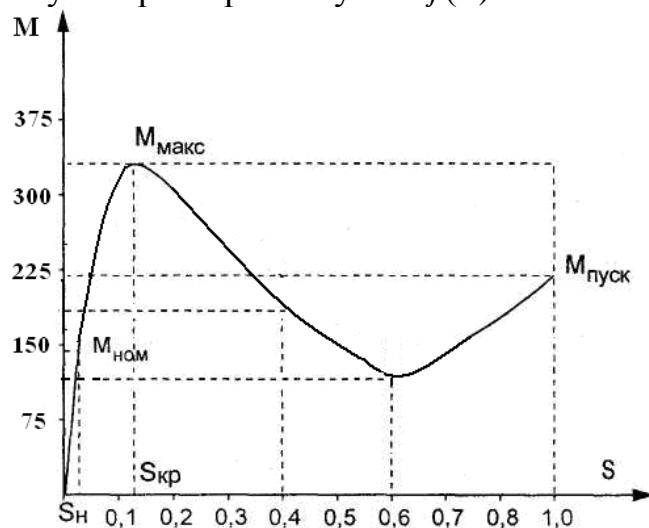


Рис. 1.3. Механическая характеристика асинхронного двигателя АИР180S4У2.

15. Сила пускового тока при снижении  $U_1$  на 10%,

$$I_n^1 = I_n \frac{0,9U_n}{U_n} = 0,9 \cdot 277,7 = 249,9 \text{ А.}$$

Начальный, пусковой и максимальный моменты составят при  $U_1 = 0,9U_n$ :

$$M_n^1 = M_n \cdot \left( \frac{0,9U_n}{U_n} \right)^2 = 0,81 M_n = 0,81 \cdot 143,7 = 116,4 \text{ Нм};$$

$$M_{\max}^1 = M_{\max} \cdot \left( \frac{0,9U_n}{U_n} \right)^2 = 0,81 M_{\max} = 0,81 \cdot 344,88 = 279,35 \text{ Нм.}$$

Вывод. Квадратичная зависимость момента асинхронных двигателей от напряжения  $M = U_c^2$  является их недостатком, так как при незначительном снижении напряжения момент существенно изменяется.

Изменение напряжения влияет не только на значения моментов, но и на значение частоты вращения двигателя.

Пуск двигателя возможен, если его пусковой момент  $M_{\text{пуск}}$  больше момента  $M_c$ , равного сумме моментов холостого хода и сопротивления рабочей машины, приводимой во вращение.

## **Практическая работа**

**Тема:** Измерение сопротивления изоляции обмоток якоря.

**Цель:** Освоить методику измерения сопротивления изоляции обмоток якоря.

**Материальное обеспечение:** Информационный материал, рабочие тетради

### **Общие теоретические положения:**

Рассмотрим методику измерения параметров и нахождения неисправностей якоря, как наиболее дорогостоящей составляющей коллекторного электродвигателя. Внешний вид якоря электродвигателя показан на рис. 15.1. Обмотка якоря, как известно, состоит из ряда последовательных обмоток (секций), которые уложены в пазах сердечника. Выводы обмоток (секций) электрически подключены к пластинам цилиндрического коллектора. К токопроводящим пластинам коллектора, который вращается вместе с якорем, прижимаются графитовые щетки, через которые происходит коммутация токов в обмотках якоря.

Все неисправности якоря можно разделить на две группы: электрические и механические.

К механическим неисправностям якоря и узлов, связанных с ним, относятся:

- повышенное биение коллектора на валу якоря при вращении;
- плохой прижим щеток к коллектору;
- несоответствие между типом коллектора и материалом используемых щеток;
- несоответствие угла укладки (угла заноса) обмоток якоря исходному типу намотки;

Рассмотрим эти виды неисправностей подробнее.

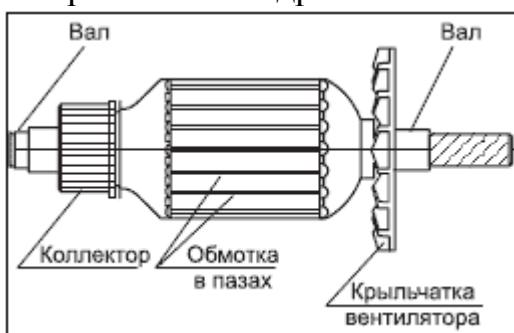


Рис.15. 1. Якорь

**Повышенное биение коллектора на валу якоря** приводит к увеличенной вибрации щеток при вращении якоря, что усиливает искрообразование, и как следствие, приводит к повышенному выделению тепла и сокращению ресурса работы щеток и электродвигателя в целом. Повышенное биение коллектора на валу якоря может быть вызвано следующими причинами:

- большим люфтом подшипника или разбитым посадочным местом подшипника;
- износом резиновой амортизационной втулки заднего подшипника;
- плохой балансировкой самого якоря. В этом случае даже при исправных

подшипниках и амортизационной втулке при включении машины ощущается повышенная вибрация и замечается повышенный шум от вращения якоря. Подобный дефект устраняется балансировкой якоря на специальном балансировочном станке;

- неравномерным износом коллектора или недостаточно точным изготовлением коллектора. Обнаружить повышенное биение коллектора можно с помощью микрометра, имеющего подпружиненную измерительную штангу. Измеренное таким образом биение коллектора не должно превышать 5 мкм. В противном случае поверхность коллектора нужно обработать в токарном приспособлении, в специальных призмах или другом приспособлении, дающем необходимую точность установки. Коллекторы якорей высокооборотных электродвигателей должны тщательно проверяться на величину биения.

**Плохой прижим щеток к коллектору** возможен при износе щеток, ослаблении упругости пружины в щеткодержателе, а также при люфте или заедании щетки в щеткодержателе.

Несоответствие между типом коллектора и материалом используемых щеток. Имеются четыре группы разновидностей щеток [2], различающихся типом материала и предназначенных для соответствующих видов коллекторов. После установки щеток, соответствующих коллектору группы, необходимо произвести их притирку к коллектору, то есть дать поработать электродвигателю 3-4 минуты.

**Несоответствие угла укладки (заноса) обмоток якоря исходному типу намотки.** Угол укладки - это смещение пластины коллектора относительно паза якоря, в котором расположена обмотка, начальный вывод которой соединен сданной пластиной коллектора. Несоответствие угла укладки обмоток якоря исходному типу намотки якоря может возникнуть при перемотке обмоток якоря или его замене на новый якорь, изготовленный другим производителем. Несоответствие угла укладки обмоток якоря может быть выявлено проверкой угла укладки исходного якоря и примененного якоря.

Рассмотрим более подробно электрические неисправности якорей.

К электрическим неисправностям якоря относятся:

- обрыв обмотки;
- короткозамкнутые витки в обмотке;
- пониженное сопротивление изоляции между обмоткой якоря и его сердечником (или валом);
- повышенное сопротивление между выводом обмотки и пластиной коллектора, так называемое переходное сопротивление между обмоткой и коллектором;

**Определение обрывов и переходных сопротивлений в обмотках якоря**

Самый простой способ определить обрыв в обмотках якоря - это провести проверку электрического сопротивления обмоток при помощи омметра, прикоснувшись щупами последнего к двум смежным пластинам коллектора (см. рис.15. 2). При этом омметр регистрирует сопротивление  $R_3$ , равное:

$$R_3 = R/(N-1)*R$$

где  $N$  - количество обмоток,  $R$  - сопротивление одной обмотки,  $(N-1) \times R$  - сопротивление последовательно включенных  $(N-1)$  обмоток, // - знак параллельного соединения.

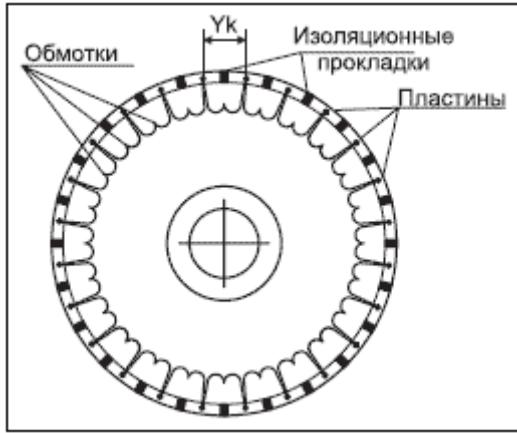


Рис.15. 2. Схема подключения обмоток якоря к коллектору

Так как количество обмоток в якоре  $N$ , как правило, бывает не менее 20, то в случае обрыва обмотки, непосредственно к которой подключаются щупы омметра, показания последнего увеличиваются более чем в десять раз. Однако при таком способе проверки сопротивления обмоток якоря потребуется достаточно большое время для проведения контроля, чтобы проверить все пластины коллектора. Кроме того, при измерении сопротивления низкоомных обмоток на результаты измерения будет существенно влиять сопротивление контакта между щупом и коллекторной пластиной. Существует способ контроля сопротивления обмоток путем поворота якоря на 360 градусов (рис. 3), при этом к пластинам коллектора прижимаются два пружинящих контакта, сдвинутых на расстояние  $S$ , равное шагу  $Y_k$  между пластинами коллектора (см. рис. 3а). Пружинящие контакты прижимаются к пластинам коллектора и подключаются к омметру, якорь поворачивают, контакты последовательно пробегают все пластины, омметр регистрирует сопротивление обмоток. Диаметр контролируемых коллекторов может находиться в диапазоне от 15 до 45 мм, шаг  $Y_k$  между пластинами коллектора также бывает различным: от 2 до 4 мм. Поскольку пластины коллектора разделены между собой изоляционными прокладками (дорожками) шириной 0,4...1,0 мм, то при попадании пружинящего контакта на эту прокладку омметр будет регистрировать ложный обрыв. Избавиться от этого путем увеличения толщины пружинящего контакта свыше 1,0 мм не удастся, поскольку диаметры коллекторов различных типов якорей различаются в три раза. Значит и кривизна контактируемой поверхности также будет сильно меняться, и вследствие этого не удастся обеспечить плотного прилегания всей поверхности торца контакта к пластине коллектора вне зависимости от его диаметра. Надежное контактирование между пружинящим контактом и пластинами коллектора любого диаметра можно обеспечить, используя сдвоенные пружинящие контакты, как показано на рис. 15.3.

При этом торцы сдвоенного контакта достаточно сдвинуть относительно друг друга на расстояние  $t = 1$  мм, чтобы избавиться от регистрации ложных обрывов. Кроме того, использование сдвоенного пружинящего контакта позволяет применить более точную 4-проводную схему измерения.

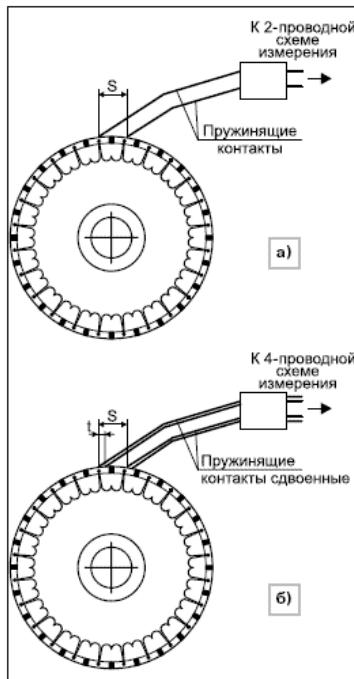


Рис.15. 3. Измерение сопротивления обмоток якоря при помощи пружинящих контактов а) коллектор с пружинящими контактами б) коллектор со сдвоенными пружинящими контактами

Функциональная схема устройства оперативного определения обрыва в обмотках якоря показана на рис. 4. Схема включает: источник постоянного тока  $I_o$ , буферный каскад - инвертор ( $OY$ ,  $R_1$ ,  $R_2$ ), цифровой вольтметр (мультиметр), компаратор напряжений  $CMP$ , световой индикатор обрыва  $HL1$  и зуммер обрыва  $BF1$ .

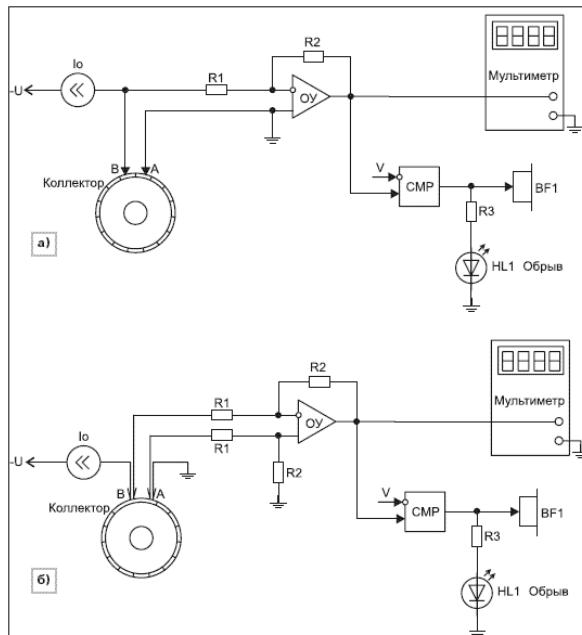


Рис.15. 4. Функциональная схема определения обрыва в обмотках якоря а) 2-проводная схема измерения б) 4-проводная схема измерения

Пружинящие контакты А и В прижимаются к пластинам коллектора и на них подается фиксированный ток  $I_o$  (mA) от источника тока. Напряжение на выходе ОУ будет равно:

$$U(\text{мВ}) = I_o * (R_3 + 0,001 R_n) \\ (\text{при условии } R_1 = R_2 \gg R_\text{э}),$$

где:  $R_a$  - эквивалентное сопротивление обмоток, включенных между двумя смежными пластинами коллектора, Ом;  $R_n$  - переходное сопротивление между пружинящими контактами и пластинами коллектора, мОм.

В случае обрыва обмотки измеряемое сопротивление резко возрастает (более чем в 10 раз), загорается индикатор брака HL1 и звучит зуммер BF1. Диапазон сопротивления обмоток(секций) различных типов якорей достаточно большой - от 0,1 до 20 Ом. Величина этого сопротивления напрямую связана с мощностью контролируемого якоря. Чем больше мощность якоря и чем большего сечения проводом выполнены его обмотки, тем меньше сопротивление обмоток якоря. 2-проводная схема измерения, изображенная на рис. 4а, имеет погрешность, связанную с увеличением измеряемого сопротивления на величину переходного сопротивления  $R_p$ . Для якорей мощных электродвигателей, у которых сопротивление обмоток составляет десятые доли Ом, эта погрешность может быть существенной. Для устранения погрешности переходного сопротивления используется 4-проводная схема измерения, показанная на рис. 4б. При такой схеме измерения величина переходного сопротивления  $R_p$  практически не влияет на выходное напряжение  $U$ , которое в этом случае пропорционально измеряемому сопротивлению  $R_e$ :

$$U = I_o * R_3$$

(при условии  $R_1=R_2>>R_e$ )

Сравнивая показания цифрового вольтметра различных секций обмоток якоря, можно судить о переходном сопротивлении между выводами секции и пластинами коллектора, то есть о качестве обжима или термоусадки (сварки) проводов в ламелях коллектора.

### **Обнаружение межвиткового замыкания в обмотках якоря**

Для обнаружения межвиткового замыкания в обмотках якоря последний помещают в переменное электромагнитное поле, создаваемое с помощью внешней статорной катушки. На статорную катушку поступает переменное напряжение с генератора (рис. 15. 5). С противоположной стороны от статорной катушки вблизи пазов якоря размещают датчик электромагнитного поля BS. При отсутствии межвиткового замыкания в обмотках наводится напряжение, но из-за симметричного расположения обмоток ток в обмотках отсутствует. Вследствие этого суммарное электромагнитное поле, действующее на датчик BS, очень незначительно. В случае межвиткового замыкания в одной из секций симметрия поля и его взаимокомпенсация нарушаются. В пазах, где располагается секция с короткозамкнутым витком, величина электромагнитного поля резко возрастает, что и регистрируется датчиком BS. Сигнал на выходе детектора D превышает пороговый уровень V компаратора СМР, включается сигнал брака по межвитковому замыканию (загорается индикатор брака MB и звучит зуммер BF). Чувствительность этой схемы к короткозамкнутым виткам определяется величиной зазора  $S_c$  между статором и сердечником якоря, величиной зазора  $S_{bs}$  между датчиком электромагнитного поля BS и пазами, в которых уложены провода обмотки якоря, а также параметрами электронной схемы.

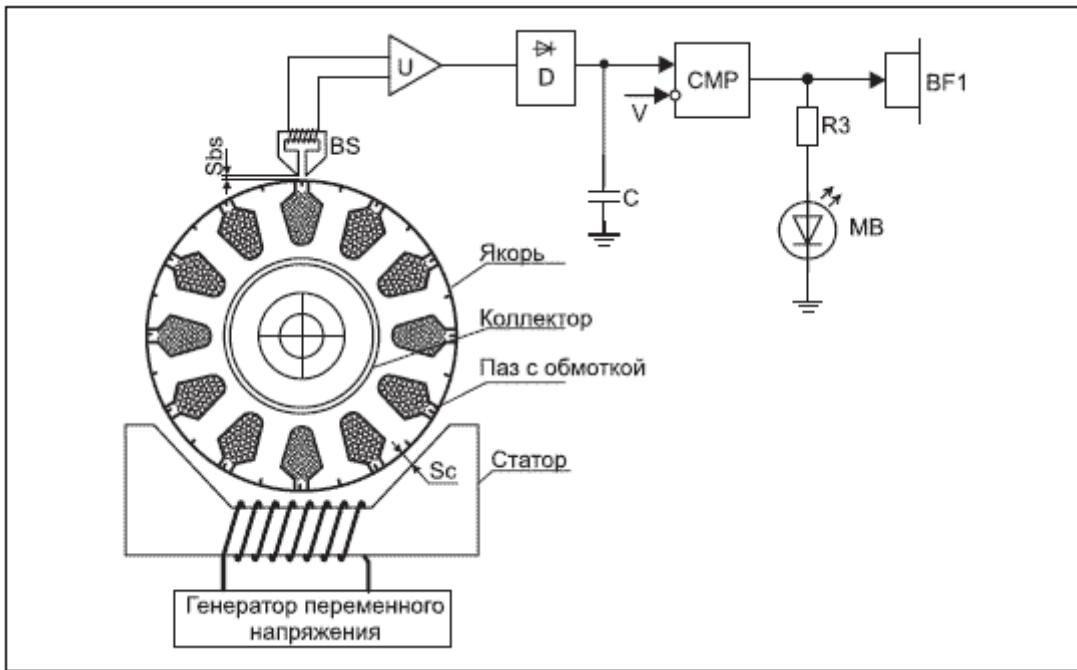


Рис. 15.5. Функциональная схема проверки обмоток якоря на межвитковое замыкание

### Определение сопротивления изоляции обмоток якоря

При измерении сопротивления изоляции между обмотками якоря и его металлическими частями необходимо руководствоваться правилами международного стандарта NFC15-100[3], а также ГОСТ 16264.0-85. В соответствии с ГОСТ 16264.0-85 "Машины электрические малой мощности. Двигатели. Общие технические условия.", п.3.2, сопротивление изоляции токоведущих частей двигателей относительно корпуса должно быть не менее 100 МОм для основной изоляции в практических холодном состоянии и в нормальных климатических условиях. Измерить сопротивление изоляции Яиз обмоток якоря наиболее просто подачей тестируемого напряжения (500 В) между обмоткой якоря и его сердечником (валом) и измерением тока утечки  $I_u$ . Прибор измеряет ток утечки  $I_u$ , при этом искомое сопротивление  $R_{iz}$  будет равно:

$$R_{iz}(\text{МОм}) = 500/I_u - R_b,$$

где  $I_u$  - ток утечки (мкА),  $R_b$  - балластное сопротивление, ограничивающее ток в цепи измерения (МОм).

Величина порогового значения тока утечки  $I_{up}$  для сопротивления 100 МОм, будет равна:

$$I_{up} = 500/(100+R_b).$$

Если ток утечки, измеренный прибором, превысит значение  $I_{up}$ , формируется сигнал брака по сопротивлению изоляции.

На основе приведенных функциональных схем разработан и выпускается прибор ПУНС-5 (рис.15. 6), предназначенный для проверки якорей и статоров электродвигателей, работающих от сети переменного тока 220 В, 50 Гц мощностью от 100 до 2500 Вт.

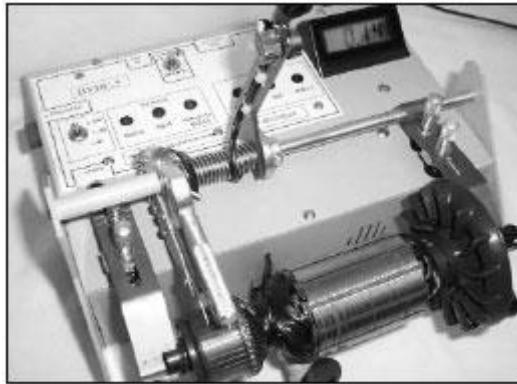


Рис. 15.6. Прибор ПУНС-5 с контролируемым якорем

Прибор предназначен для:

- обнаружения обрывов и определения сопротивления обмоток якоря;
- обнаружения межвиткового замыкания в обмотках якоря;
- определения целостности обмоток статора;
- обнаружения межвиткового замыкания в обмотках статора;
- определения сопротивления изоляции обмоток якоря (статора) при напряжении 500 В (функция мегаомметра);
- определения шага и угла укладки обмоток якоря.

### Технические характеристики прибора ПУНС-5

Типоразмеры проверяемых якорей:

- максимальный диаметр - 60 мм;
- длина (вместе с валом) - 100...250 мм;
- мощность - 100...2500 Вт. Типоразмеры проверяемых статоров:
- минимальный диаметр внутреннего отверстия - 30 мм;
- минимальная длина пакета сердечника - 32 мм;
- максимальная мощность - 2500 Вт.

Пределы измерения сопротивления обмоток якоря (погрешностью не более  $\pm 2,5\% \pm 0,02$  Ом) - 0,07.19,99 Ом.

Пределы измерения сопротивления изоляции - 24.500 МОм.

Электропитание прибора - сеть переменного тока  $220 \pm 22$  В, 50 Гц.

Потребляемая мощность от сети переменного тока - не более 10 ВА.

Габариты прибора (265x265x160) мм.

Масса, не более - 4 кг.

Прибор имеет световую и звуковую сигнализацию при обнаружении обрыва и межвиткового замыкания в обмотках, а также, если сопротивление изоляции контролируемой цепи менее 100 МОм.

Прибор характеризуется большими значениями напряжений, возбуждаемых в обмотках контролируемого изделия, что приближает режим диагностики к режиму работы контролируемого изделия в реальных условиях.

**Задание к работе:** Изучить информационный и презентационный материал и описать методику обнаружения межвиткового замыкания в обмотках якоря, определения обрыва в обмотках якоря.

### Порядок выполнения работы:

1. Изучить инструкцию к практической работе.
2. Изучить информационный и презентационный материал.

3. Описать методику обнаружения межвиткового замыкания в обмотках якоря.

4. Составить отчет.

**Содержание отчета:**

1. Тема.
2. Цель.
3. Материальное обеспечение.
4. Выполненная работа.
5. Ответы на вопросы.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Перечислите основные механические неисправности якоря.
2. Перечислите основные электрические неисправности якоря
3. К чему приводит повышенное биение коллектора на валу якоря?
4. К чему приводит плохое прижатие щеток?
5. Какой прибор используется для определения межвиткового замыкания в обмотках якоря.

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА**

### **Тема: Расчет параметров генераторов постоянного тока**

*Обучающийся должен  
знать:*

- устройство генератора постоянного тока;
- способы возбуждения генераторов постоянного тока;

*уметь:*

- рассчитывать параметры генератора постоянного тока с параллельным возбуждением;

- чертить схему генератора, включенного в сеть с параллельным возбуждением.

**Задача.** Генераторы постоянного тока с параллельным возбуждением отдает полезную мощность  $P_2$  при напряжении  $U_{\text{ном}}$ . Ток в нагрузке  $I_H$ ; ток в цепи якоря  $I_a$ , в обмотке возбуждения  $I_B$ . Сопротивления цепи: якоря  $R_a$ , обмотки возбуждения  $R_B$ ; ЭДС генератора  $E$ . Генератор приводится во вращение двигателем мощностью  $P_d$ . Электромагнитная мощность, развиваемая генератором, равна  $P_{\text{эм}}$ . Потери мощности в цепи якоря  $p_a$ , в обмотке возбуждения  $p_B$ . Суммарные потери мощности составляют  $\Sigma_p$ ; КПД генератора  $\eta_r$ . Определить величины, указанные в последней графе таблицы 1.

**Таблица. Исходных данных к задаче**

Вариант	$P_d$ , кВт	$P_2$ , кВт	$P_{\text{эм}}$ , кВт	$p_a$ , кВт	$p_B$ , кВт	$\Sigma_p$ , кВт	$I_H$ , А	$I_a$ , А	$I_B$ , А	$U_{\text{ном}}$ , В	$E$ , В	$R_a$ , Ом	$R_B$ , Ом	$\eta_r$	Определить значения величин
1	23,4	-	22	-	-	-	-	-	-	430	440	-	215	-	$I_a, I_H, P_2, \eta_r$
2	-	20,6	-	-	-	2,8	48	-	-	-	440	0,2	-	-	$P_{\text{эм}}, U_{\text{ном}}, R_B, \eta_r$
3	-	20,6	-	0,5	-	-	48	-	2	-	-	-	-	0,88	$U_{\text{ном}}, P_{\text{эм}}, E, R_a$
4	-	-	-	-	-	-	48	-	-	430	440	0,2	-	0,88	$P_2, \Sigma_p, p_B, I_a$
5	-	-	-	-	-	-	48	50	-	-	-	0,2	215	0,88	$P_{\text{эм}}, U_{\text{ном}}, P_1, E$
6	23,4	20,6	-	-	-	-	-	-	2	430	440	-	-	-	$I_H, I_a, R_a, \eta_r$
7	-	-	-	0,5	0,86	-	-	-	-	-	-	0,2	215	0,88	$P_2, P_1, P_{\text{эм}}, E$
8	-	-	-	-	-	2,8	-	50	2	430	-	0,2	-	-	$P_1, P_2, E, \eta_r$
9	23,4	-	-	-	-	-	48	-	2	-	440	-	-	0,88	$P_2, p_a, R_a, U_{\text{ном}}$
10	-	-	22	0,5	0,86	-	-	-	-	-	440	-	-	0,88	$P_2, I_a, I_B, U_{\text{ном}}$
11	-	-	23,5	-	-	3,8	98	100	-	-	-	0,15	-	-	$U_{\text{ном}}, P_2, E, \eta_r$
12	25,4	-	-	1,5	-	3,8	-	-	2	220	-	-	-	-	$I_H, E, R_B, \eta_r$
13	-	-	-	1,5	0,44	-	-	100	-	220	-	-	-	0,85	$P_1, P_2, E, I_B$
14	25,4	-	23,5	-	-	3,8	-	-	-	-	235	-	110	-	$I_H, I_a, U_{\text{ном}}, \eta_r$
15	25,4	21,6	-	-	-	-	98	100	-	-	-	0,15	-	-	$U_{\text{ном}}, E, I_B, \eta_r$
16	-	21,6	23,5	-	-	-	98	100	-	-	-	-	-	0,85	$U_{\text{ном}}, E, R_a, \Sigma_p$
17	-	21,6	-	-	0,44	-	-	-	-	220	-	0,15	-	0,85	$P_1, p_a, I_H, E$
18	-	-	-	-	0,44	-	-	100	-	-	235	0,15	-	0,85	$U_{\text{ном}}, P_2, \Sigma_p, R_B$
19	25,4	-	-	-	-	-	-	100	-	220	235	-	110	-	$P_2, I_H, R_a, \eta_r$
20	-	-	-	-	-	-	98	-	-	220	-	0,15	110	0,85	$P_1, P_{\text{эм}}, \Sigma_p, E$

**Задача.** Генератор постоянного тока с параллельным возбуждением (рис.

1) развивает на выводах номинальное напряжение  $U_{\text{ном}} = 220$  В и нагружен на сопротивление  $R_H = 2,2$  Ом. Сопротивления обмотки якоря  $R_a = 0,1$  Ом и обмотки возбуждения  $R_B = 110$  Ом. КПД генератора  $\eta_r = 0,88$ . Определить: 1) токи в нагрузке  $I_H$  обмотках якоря  $I_a$  и возбуждения  $I_B$ ; 2) ЭДС генератора  $E$ ; 3) полезную мощность  $P_2$  и потребляемую  $P_1$ ; 4) суммарные потери в генераторе  $\Sigma_p$ ; 5) электромагнитную мощность  $P_{\text{эм}}$ ; 6) электрические потери в обмотках якоря  $p_a$  и возбуждения  $p_B$ .

**Решение.**

1. Токи в нагрузке, обмотках возбуждения и якоря:

$$I_n = \frac{U_{\text{ном}}}{R_n} = \frac{220}{2,2} = 100A;$$

$$I_e = \frac{U_{\text{ном}}}{R_e} = \frac{220}{110} = 2A;$$

$$I_a = I_n + I_e = 100 + 2 = 102A.$$

2. ЭДС генератора:

$$E = U_{\text{ном}} + I_a R_a = 220 + 102 \cdot 0,1 = 230,2B$$

3. Полезная и потребляемая мощности:

$$P_2 = U_{\text{ном}} I_n = 220 \cdot 100 = 22000Bm = 22kBm;$$

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta_r} = \frac{22}{0,88} = 25kBm.$$

4. Суммарные потери в генераторе:

$$\sum p = P_1 - P_2 = 25 - 22 = 3kBm.$$

5. Электромагнитная мощность:

$$P_{\text{эм}} = EI_a = 230,2 \cdot 102 = 23480,4Bm = 23,48kBm.$$

6. Электрические потери в обмотках якоря и возбуждения:

$$p_a = I_a^2 R_a = 102^2 \cdot 0,1 = 1040,4Bm;$$

$$p_e = I_e^2 R_e = 2^2 \cdot 100 = 440Bm$$

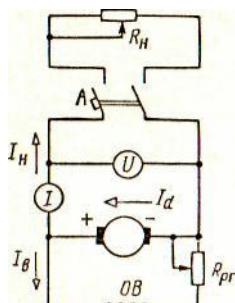


Рис. 1

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

### Тема: Расчет параметров двигателей постоянного тока

*Обучающийся должен*

*знать:*

- устройство двигателя постоянного тока;
- способы возбуждения двигателей постоянного тока;

*уметь:*

- определять параметры двигателей постоянного тока с последовательным возбуждением;
- строить механическую характеристику двигателя.

**Задача.** Для стартерного электродвигателя постоянного тока последовательного возбуждения, электроснабжение которого осуществляется от аккумуляторной батареи (данные электродвигателя и аккумуляторной батареи приведены в таблице), определить:

1. Напряжение на зажимах электродвигателя при пуске.

2. Мощность, потребляемую электродвигателем при пуске.
3. Мощность, потребляемую электродвигателем при холостом ходе.
4. Сопротивление обмотки якоря и последовательной обмотки возбуждения.
5. Электрические потери в двигателе при холостом ходе.
6. Механические потери в электродвигателе.
7. Момент холостого хода, полезный (номинальный) и электромагнитный моменты электродвигателя.
8. По значениям  $M_{H.O.}$ ,  $M_{nom}$ ,  $M_{2K.H.}$  и соответственно  $n_{H.O.}$ ,  $n_{я.nom}$  и  $n_я = 0$  построить механическую характеристику электродвигателя, сделать заключение о пусковых свойствах электродвигателя.
9. Вычертить схему включения двигателя и расшифровать условные обозначения элементов схемы.

**Таблица. Исходные данные к задаче**

Вариант	Тип стартера	Максимально допустимая емкость аккумуляторной батареи при $T_{зл}=20^{\circ}\text{C}$ $C_{20}$ , А·ч	Параметры стартерного двигателя							
			Номинальное			Режим холостого хода			Режим пуска (полного торможения)	
			$U_{nom}$ , В	$P_{nom}$ , кВт	$n_{я.n.}$ , мин <sup>-1</sup>	$I_{H.O.}$ , А	$U_{H.O.}$ , В	$n_{я.H.O.}$ , мин <sup>-1</sup>	$I_{K.H.}$ , А	$M_{2K.H.}$ , Н·м
0	СТ2-А	90	12	1,8	1100	80	12	3500	650	29,5
1	СТ4-А1	55	12	0,59	1600	75	12	4000	315	9,0
2	СТ 103-А-01	182	24	8,0	1200	110	24	5000	825	60,0
3	23.3708	55	12	1,5	1550	70	12	4000	660	22,0
4	СТ 130-А3	90	12	1,8	1200	90	12	3400	700	22,0
5	СТ 142-Б	190	24	7,7	1500	130	24	6000	800	49,0
6	СТ 231.3708	75	12	1,5	1550	70	12	4000	660	22,0
7	СТ 230-А1	75	12	2,5	1400	85	12	4000	550	22,0
8	СТ 230-Б1	75	12	1,5	1200	85	12	4000	550	22,0
9	СТ2-А	90	12	1,6	1200	75	12	4000	550	22,0

### Задание 1.

Стартерный электродвигатель 26.3708, постоянного тока последовательного возбуждения имеет номинальные параметры:

Напряжение  $U_{nom} = 12$  В;

Мощность  $P_{nom} = 1,15$  кВт;

Частоту вращения якоря  $n_{я.n.} = 1550$  мин<sup>-1</sup>.

Режима холостого хода:

Силу тока  $I_{H.O.} = 70$  А;

Напряжение на зажимах двигателя  $U_{H.O.} = 12$  В;

Частоту вращения якоря  $n_{я.H.O.} = 5000$  мин<sup>-1</sup>.

Режима пуска (полного торможения):

Силу пускового тока  $I_{K.H.} = 260$  А;

Пусковой момент  $M_{2K.H.} = 16,6$  Нм.

Электроснабжение стартерной сети осуществляется от аккумуляторной батареи номинальной емкостью в 20-часовом режиме  $C_{20} = 55$  А·ч.

**Определить:**

1. Напряжение на зажимах двигателя при пуске.

2. Мощность, потребляемую электродвигателем при пуске.
3. Мощность, потребляемую электродвигателем при холостом ходе.
4. Полезный момент на валу двигателя, момент холостого хода и электромагнитный момент для номинального режима.
5. Сопротивление обмотки якоря и последовательной обмотки возбуждения.
6. Построить механическую характеристику электродвигателя  $n = f(M)$  и сделать заключение о пусковых свойствах электродвигателя.
7. Вычертить схему включения двигателя и расшифровать условные обозначения элементов схемы.

**Решение:**

1. Напряжение на зажимах двигателя при пуске определяем по выражению:

$$U_{\text{к.н.}} = U_{\text{но.м.}} \cdot \left( 1 - a_{\delta} \frac{I_{\text{к.н.}}}{0,75 \cdot C_{20}} \right)$$

где,  $a_{\delta}$  - коэффициент, учитывающий условия разряда и конструктивные особенности аккумуляторной батареи.

Для батарей емкостью до 100 А·ч  $a_{\delta} = 0,05$ ; выше 100 А·ч  $-a_{\delta} = 0,057$ ;

$$\text{Тогда: } U_{\text{к.н.}} = 12 \cdot \left( 1 - 0,05 \frac{260}{0,75 \cdot 55} \right) = 12 \cdot 0,684 = 8,22 \text{ В.}$$

2. Мощность, потребляемую электродвигателем при пуске (пусковая мощность):

$$P_{\text{к.н.}} = U_{\text{к.н.}} \cdot I_{\text{к.н.}} = 8,22 \cdot 260 = 2137,2 \text{ Вт} = 2,137 \text{ кВт.}$$

3. Мощность, потребляемая электродвигателем при холостом ходе:

$$P_{\text{но.м.}} = U_{\text{но.м.}} \cdot I_{\text{но.м.}} = 12 \cdot 70 = 840 \text{ Вт} = 0,84 \text{ кВт.}$$

4. Полезный (номинальный) момент на валу двигателя:

$$M_{\text{2но.м.}} = 9550 \frac{P_{\text{но.м.}}}{n_{\text{я.н.}}} = 9550 \frac{1,15}{1550} = 7,085 \text{ Н м.}$$

5. Сопротивление обмотки якоря и последовательной обмотки возбуждения (сопротивление стартерного электродвигателя):

$$R_{\text{ст}} = (R_a + R_{\text{посл.}}) = U_{\text{к.н.}} / I_{\text{к.н.}} = 8,22 / 260 = 0,0316 \text{ Ом}$$

6. Электрические потери в двигателе при холостом ходе:

$$\Delta P_{\text{эл.Х.О.}} = I_{\text{но.м.}}^2 \cdot R_{\text{ст}} = 70^2 \cdot 0,0316 = 154,84 \text{ Вт} = 0,154 \text{ кВт.}$$

7. Механические потери в электродвигателе:

$$\Delta P_{\text{мех.}} = P_{\text{но.м.}} - \Delta P_{\text{эл.Х.О.}} = 0,84 - 0,154 = 0,686 \text{ кВт}$$

8. Момент холостого хода:

$$M_{\text{2.Х.О.}} = 9550 \frac{\Delta P_{\text{мех.}}}{n_{\text{я.Х.О.}}} = 9550 \frac{0,686}{5000} = 1,31 \text{ Нм.}$$

9. Электромагнитный момент двигателя:

$$M_{\text{ЭМ}} = M_{\text{2но.м.}} + M_{\text{2.Х.О.}} = 7,085 + 1,31 = 8,395 \text{ Нм.}$$

10. Сопротивление обмотки якоря принимается:

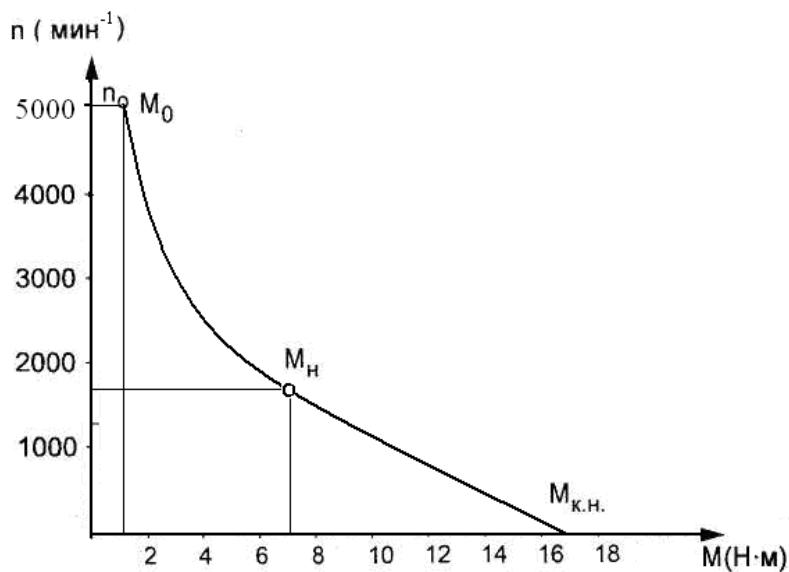
$$R_a \approx (0,45 \dots 0,65) \cdot R_{\text{ст}}, \text{ тогда:}$$

$$R_a \approx 0,56 \cdot R_{\text{ст.}} = 0,56 \cdot 0,0316 = 0,0177 \text{ Ом}$$

$$R_{\text{посл.}} = R_{\text{ст.}} - R_a = 0,0316 - 0,0177 = 0,0139 \text{ Ом}$$

11. По значениям  $M_{\text{2но.м.}}$ ,  $M_{\text{2.Х.О.}}$ ,  $M_{\text{2.к.н.}}$  и соответственно  $n_{\text{но.м.}}$ ,  $n_{\text{я.Х.О.}}$  и  $n_{\text{я.}}$  = 0 строим механическую характеристику двигателя  $n = f(M)$ .

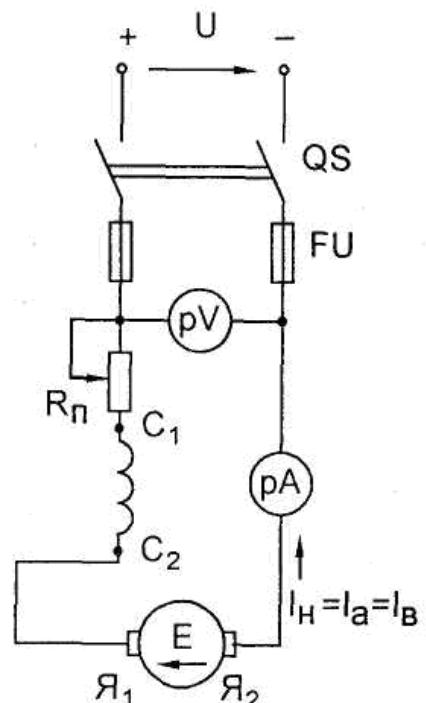
$M, \text{Нм}$	1,31	7,085	16,6
$n, \text{мин}^{-1}$	5000	1550	0



Механическая характеристика двигателя последовательного возбуждения

**Вывод:** В начальный момент пуска ( $n_{\text{я.}} = 0$ ) электродвигатель развивает большой крутящий момент  $M_2$  к.н. = 16,6 Нм, примерно в 2,3 раза превышающий номинальный  $M_{2\text{ном}} = 7,085$  Нм, что позволяет обеспечить двигателю внутреннего сгорания пусковую частоту вращения коленвала.

## 12. Электрическая схема включения двигателя.



## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА**

### **Испытание силового трансформатора при вводе его в эксплуатацию. Испытание трансформаторного масла**

**КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.** Определение объема испытаний в зависимости от мощности силового трансформатора в соответствии с требованиями. Измерение характеристик изоляции. Измерение сопротивления обмоток постоянному току. Проверка работы переключающего устройства. Проверка состояния селикагеля. Испытание трансформаторного масла.

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ.** Приобрести практические навыки по испытанию силовых трансформаторов при вводе в эксплуатацию в соответствии с требованиями.

### **ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

1. Изучить перечень испытаний, которым подвергаются силовые трансформаторы перед вводом в эксплуатацию, обратив внимание на то, что трансформаторы мощностью до 1600кВ.А испытываются по сокращенной программе.
2. Строго выполняя требования техники безопасности, изложенные в разделе 3 настоящей разработки, приступить к испытаниям.
3. Выполнить испытания применительно к трансформатору 1 и 2 габарита по сокращенной программе:
  - 3.1. Определение условий включения трансформатора произвести в соответствии с инструкцией «Трансформаторы силовые. Транспортировка, разгрузка, хранение, монтаж и ввод в эксплуатацию». Инструкцию получить у преподавателя и ознакомиться с ее содержанием.
  - 3.2. Измерение характеристик изоляций R60 коэффициент абсорбции R60 /R15. Выполнить по схеме рис.2.1.

Ручку прибора вращают с частотой  $120 \text{ мин}^{-1}$ , первый отсчет производят через 15с, второй через 60с после начала вращения ручки мегомметра.

Измерение R60 и R15 производят:

- между обмотками высшего напряжения и заземленными обмотками низшего(BН-НН+К). После измерения обмотки заземления на 1-2 минуты с помощью заземляющей штанги;
- между обмотками низшего напряжения и заземленными обмотками высшего напряжения(НН-ВН+К).

Результаты изменений занести в таблицу 2.1.

Таблица 2.1

Объект измерения	Обмотки, на которых проводят измерения	Заземляемые части трансформатора	Результаты измерений, МОм		Расчет
			R, МОм 15с	R, МОм 60с	
Силовой трансформатор TM25/10	Обм.НН Обм.ВН	Бак+ВН Бак+НН			

Сопротивление изоляции R60 сравнивают с паспортными данными трансформатора. Значение R60 не должно быть ниже 70% заводских паспортных данных. Значение Кабс  $\geq 1,3$  для сухой изоляции при температуре масла 10...30°C. Сделать вывод об изоляционных характеристиках трансформатора.

#### 4. Измерить сопротивления обмоток постоянному току(рис.2.2)

Цель измерения- выявить некачественную пайку, обрыв параллельных проводов обмоток и другие дефекты. Омическое сопротивление измерить мостом постоянного тока на всех трех выводах обмоток низшего напряжения(три замера), предел измерения моста поставить до 1 Ома. Далее выполнить измерение на всех положениях анцапфы. Предел измерения моста 10...10ОМ. Результаты измерений занести в таблицу 2.2 и выполнить расчет. Результаты расчета сравнить отдельно для каждого положения анцапфы. Допустимо неравенство  $\pm 2\%$ . Для обмоток низшего напряжения независимо от положения анцапфы допустимо неравенство  $\pm 2\%$ .

Таблица 2.2

Обмотки, на которых проводят измерения	Положение регулятора	Величина измеренного сопротивления на выводах обмоток Rизм, Ом			Расчетная величина
		A-B	B-C	C-A	
ОНН	+5%				$\Delta R=... \text{Ом}$
	0				$\gamma=... \%$
	-5%				$\Delta R=... \text{Ом}$
ОНН		a-о	в-о	с-о	$\Delta R=... \text{Ом}$
					$\gamma=... \%$

$\Delta R$ -разность между наибольшей и наименьшей величиной при измерениях или по отношению к паспортным данным;

$$\gamma = \frac{\Delta R}{R} * 100\% \text{ (наибольшее отклонение в %)}$$

5. Проверить работу переключающего устройства. Для трансформаторов 1 и 2 габарита достаточно проверить хорошую фиксацию при переключениях и одновременность замыкания контактов.

Собрать схему (рис.2.3)

Подать напряжение(12...220В) и с помощью поворота анцапфы в положение 0%; +2,5%;+5%;-2,5%;-5% или +5%;0%;-5% убедиться в одновременности замыкания контактов, то есть все три лампочки в указанных положениях переключателя должны загораться одновременно. Сделать выводы о работе переключателя(анцапфы).

6. Испытать бак гидравлическим давлением(рис.2.4). Для трубчатых и гладких баков высота столба масла должна быть 0,6 метра над верхней кромкой расширителя, продолжительность 3 часа. (В учебных условиях сократить до 5 минут из-за отсутствия времени).
7. Проверить состояние селикагеля. Селикагель используется для регенерации масла в процессе эксплуатации на трансформаторах мощностью 160 кВ.А и выше. Окраска селикагеля должна быть голубой. Розовый цвет или другой свидетельствует, что селикагель потерял активность к регенерации и требуется его замена с последующим восстановлением путем прокаливания.
8. Испытать трансформаторное масло(рис 2.5)

При использовании масла трансформаторов 1-2 габарита необходимо руководствоваться нормами пункта «б», так как они транспортируются с маслом. Кроме того масло трансформаторов I-2 габарита испытывается по сокращенной программе.

- 8.1. Испытать трансформаторное масло на диэлектрическую прочность.

### ПОРЯДОК ИСПЫТАНИЯ

- 8.1.1. Ознакомиться со схемой и работой аппарата.
- 8.1.2. Установить зазор между электродами, промыть сосуд чистым маслом и заполнить его до уровня на 15 мм выше верхних краев электродов, то есть до темной черты на стенке сосуда.
- 8.1.3. Поставить рукоятку регулятора в крайнее левое положение, соответствующее наименьшему напряжению. Выдержать паузу 10 минут, чтобы пузырьки воздуха удалить из масла.
- 8.1.4. Включить автомат сети и подать на аппарат АИИ-70 напряжение, при этом загорится зеленая сигнальная лампа на аппарате.
- 8.1.5. Включить автомат на аппарате АИИ-70 , при этом загорится красная лампа.
- 8.1.6. Плавно повысить напряжение до пробоя масла, зафиксировать напряжение пробоя, после чего рукоятку регулятора перевести в крайнее левое положение.
- 8.1.7. Следующие пять пробоев для данного образца масла выполнить через каждые пять минут в той же последовательности. При этом после каждого пробоя с помощью стеклянной палочки или щупа

удалить углеродный след и пузырьки газа между электродами, образовавшиеся при пробое.

- 8.1.8. По последним пяти пробоям(первый-пробный) определить среднее арифметическое значение электрической прочности трансформаторного масла. Занести результаты в протокол испытаний(табл.2.3)

Средне значение сравниваем с допустимым.

Таблица 2.3

№п.п	Показатели U пр, кВ	Результат Uсред, кВ	Uдоп, кВ
2	-кВ		
3	-кВ		
4	-кВ		
5	-кВ		
6	-кВ		

- 8.2. Содержание механических примесей определить визуально в прозрачном сосуде.

## ВЫВОДЫ И АНАЛИЗЫ

При анализе результатов испытаний необходимо сделать не только вывод о пригодности или непригодности трансформатора к эксплуатации, но и конкретные предложения по устранению выявленных недостатков на месте: по изоляции- о возможности сушки; по измерению сопротивления обмоток постоянному току- о возможности вскрытия трансформатора и проверке контактных соединений, паек; по силикагелю и трансформаторному маслу- о возможности их замены; по гидравлическим испытаниям- о возможности замены части уплотнений или подтяжке гаек элементов уплотнений, где имеет место подтек масла (крышка, изоляторы, кран и т.д.)

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какова цель испытания трансформатора при вводе в эксплуатацию в производственных условиях?
2. По каким показателям и какой величине можно судить об изоляции и увлажненности обмоток трансформатора?
3. При какой температуре масла измеряют изоляционные характеристики обмоток трансформатора?
4. Почему измерение сопротивления обмоток (ОВН) постоянному току выполняют на всех положениях анцапфы?
5. Для какой цели используется в трансформаторе силикагель?
6. Какие способы восстановления силикагеля вы знаете, если он потерял активность?
7. Какая документация оформляется после испытаний?
8. Какие требования предъявляются к диэлектрической прочности трансформаторного масла?
9. Что входит в объем лабораторных исследований трансформаторного масла?
- 10.Что такое кислотное число трансформаторного масла?
- 11.Каковы требования техники безопасности при измерениях и испытаниях?

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

## Определение степени увлажненности изоляции силовых трансформаторов

**КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.** Измерение увлажненности изоляции обмоток силового кабеля трансформатора мегаомметром по коэффициенту абсорбции. Измерение увлажненности прибором ПКВ-7(ПКВ-8) методами  $C_2/C_{50}$  и  $\Delta C/C$ . Сопоставление результатов измерений различными методами и выводы о состоянии изоляции.

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ.** Изучить способы и методику определения степени увлажненности изоляции обмоток силовых трансформаторов.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРИ ДОПУСКЕ К РАБОТЕ

1. Как определить увлажненность методом коэффициента абсорбции?
2. Каким прибором измеряют коэффициент абсорбции, от чего зависит его нормируемая величина?
3. Каким прибором измеряют  $C_2/C_{50}$  и  $\Delta C/C$ ? Изложить порядок измерения.
4. Какие требования ТБ необходимо выполнять при измерениях увлажнённости обмоток мегаомметром и прибором ПКВ-7(ПКВ-8)?
5. Какими двумя причинами обусловлена необходимость снятия остаточного заряда после каждого вида измерений?

### ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Измерить сопротивление изоляции прибором МС-0,5 по схеме(рис.3.1):
  - 1.1. НН – Бак + ВН(между обмотками низшего напряжения и заземленными обмотками высшего напряжения). Значения сопротивления зафиксировать через 15с и через 60с после начала вращения рукоятки мегаомметра.
  - 1.2. ВН – Бак + НН ( между обмотками высшего напряжения и заземленными обмотками низшего напряжения). Значение сопротивления зафиксировать через 15с и 60с после начала вращения рукоятки мегаомметра. Результаты измерений занести в таблицу 3.1.

Таблица 3.1

Объект измерения	Обмотки, на которых проводят измерения	Заземляемые части трансформатора	Результаты измерений		расчет
			R, МОм 15с	R,МОм 60с	
Силовой трансформатор ТМ-□/10	Обмотки НН Обмотки ВН	Бак + ВН Бак + НН			

Согласно полученным данным выполнить расчет коэффициента абсорбции 6 Кабс= R60 /R15, Кабс ≥ 1,3 для сухой изоляции при температуре масла 10...30°C. Сделать вывод об увлажненности изоляции.

2. Определить степень увлажненности обмоток по методу емкость – частота прибором ПКВ-7(ПКВ-8).
  - 2.1. Подготовка силового трансформатора к измерению
    - 2.1.1. Выводы трансформатора не должны иметь соединений с сетью.
    - 2.1.2. Изоляторы очищены от пыли и влаги.
    - 2.1.3. Собирается схема измерения(рис.3.2), при этом корпус трансформатора и обмотки НН-0,38 кВ должны быть заземлены. Обмотки ВН должны быть замкнуты накоротко.
  - 2.2. Подготовка прибора к работе.
    - 2.2.1. Прибор разложить на столе вблизи трансформатора. Корпус прибора заземляется.
    - 2.2.2. Проверить напряжение питания в розетке 220В. Шнур прибора подключается к сети.
    - 2.2.3. Включить тумблер прибора «сеть» и прогреть прибор 2...3 минуты.
  - 2.3. Измерения:
    - 2.3.1. Переключатель предела установить в положение «100 тыс. пФ».
    - 2.3.2. Тумблер  $T_1$  переключить в положение «уст.» и ручкой «0» произвести установку стрелки измерителя на нуль.  
(это необходимо делать перед каждым измерением)
    - 2.3.3. Тумблер  $T_2$  установить в положение « $C_{50}$ », тумблер  $T_3$  в положение «ПКВ».
    - 2.3.4. Тумблер  $T_1$  переключить в положение «изм» и через 10-15 с выполнить отсчет показаний по шкале прибора. Если показания составят менее 1/5 шкалы прибора, их трудно зафиксировать, то необходимо переключатель пределов переключить на другую емкость(20;10 и т.д.)
    - 2.3.5. Для измерения величины  $C_2 - C_{50}$  тумблер  $T_2$  устанавливают в положение « $C_2 - C_{50}$  », тумблер  $T_3$  в положение «ПКВ». Отсчет берется через 30с после переключения тумблера  $T_1$  в положение «изм». При малых отклонениях стрелки шкалу можно расширять (п. 2.3.4.). Определяем отношение  $C_2/C_{50}$  по формуле:

$$C_2/C_{50} = \frac{C_2 - C_{50}}{C_{50}} + 1$$

Полученные результаты сравнить с наибольшими допустимыми значениями (ПТЭ и ПТБ), которые зависят от температуры масла при измерениях( табл.3.2.)

Таблица 3.2

Напряжение трансформатора	Значение $C_2/C_{50}$ при температуре обмоток °C						
	10	20	30	40	50	60	70
До 35 кВ	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8

Сделать вывод об увлажненности изоляции обмоток.

3. Определить степень увлажненности обмоток по методу емкость-время
  - 3.1. Переключатель предела измерений установить в положение «100 тыс. пФ».
  - 3.2. Тумблер T1 – в положение «уст» и ручкой «0» установить стрелку на ноль.
  - 3.3. Тумблер T2 – в положение «C<sub>50</sub>».
  - 3.4. Тумблер T3 – в положение «ЕВ».
  - 3.5. Тумблер T1 – в положение «измерение» и через 60с снять показание по шкале прибора(при необходимости расширить шкалу, переключив на предел «20»).
  - 3.6. Тумблер T1 переключить в положение «уст» и ручкой установить «0».
  - 3.7. Тумблер T2 переключить в положение (C<sub>2</sub> – C<sub>50</sub>), а T3 остается в положении «ЕВ».
  - 3.8. Тумблер T1 переключить в положение «измерение» и через 60с снять показание по шкале прибора.
  - 3.9. По результатам измерений рассчитать  $\frac{\Delta C}{C_{50}}$ :

$$\frac{\Delta C}{C_{50}} = \frac{(C_2 - C_{50}) - C_{50}}{C_{50}} * 100\%$$

- 3.10. Подставить полученные результаты в указанную формулу, результаты расчета записать в таблицу 3.3 и сделать вывод. Согласно ПТЭ и ПТБ приложение Э1,, таблица 6 отношение :  $\frac{\Delta C}{C_{50}} \leq 12\%$  для сухой изоляции;  $\frac{\Delta C}{C_{50}} \leq 4\%$  после ревизии и сушки.

**Примечание.** Этот метод рекомендуют использовать для определения увлажненности обмоток трансформаторов, не заполненных маслом, напряжение  $\geq 100\text{kV}$ . Однако для получения практических навыков работы с прибором можно использовать на том же трансформаторе напряжение 10 кВ.

Таблица 3.3

Объект измерения	Обмотки, на которых выполнялись измерения	Параметры, характеризующие увлажнение			Примечание
		Кабс	$\frac{C_2}{C_{50}}$	$\frac{\Delta C}{C} ; \%$	
Силовой трансформатор ТМ-10	ВН-(Б+НН)				

**ВЫВОДЫ И АНАЛИЗЫ.** При анализе полученных результатов, характеризующих увлажненность различными методами, необходимо убедиться в достоверности этих методов по полученному результату -

увлажнен трансформатор или нет. Ответ должен быть однозначен для всех трех методов. Если результаты при измерении различными методами будут расходиться, необходимо найти ошибку при измерениях или расчетах. При анализе указать, какие методы измерения увлажненности и в каком случае могут быть наиболее приемлемы, экономически целесообразны. Можно предложить наиболее рациональный способ сушки изоляции обмоток, если изоляция окажется увлажненной.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЧЕТА

1. В каких случаях измеряют увлажненность обмоток силовых трансформаторов?
2. Почему при сухой изоляции сопротивление изоляции увеличивается в зависимости от времени вращения рукоятки мегаомметра?
3. Почему значение Кабс и  $\frac{C_2}{C_{50}}$  зависят от температуры обмоток трансформатора?
4. Как влияет остаточный заряд на точность последующих измерений при сухой и увлажненной изоляции обмоток трансформатора?
5. Каковы условия включения силового трансформатора без сушки?
6. В каких случаях обязательна сушка независимо от результатов измерения согласно ПТЭ и ПТБ(Э2)?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

### Определение степени увлажненности изоляции силовых трансформаторов

**КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.** Измерение увлажненности изоляции обмоток силового кабеля трансформатора мегаомметром по коэффициенту абсорбции. Измерение увлажненности прибором ПКВ-7(ПКВ-8) методами  $C_2/C_{50}$  и  $\Delta C/C$ . Сопоставление результатов измерений различными методами и выводы о состоянии изоляции.

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ.** Изучить способы и методику определения степени увлажненности изоляции обмоток силовых трансформаторов.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРИ ДОПУСКЕ К РАБОТЕ

6. Как определить увлажненность методом коэффициента абсорбции?
7. Каким прибором измеряют коэффициент абсорбции, от чего зависит его нормируемая величина?
8. Каким прибором измеряют  $C_2/C_{50}$  и  $\Delta C/C$ ? Изложить порядок измерения.
9. Какие требования ТБ необходимо выполнять при измерениях увлажнённости обмоток мегаомметром и прибором ПКВ-7(ПКВ-8)?

10. Какими двумя причинами обусловлена необходимость снятия остаточного заряда после каждого вида измерений?

### ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

4. Измерить сопротивление изоляции прибором МС-0,5 по схеме(рис.3.1):
  - 4.1. НН – Бак + ВН(между обмотками низшего напряжения и заземленными обмотками высшего напряжения). Значения сопротивления зафиксировать через 15с и через 60с после начала вращения рукоятки мегаомметра.
  - 4.2. ВН – Бак + НН ( между обмотками высшего напряжения и заземленными обмотками низшего напряжения). Значение сопротивления зафиксировать через 15с и 60с после начала вращения рукоятки мегаомметра. Результаты измерений занести в таблицу 3.1.

Таблица 3.1

Объект измерения	Обмотки, на которых проводят измерения	Заземляемые части трансформатора	Результаты измерений		расчет
			R, МОм 15с	R,МОм 60с	
Силовой трансформатор ТМ-□/10	Обмотки НН Обмотки ВН	Бак + ВН Бак + НН			

Согласно полученным данным выполнить расчет коэффициента абсорбции 6 Кабс= R60 /R15, Кабс ≥ 1,3 для сухой изоляции при температуре масла 10...30°C. Сделать вывод об увлажненности изоляции.

5. Определить степень увлажненности обмоток по методу емкость – частота прибором ПКВ-7(ПКВ-8).

5.1. Подготовка силового трансформатора к измерению

- 5.1.1. Выводы трансформатора не должны иметь соединений с сетью.
- 5.1.2. Изоляторы очищены от пыли и влаги.
- 5.1.3. Собирается схема измерения(рис.3.2), при этом корпус трансформатора и обмотки НН-0,38 кВ должны быть заземлены. Обмотки ВН должны быть замкнуты накоротко.

5.2. Подготовка прибора к работе.

- 5.2.1. Прибор разложить на столе вблизи трансформатора. Корпус прибора заземляется.
- 5.2.2. Проверить напряжение питания в розетке 220В. Шнур прибора подключается к сети.
- 5.2.3. Включить тумблер прибора «сеть» и прогреть прибор 2...3 минуты.

5.3. Измерения:

- 5.3.1. Переключатель предела установить в положение «100 тыс. пФ».
- 5.3.2. Тумблер T<sub>1</sub> переключить в положение «уст.» и ручкой «0» произвести установку стрелки измерителя на нуль.  
(это необходимо делать перед каждым измерением)
- 5.3.3. Тумблер T<sub>2</sub> установить в положение «C<sub>50</sub>», тумблер T<sub>3</sub> в положение «ПКВ».
- 5.3.4. Тумблер T<sub>1</sub> переключить в положение «изм» и через 10-15 с выполнить отсчет показаний по шкале прибора. Если показания

составят менее 1/5 шкалы прибора, их трудно зафиксировать, то необходимо переключатель пределов переключить на другую емкость(20;10 и т.д.)

5.3.5. Для измерения величины  $C_2 - C_{50}$  тумблер  $T_2$  устанавливают в положение « $C_2 - C_{50}$ », тумблер  $T_3$  в положение «ПКВ». Отсчет берется через 30с после переключения тумблера  $T_1$  в положение «изм». При малых отклонениях стрелки шкалу можно расширять (п. 2.3.4.). Определяем отношение  $C_2/C_{50}$  по формуле:

$$C_2/C_{50} = \frac{C_2 - C_{50}}{C_{50}} + 1$$

Полученные результаты сравнить с наибольшими допустимыми значениями (ПТЭ и ПТБ), которые зависят от температуры масла при измерениях( табл.3.2.)

Таблица 3.2

Напряжение трансформатора	Значение $C_2/C_{50}$ при температуре обмоток °С						
	10	20	30	40	50	60	70
До 35 кВ	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8

Сделать вывод об увлажненности изоляции обмоток.

6. Определить степень увлажненности обмоток по методу емкость-время
  - 6.1. Переключатель предела измерений установить в положение «100 тыс. пФ».
  - 6.2. Тумблер  $T_1$  – в положение «уст» и ручкой «0» установить стрелку на ноль.
  - 6.3. Тумблер  $T_2$  – в положение « $C_{50}$ ».
  - 6.4. Тумблер  $T_3$  – в положение «ЕВ».
  - 6.5. Тумблер  $T_1$  – в положение «измерение» и через 60с снять показание по шкале прибора(при необходимости расширить шкалу, переключив на предел «20»).
  - 6.6. Тумблер  $T_1$  переключить в положение «уст» и ручкой установить «0».
  - 6.7. Тумблер  $T_2$  переключить в положение ( $C_2 - C_{50}$ ), а  $T_3$  остается в положении «ЕВ».
  - 6.8. Тумблер  $T_1$  переключить в положение «измерение» и через 60с снять показание по шкале прибора.
  - 6.9. По результатам измерений рассчитать  $\frac{\Delta C}{C_{50}}$ :

$$\frac{\Delta C}{C_{50}} = \frac{(C_2 - C_{50}) - C_{50}}{C_{50}} * 100\%$$

- 6.10. Подставить полученные результаты в указанную формулу, результаты расчета записать в таблицу 3.3 и сделать вывод. Согласно ПТЭ и ПТБ приложение Э1,, таблица 6 отношение

:  $\frac{\Delta C}{C_{50}} \leq 12\%$  для сухой изоляции;  $\frac{\Delta C}{C_{50}} \leq 4\%$  после ревизии и сушки.

**Примечание.** Этот метод рекомендуют использовать для определения увлажненности обмоток трансформаторов, не заполненных маслом, напряжение  $\geq 100\text{kV}$ . Однако для получения практических навыков работы с прибором можно использовать на том же трансформаторе напряжение 10 кВ.

Таблица 3.3

Объект измерения	Обмотки, на которых выполнялись измерения	Параметры, характеризующие увлажнение			Примечание
		Кабс	$\frac{C_2}{C_{50}}$	$\frac{\Delta C}{C} ; \%$	
Силовой трансформатор ТМ-10	ВН-(Б+НН)				

**ВЫВОДЫ И АНАЛИЗЫ.** При анализе полученных результатов, характеризующих увлажненность различными методами, необходимо убедиться в достоверности этих методов по полученному результату - увлажнен трансформатор или нет. Ответ должен быть однозначен для всех трех методов. Если результаты при измерении различными методами будут расходиться, необходимо найти ошибку при измерениях или расчетах. При анализе указать, какие методы измерения увлажненности и в каком случае могут быть наиболее приемлемы, экономически целесообразны. Можно предложить наиболее рациональный способ сушки изоляции обмоток, если изоляция окажется увлажненной.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЧЕТА

7. В каких случаях измеряют увлажненность обмоток силовых трансформаторов?
8. Почему при сухой изоляции сопротивление изоляции увеличивается в зависимости от времени вращения рукоятки мегаомметра?
9. Почему значение Кабс и  $\frac{C_2}{C_{50}}$  зависят от температуры обмоток трансформатора?
10. Как влияет остаточный заряд на точность последующих измерений при сухой и увлажненной изоляции обмоток трансформатора?
11. Каковы условия включения силового трансформатора без сушки?
12. В каких случаях обязательна сушка независимо от результатов измерения согласно ПТЭ и ПТБ(Э2)?

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

### Тема: Расчет эксплуатационных показателей однофазного трансформатора

*Обучающийся должен*

*знать:*

- устройство, назначение трансформаторов;

*уметь:*

- определять параметры однофазных трансформаторов;

**Задача.** Для однофазного трансформатора в таблице 2 заданы номинальные величины: мощность  $S_{\text{ном}}$ ; первичное  $U_{\text{ном}1}$  и вторичное  $U_{\text{ном}2}$  напряжения; первичный  $I_{\text{ном}1}$  и вторичный  $I_{\text{ном}2}$  токи; коэффициент трансформации  $K$ . В обмотках наводятся ЭДС  $E_1$  и  $E_2$ ; числа витков обмоток  $\omega_1$  и  $\omega_2$ . Магнитная индукция в магнитопроводе  $B_m$ , его сечение  $Q$ , магнитный поток  $\Phi_m$ . Частота в сети  $f$ . Определить величины, отмеченные прочерками в таблице с исходными данными.

**Таблица. Исходные данные к задаче.**

Вариант	$S_{\text{ном}}, \text{kV}\cdot\text{A}$	$U_{\text{ном}1}, \text{kV}$	$U_{\text{ном}2}, \text{kV}$	$I_{\text{ном}1}, \text{A}$	$I_{\text{ном}2}, \text{A}$	$K$	$E_1, \text{B}$	$E_2, \text{B}$	$\omega_1$	$\omega_2$	$B_m, \text{Tl}$	$Q \cdot 10^{-3}, \text{m}^2$	$\Phi_m \cdot 10^{-3}, \text{Bb}$	$f, \text{Гц}$
1	100	1000	250	-	-	-	-	-	-	-	1,5	12	-	50
2	-	-	220	-	2,23	-	380	-	-	-	1,2	-	3	100
3	12	6000	-	-	120	-	-	-	-	-	-	5	6,5	50
4	-	-	-	4,17	-	-	-	-	422	35	1,6	10	-	200
5	0,5	-	-	-	-	-	380	220	285	-	-	2,5	-	100
6	-	-	-	-	400	4	-	250	-	63	1,5	-	-	50
7	5	-	-	50	-	10	-	-	-	-	-	7,5	10,5	400
8	-	-	250	100	-	-	-	-	250	-	-	12	18	50
9	-	-	-	50	5	-	-	1000	5,4	-	1,4	-	-	400
10	-	-	-	2	-	60	6000	-	4150	-	-	5	-	50

**Пример:**

**Задача.** Однофазный трансформатор с  $S_{\text{ном}} = 250 \text{ В}\cdot\text{А}$  служит для питания ламп безопасности. Напряжения обмоток  $U_{\text{ном}1} = 380 \text{ В}$ ;  $U_{\text{ном}2} = 12 \text{ В}$ . К трансформатору присоединены восемь ламп накаливания мощностью по 25 Вт с коэффициентом мощности  $\cos\phi_2 = 1,0$ . Магнитный поток в магнитопроводе  $\Phi_m = 0,0025 \text{ Вб}$ . Частота тока в сети  $f=50 \text{ Гц}$ .

**Определить:** 1) номинальные токи в обмотках; 2) коэффициент нагрузки; 3) токи при действительной нагрузке; 4) числа витков обмоток; 5) коэффициент трансформации.

*Решение.*

1. Номинальные токи в обмотках:

$$I_{\text{ном1}} = \frac{S_{\text{ном}}}{U_{\text{ном1}}} = \frac{250}{380} = 0,66A;$$

$$I_{\text{ном2}} = \frac{S_{\text{ном}}}{U_{\text{ном2}}} = \frac{250}{12} = 20,8A.$$

2. Коэффициент нагрузки трансформатора:

$$k_n = \frac{P_2}{(S_{\text{ном}} \cos \varphi_2)} = \frac{25 \cdot 8}{250 \cdot 1,0} = 0,8.$$

3. Токи в обмотках при действительной нагрузке:

$$I_1 = k_{\text{ном}} I_{\text{ном1}} = 0,8 \cdot 0,66 = 0,53A;$$

$$I_2 = k_{\text{ном}} I_{\text{ном2}} = 0,8 \cdot 20,8 = 16,64A.$$

4. Числа витков обмоток находим из формулы:  $E = 4,44 f \omega \Phi_m$ .

Тогда  $\omega_1 = \frac{E_1}{(4,44 f \Phi_m)} = \frac{380}{(4,44 \cdot 50 \cdot 0,0025)} = 685$ ;

$$\omega_2 = \frac{E_2}{(4,44 f \Phi_m)} = \frac{12}{(4,44 \cdot 50 \cdot 0,0025)} = 22.$$

5. Коэффициент трансформации  $K = \frac{E_1}{E_2} = \frac{380}{12} = 31,7$ .

## ***Практическая работа***

**Тема:** Составление технологических карт по техническому обслуживанию осветительных электроустановок

**Цель:** Научиться правильности составления технологической карты на техническое обслуживание осветительных электроустановок.

**Материальное обеспечение:** Информационный и презентационный материал, рабочие тетради.

### ***Общие теоретические положения:***

Правильная эксплуатация установок естественного и искусственного освещения играет важную роль для создания высокого уровня освещенности в помещениях и экономии электроэнергии, расходуемой на искусственное электрическое освещение.

Эксплуатация осветительных установок включает в себя:

- 1) регулярную очистку остекления помещений и светильников от загрязнения;
- 2) своевременную замену перегоревших ламп и контроль за постоянством напряжения в осветительной сети;
- 3) реализацию мероприятий, способствующих относительно меньшему загрязнению остекления, как, например, покрытие стекол специальными прозрачными пленками, легко удаляемыми при очистке, и др.;
- 4) повышение общего уровня культуры эксплуатации здания, обеспечивающей в помещениях необходимую чистоту воздуха и отсутствие выброса в атмосферу пыли, дыма, копоти и т. д., а также регулярную уборку помещений, окраску или побелку стен и потолка.

Правильная организация эксплуатации осветительной установки и добросовестный повседневный уход за ней обеспечивают сохранение ее работоспособности и соответствие действующим правилам и нормам. При разработке проекта осветительной установки предусматривается решение вопросов, связанных с обслуживанием светильников и доступом к элементам электрической сети.

При высоте подвеса светильников более 4,5 м (пределная высота для обслуживания со стремянки) для доступа к элементам осветительной установки возможно использование ряда способов. Например, обслуживание с мостовых монтажных, ремонтных и технологических кранов или кран-балок, оборудованных специальными огражденными площадками.

При значительном количестве светильников и размещении их рядами целесообразно устройство специальных светотехнических мостиков, которые располагаются выше кранов и позволяют вести работы по обслуживанию электрооборудования независимо от режима работы кранов и в любое время суток.

При групповом размещении светильников и для обслуживания одиночных светильников может быть предусмотрено устройство огражденных

светотехнических площадок или установка специальных скоб с заспинными дугами.

При наличии технического этажа возможна организация обслуживания светильников с него, а в некоторых случаях предусматривается опускание светильников вниз для обслуживания их с пола. Находит также широкое применение обслуживание светильников с помощью передвижных телескопических вышек и выдвижных лестниц различной конструкции.

Независимо от типа применяемых источников света, для любой осветительной установки имеются общие требования к эксплуатационному персоналу и к организации эксплуатации. Эти требования можно сформулировать следующим образом.

Основное правило эксплуатации сводится к регулярному наблюдению, своевременному ремонту и устранению обнаруженных неполадок в работе всех элементов осветительной установки. Поскольку обнаружить неисправности отдельных элементов установки в большинстве случаев можно только по режиму горения ламп, то необходимо систематически вести журнал эксплуатации, в котором нужно отмечать данные о режиме работы осветительной установки (время горения ламп, смена ламп, время чистки светильников, данные о замере изоляции сети, замена вышедших из строя элементов светильников и их ремонт и др.).

На работу ламп оказывает сильное влияние величина напряжения в питающей сети и ее отклонение от номинального значения, поэтому необходимо следить за поддержанием постоянства напряжения в сети, выявлять и устранять причины резких колебаний напряжения. От четкого контроля режима напряжения питающей сети очень часто зависит фактический срок службы ламп.

Пыль и копоть, осаждаясь на отражающих поверхностях светильников, покрывая тонким слоем рассеиватели и колбы ламп, вызывают дополнительное поглощение светового потока, создаваемого источником света, и тем самым снижают коэффициент полезного действия светильника. Постепенное загрязнение стен и потолков уменьшает их коэффициент отражения, при этом возрастает поглощение ими светового потока, что приводит также к снижению освещенности рабочих мест.

В связи с этим хорошее состояние осветительной установки обусловливается своевременной и тщательной очисткой элементов осветительного электрооборудования от всех видов загрязнений, регулярной покраской стен и потолков помещений и проведением планово-предупредительных осмотров и текущих ремонтов электрооборудования.

**Очистка.** Очищают корпус и конструкции светильников и осветительных установок от пыли щеткой-сметкой и протирают обтирочным материалом. Снимают плафоны и электрические лампы. Плафоны промывают 5 % -ным раствором каустической соды в воде, а затем чистой водой и просушивают. Лампы протирают влажным, обтирочным материалом. Контактные поверхности ламп покрывают тонким слоем технического вазелина.

Частота чистки светильников зависит от многих факторов и в первую очередь от среды освещаемого помещения. Так, светильники в цехах металлургического завода нуждаются в большей частоте обслуживания, чем установленные в коридоре больницы. Точно так светильники в шлифовальной

мастерской должны чиститься чаще, чем светильники в зале заседания, расположенному в том же здании.

Количество чисток, определенные главой II-А, 9-71 СНиП «Искусственное освещение. Нормы проектирования» по количеству пыли, дыма и копоти, содержащихся в воздушной среде помещений и наружных пространств, указаны в табл. 1

Таблица 1. Количество чисток светильников

Освещаемые объекты	Количество чисток
Производственные помещения, в воздушной среде которых содержаться пыль, дым и копоть в количествах: 10 мг/м <sup>3</sup> и более От 5 до 10 мг/м <sup>3</sup> Не более 5 мг/м <sup>3</sup>	Не менее 2 раз в месяц 1 раз в месяц 1 раз в 3 месяца
Вспомогательные помещения с нормальной воздушной средой и помещения общественных и жилых зданий	1 раз в 3 месяца
Площадки промышленных предприятий, в воздушной среде которых содержаться пыль, дым и копоть в количествах: Более 5 мг/м <sup>3</sup> До 0,5 мг/м <sup>3</sup>	1 раз в 3 месяца 1 раз в 6 месяцев
Улицы, площади, дороги, территории общественных зданий, жилых районов и выставок, парки, бульвары	1 раз в 6 месяцев

Проверка состояния контактов, ламп, защитных стекол. Осматривают контакты электрических соединений. Окисленные или подгоревшие контактные поверхности зачищают шлифовальной шкуркой и смазывают техническим вазелином. Проверяют соответствие ламп типу светильника или осветительной установки. Если лампа не горит, вначале ее осматривают, а затем омметром проверяют целостность нити накаливания. При обрыве нити накаливания, трещинах на колбе, повреждениях цоколя лампу заменяют новой. Осматривают защитные стекла светильников. Защитные стекла, имеющие трещины и сколы, заменяют. Проверка крепления. Пошатыванием рукой проверяют надёжность крепления светильника или осветительной установки, пускорегулирующего аппарата, конденсатора, стартера, клеммных колодок, выключателя и других элементов. При необходимости крепежные соединения подтягивают выключатели, переключатели, штепсельные розетки. Рекомендуемые сроки планово-предупредительных осмотров и ремонтов всех перечисленных элементов осветительной установки указаны в табл. 2.

Таблица 2. Рекомендуемые сроки планово-предупредительных осмотров и ремонтов.

Объекты осмотра	Для помещений с нормальной средой и для установок наружного	Для помещений сырых, особо сырых, пыльных, с едкимиарами или
-----------------	---	--

	освещения	газами, пожара-или взрывоопасных
Щитки, выключатели, штепсельные розетки, осветительные приборы и др. осветительные установки	1 раз в 4 месяца	1 раз в 2 месяца
Те же, но относящиеся к аварийному освещению, за исключением розеток штепсельных	1 раз в 2 месяца	1 раз в месяц

Осмотром и проверкой светильников должны устанавливаться: наличие, целостность и надежность закрепления рассеивателей, защитных стекол, экранирующих решеток, отражателей, надежность электрических контактов, состояние изоляции зарядных проводов, должны устанавливаться и устраняться возникающие неисправности в светильниках с люминесцентными лампами, причиной которых могут быть лампы, стартеры, ПРА, ошибки в схеме и др

Проверка уплотнений. Осмотром проверяют состояние уплотняющих прокладок ;и уплотнений проводов. Уплотняющие прокладки и уплотнения должны плотно прилегать к поверхностям и не иметь разрывов и трещин. Поврежденные уплотнения заменяют. Проверка изоляции проводов. Осматривают изоляцию проводов в месте ввода в светильник. Места на проводе с трещинами и обугленными участками изолируют изоляционной лентой. Проверка заземления. Осматривают заземление и при необходимости зачищают контакты.

**Задание к работе:** Составить технологическую карту обслуживания осветительных установок по аналогии.

№ п-п	Вид работ	Срок проведения	Инструменты и приспособления

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Изучить инструкцию к практической работе.
2. Изучить информационный и презентационный материал.
3. Составить технологическую карту ТО осветительных установок.
4. Составить отчет.

#### **Содержание отчета:**

1. Тема.
2. Цель.

3. Материальное обеспечение.
4. Выполненная технологическая карта.
5. Ответы на вопросы.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Что включает в себя эксплуатация осветительных установок?
2. Какие приспособления используются для осмотра осветительных установок при высоте подвеса более 4,5 м?
3. Запишите основное правило эксплуатации осветительных установок.
4. Какая документация заполняется при эксплуатации осветительных установок?
5. Какие документы определяют сроки ТО осветительных установок?

### ***Лабораторная работа***

**Тема:** Измерение сопротивления заземления (4 часа).

**Цель:** Изучить методику проверки целостности заземления электродвигателей.

**Материальное обеспечение:** Информационный материал, рабочие тетради.

**Общие теоретические положения:**

Все электроустановки (смонтированные или реконструированные) согласно Правилам Устройства Электроустановок (ПУЭ) и Правилам Технической Эксплуатации Электроустановок Потребителей (ПТЭЭП) подвергаются регламентированным электрическим испытаниям.

**Виды испытаний (измерений):**

- проверка состояния элементов заземляющих устройств электроустановок
- проверка наличия цепи и замеры переходных сопротивлений между заземлителями и заземляющими проводниками, заземляемыми оборудованием (элементами) и заземляющими проводниками
- измерение (замер) сопротивления заземляющих устройств всех типов (замер заземления)
- измерение (замер) сопротивления изоляций кабелей, обмоток электродвигателей, аппаратов, вторичных цепей и электропроводок, и электрооборудования напряжением до 1000 В

По результатам электрических измерений (испытаний) составляется Технический отчет с окончательным заключением о состоянии смонтированной электроустановки, который подписывает начальник лаборатории и специалисты, проводившие электроизмерения. Обязательным приложением Технического отчета является копия свидетельства о регистрации электроизмерительной лаборатории. Технический отчет включает в себя следующие протоколы:

- Протокол визуального осмотра
- Протокол наличия цепи между заземлителями и заземленными элементами электрооборудования (металлосвязь)
- Протокол проверки сопротивлений заземлителей и заземляющих устройств
- Протокол измерения сопротивления изоляции проводов, кабелей, аппаратов и обмоток электрических машин

Потребителю электроэнергии очень важно отнестись к данным видам работ внимательно, т.к. они позволяют выявить все недостатки электроустановки: фальсифицированные аппараты защиты и коммутации, целостность проводников и наличие хороших контактов, соответствие выполненной электроустановки электропроекту.

Замер сопротивления изоляции:

Сопротивление изоляции измеряется, как правило, для каждого провода относительно остальных заземленных проводов. Если измерения по этой схеме дадут неудовлетворительный результат, то производится замер сопротивления изоляции каждого провода относительно земли (остальные провода не заземляются) и между каждыми двумя проводами.

Если электропроводки, находящиеся в эксплуатации, имеют сопротивление изоляции ниже 1 Мом, то заключение о пригодности делается после испытаний их переменным током промышленной частоты напряжением 1 кВ.

Измерение сопротивления заземляющих устройств (контур заземления):

Измерение сопротивления заземляющих устройств (замер заземления) проводится с целью проверки его соответствия требованиям нормативных документов (ПУЭ гл. 1.8., ПТЭЭП пр. 3).

Для замера сопротивления заземлителей создается искусственная цепь протекания тока через испытываемый заземлитель. Для этого на некотором расстоянии от испытываемого заземлителя располагается вспомогательный заземлитель (токовый электрод), подключаемый вместе с испытываемым заземлителем к источнику напряжения. Для измерения падения напряжения на испытываемом заземлителе при прохождении через него тока в зоне нулевого потенциала располагается зонд (потенциальный электрод).

Для получения как можно более реальных результатов рекомендуется измерения производить в период наибольшего удельного сопротивления грунта. Сопротивление заземляющего устройства определяется умножением измеренного значения на поправочные коэффициенты, учитывающие конфигурацию устройства, климатические условия и состояние почвы. Для заземлителей, находящихся в промерзшем грунте или ниже глубины промерзания, введение поправочного коэффициента не требуется. Измерение удельного сопротивления грунта проводится, когда измеренное сопротивление заземлителя больше проектного значения или не соответствует нормативным

требованиям. В этом случае проверяется допустимая степень этого несоответствия при повышенных удельных сопротивлениях грунта.

Проверка наличия цепи между заземлителями и заземляемыми элементами (металлосвязь):

Измерения производятся с целью определения целостности и непрерывности защитных проводников от измеряемого объекта до заземлителя или магистрали заземления и проводников выравнивания потенциалов, определения сопротивления измеряемого участка защитной цепи и с целью измерения (или отсутствия) напряжения на заземленных корпусах проверяемого оборудования в рабочем режиме.

Качество электрических соединений проверяется осмотром, а сварочных соединений ударами молотка (кувалды) с последующими измерениями цепи. Измерения сопротивления производятся между любой открытой проводящей частью и ближайшей точкой главного проводника системы управления потенциалов. Защитные проводники включают металлические электротехнические трубы, металлические оболочки кабелей.

Замер петли фаза-нуль:

Контур, состоящий из фазы трансформатора и цепи фазного и нулевого проводников принято называть петлей «фаза-нуль».

Измерение сопротивления петли «фаза-нуль» и токов однофазных замыканий проводится с целью проверки надежности срабатывания аппаратов защиты от сверхтоков при замыкании фазного проводника на открытые проводящие части. Проверка надежности и быстроты отключения поврежденного участка сети состоит в следующем: Определяется ток короткого замыкания на корпус  $I_{kz}$ . Этот ток сопоставляется с расчетным током срабатывания защиты испытуемого участка сети. Если возможный в данном участке сети ток аварийного режима превышает ток срабатывания защиты с достаточной кратностью, надежность отключения считается обеспеченной. Ток короткого замыкания  $I_{kz}$  - это отношение номинального напряжения сети к полному сопротивлению петли «фаза-нуль».  $I_{kz}$  сравнивается с нормами ПТЭЭП.

### **Проверка наличия электрической цепи между заземленным оборудованием и заземлителем.**

Целью этой проверки является определение непрерывности и надежности цепи заземления. В заземляющих проводниках, соединяющих оборудование с контуром заземления, не должно быть обрывов и неудовлетворительных контактов.

В простых неразветвленных сетях измерение сопротивления переходных контактов производится непосредственно между заземлителем и каждым заземляемым

элементом. В сложных, разветвленных сетях сначала производится измерение сопротивления между заземлителем и отдельными участками заземляющей магистрали, а потом измерение сопротивления между участком и заземленными элементами. Перед измерением необходимо убедиться в отсутствии напряжения на корпусах проверяемого оборудования. Удобнее всего использовать специально предназначенный для таких проверок омметр типа М-372 (рис. 13.1.).

## Магистраль заземления

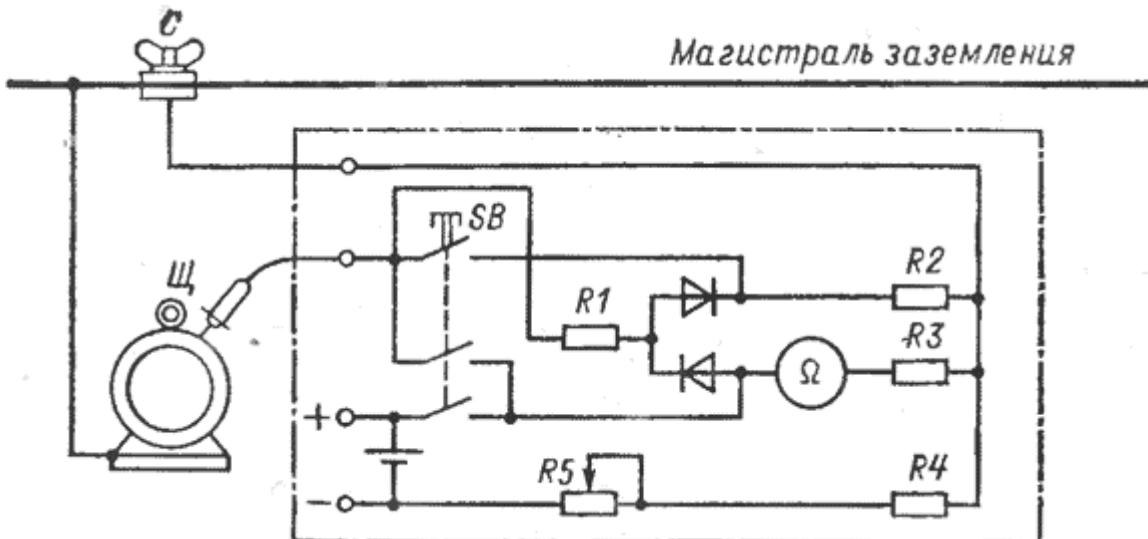


Рис. 13.1. Схема омметра типа М-372

Прибор позволяет обнаруживать напряжение на заземленном (или зануленном) корпусе от 60 (первое деление) до 380 В и измерять сопротивление от 0,1 до 50 Ом. Прибор снабжен ремнем (во время измерений испытатель может повесить его на грудь), струбциной С, при помощи которой один из зажимов прибора присоединяют к защищенному месту на заземляющей магистрали медным гибким проводом сечением 1,5; 2,5 или 4 мм<sup>2</sup>, длина которого соответственно должна быть 3, 5 или 8 м, и щупом Щ с изолирующей рукояткой и присоединенным к нему гибким проводником сопротивлением 0,035 Ом. Присоединив прибор к струбцине и щупу, корректором R5 устанавливают стрелку на нуль, затем нажимают кнопку SB и рукояткой устанавливают стрелку на отметке бесконечность. Отпустив кнопку, касаются острием щупа очищенного от краски места на корпусе проверяемого электроприемника. Если стрелка отклоняется, то на корпусе есть напряжение, и нажимать кнопку нельзя во избежание повреждения прибора. Если напряжения нет, то нажимают кнопку и по шкале оценивают сопротивление, которое в большинстве случаев меньше 0,1 Ом. Сопротивление заземляющих проводников не нормировано, но если оно у какого-то аппарата значительно увеличилось по сравнению с измеренным при последних испытаниях или сильно отличается от сопротивления проводника у других аппаратов, надо тщательно проверить качество переходных контактов цепи, особенно в- месте присоединения заземляющего проводника к корпусу данного аппарата.

Для измерения сопротивлений можно также использовать мосты типов ММВ, УМВ, МВУ или измерители сопротивления заземления типа МС-08, у которых одно деление шкалы при положении переключателя «ИзмерениеХ0,01» соответствует 0,02 Ом, при этом зажимы 1\ и Е1 соединяют со щупом, а /2 и Е2—с магистралью заземления (или наоборот). Во избежание повреждения прибора при плохом контакте щупа с корпусом электроприемника надо начинать вращать рукоятку осторожно.

При измерении" применяются довольно длинные проводники их сопротивление должно быть учтено при определении сопротивления заземляющего проводника. Для присоединения провода к испытуемому объекту используется специальный щуп из трехгранного напильника с изолирующей ручкой. К напильнику вблизи ручки приваривается контактный зажим для провода. Для присоединения к заземлителю или магистрали заземления и получения хорошего контакта провод снабжается струбциной.

Имеются рекомендации о проведении проверки целостности заземляющих проводников путем подачи в проверяемую цепь через реостат и понизительный трансформатор 300—500 В-Л напряжения 12 В. В этом случае разрыв цепи или плохой контакт будут обнаружены по отсутствию тока, колебанию стрелки амперметра или (малому значению тока). Однако этот способ из-за опасности искрения и значительного нагрева в местах плохого контакта недопустим во взрыво- и пожароопасных помещениях.

Измерение электрических сопротивлений во взрыво- и пожароопасных помещениях производится искробезопасным омметром типа М-372И, который имеет неполнонение ИО / водород и может применяться во взрывоопасных помещениях всех классов. Измерение прибором производится только по специальным схемам, исключающим образование опасной искры при включении прибора.

**Задание к работе:** Изучить информационный и презентационный материал и описать методику проверки наличия электрической цепи между заземленным оборудованием и заземлителем.

**Порядок выполнения работы:**

1. Изучить инструкцию к практической работе.
2. Изучить информационный и презентационный материал.
3. Записать методику проверки наличия электрической цепи между заземленным оборудованием и заземлителем.
4. Составить отчет.

**Содержание отчета:**

1. Тема.
2. Цель.
3. Материальное обеспечение.
4. Выполненная работа.
5. Ответы на вопросы.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. На основании каких документов проводится проверка целостности заземления электродвигателей?
2. Перечислите виды испытаний целостности заземления электродвигателя.
3. В каких документах отражаются результаты проверки целостности заземления электродвигателей?

## **Лабораторная работа (2 часа)**

**ТЕМА:** Испытание и регулировка автоматических выключателей типа АП-50 (АП50Б) после ремонта

**КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.** Выполнение механических регулировки испытание автоматических выключателей после текущего ремонта. Выполнение электрических испытаний автоматических выключателей. Выбор испытания и регулировки автоматических выключателей типа АП-50 для защиты конкретного электродвигателя от перегрузки.

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ.** Приобрести навыки определения технического состояния автоматов при текущем ремонте. Уметь выполнять испытание и регулировки автоматических выключателей после текущего ремонта.

**ПРИОБРЕТАЕМЫЕ УМЕНИЯ И НАВЫКИ.** Уметь: выполнять механические испытания и регулировки автоматических выключателей; выполнять электрические испытания автоматических выключателей и делать выводы по их техническому состоянию и пригодности к работе; выполнять выбор, испытания и регулировки автоматических выключателей в соответствии с нагрузкой.

Знать особенности автоматических выключателей типа АП-50Б2МЗТО, АП-50Б2МЗТД, АП-50Б2МЗТН и умение выполнять их испытание и регулировки.

**МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ-** лаборатория.

**ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА.** Стенд МИИСП или УН-13; автоматические выключатели типа АП-50Б3МТ, АП-50Б2МЗТО, АП-50Б2МЗТН, АП-50Б2МЗТД; мегомметр М 4100 на 500 или 1000 В.

## **ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ**

1. Выполнять требования техники безопасности согласно ПТЭ и ПТБ в электроустановках напряжением до 1000 В.
2. Испытание производить только после ознакомления с работой стенда и получения разрешения на испытание.
3. Переход с одного вида испытаний на другой осуществлять только после проверки схемы и разрешения преподавателя.
4. По окончании работы сдать рабочее место преподавателю.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРИ ДОПУСКЕ К РАБОТЕ**

1. Что называется автоматическим воздушным выключателем?
2. Что такое номинальный ток автомата?
3. Что такое номинальный ток расцепления?

4. Какое назначение имеет тепловой (зависимый от тока) расцепитель?
5. Какое назначение имеет электромагнитный расцепитель?
6. Какое назначение имеет нулевой расцепитель или отсечка?
7. Какое назначение имеет минимальный расцепитель?
8. Как выполнить испытания и регулировки теплового ( зависимого ) расцепителя автомата?
9. Каковы пределы регулировки зависимого расцепителя на автомате?
10. Как проверить на стенде работоспособность электромагнитного расцепления?
11. Как проверить на нагрузочном стенде работоспособность отсечки?
12. Как проверить работу расцепителя минимального напряжения?
13. Как проверить работу дистанционного расцепителя автомата?
14. Как измерить сопротивление изоляции автомата?
15. Каков объем механических проверок и испытаний?

## **ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

1. Выполнить механические регулировки и испытания. Результаты измерений и испытаний отразить в таблице 1  
Сделать вывод по результатам механических измерений и испытаний.

### **ВЫВОД**

---

**Таблица 1**

№ п/п	Выполняемые измерения, испытания и проверки	Способ регулировки и испытаний	Результат замеров и регулировок	Допустимые значения согласно паспортным данным
1.	Одновременность замыкания контактов. Определяется визуально	С помощью овальных отверстий на подвижной части линейных контактов		Допускается неравномерность $\leq 0,5$ мм
2.	Зазор между линейными контактами в отключенном состоянии	Замером линейкой. (штангенциркулем). Регулировка овальными отверстиями.		Согласно данным завода- изготовителя
3.	Провал контактов	Измерение с помощью щупа		Согласно данным завода- изготовителя
4.	Механическая проверка работы теплового расцепителя	Нажатие регулировочным винтом на планку расцепителя		Отключение автомата
5.	Механическая проверка работы электромагнитного расцепителя	Нажатие на втягивающийся сердечник спицой		Отключение автомата. Сердечник должен возвратиться в исходное

				положение.
6.	Проверка работы выключателя путем включения и отключения.	Нажмите рукой на кнопку включения и выключения.		Отключение должно быть мгновенным, независимо от скорости нажатия.

## ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ

- 1.1.1. Мегомметром на 500 или 1000 В измерить сопротивление изоляции, результаты измерений занести в таблицу 2, сравнить с допустимыми и сделать вывод.
- 1.2. Методика расчета, испытания и регулировки автоматов типа АП-50Б (АП-50) для защиты электродвигателей от перегрузки. Данные и результаты расчета занести в таблицу 4 и сделать вывод.

Таблица 2.

№ п/п	Части автомата, между которыми выполнить измерение	Результат измерения, МОм	R, доп, Мом ПТЭ и ПТБ, табл.39	Вывод
1.	Между верхними и нижними зажимами каждого полюса в отключенном положении – три замера (рис.1а)	R <sub>1</sub> = R <sub>2</sub> = R <sub>3</sub> =	0,5	
2.	Между полюсами во включенном положении автомата –три замера (рис.1б)	R <sub>1</sub> = R <sub>2</sub> = R <sub>3</sub> =	0,5	
3.	Между токоведущими частями и корпусом во включенном состоянии автомата (рис.1в)	R=	0,5	
4.	Между катушкой минимального напряжения и сердечником	R=	0,5	
5.	Между катушкой дистанционного расцепителя и корпусом	R=	0,5	

- 1.2.1. По заданию преподавателя из таблицы 3 получить конкретный электродвигатель, который необходимо защитить от перегрузок.

Таблица 3.

№п/п	Тип двигателя	При нормальной нагрузке		Кратность пускового тока	Температура воздуха, где уст.авт выкл., t окр.С	Ток номинал. расцепит. автом. I н.р., А	Пределы регулировки уставки автомата I уст, А
		Мощность, кВт	сила тока статора, А				

1	4A90L2У3	3,0	6,1	6,5	20	6,3	6,3...4
2	4A100S2У3	4,0	7,8	7,5	15	10	10...6,3
3	4A100L2У3	5,5	10,5	7,5	35	16	16...10
4	4A112M2У3	7,5	14,9	7,5	10	16	16...10
5	4A132M2У3	11,0	21,2	7,5	20	25	25...16
6	4A160L2У3	15,0	28,5	7,0	18	40	40...25
7	4A160M2У3	18,5	34,5	7,0	25	40	40...25
8	4A180L2У3	22,0	41,6	7,5	20	50	50...40
9	4A180M2У3	30,0	56,0	7,5	16	63	63...50

1.2.2. Определить ток уставки автомата в зависимости от температуры воздуха, где будет установлен автомат

$$I_{\text{уст}} = \underline{\hspace{10mm}}$$

Где  $I_n$  – номинальный ток двигателя (табл.3)

$\alpha$ - температурный коэффициент,  $\alpha = 1 + 0,006 (40 - t_{\text{окр}})$ ;

$t_{\text{окр}}$ - температура воздуха, где будет эксплуатироваться автомат (табл.3);

40- температура настройки автомата на заводе- изготовителе.

1.2.3. С помощью рычага регулировки установить ток уставки —  $I_{\text{уст.}} =$

1.2.4. Подключить автомат к нагрузочному стенду, как показано на рис. 2. Автомат должен находиться во включенном положении, секундомер – в отключенном. Предел по току нагрузки выбрать с учетом двухкратной перегрузки электродвигателя.

1.2.5. С помощью регулятора напряжения через нагрузочный трансформатор задать двухкратный ток перегрузки электродвигателя. (Двигатель перегружается от номинала).

$$I_{\text{пер.}} = 2 \cdot I_n, I_n \text{ – из таблицы 3 заданного эл.двигателя}$$

1.2.6. Отключить стенд от сети и включить секундомер.

1.2.7. Охладить нагревательный элемент с помощью вентилятора.

1.2.8. Включить общий выключатель стендса.

1.2.9. Время срабатывания автомата при двухкратной перегрузке сравнить с заводской характеристикой (рис.3). Время срабатывания должно находиться в пределах 35...100 секунд. За это время электродвигатель в реальных условиях при двухкратной перегрузке не сгорит. Если время срабатывания автомата выйдет за пределы  $t_{\text{ср}} > 100$  с, то рычаг регулировки опустить вниз, лучше это сделать сразу при времени  $t=100$  с до момента срабатывания автомата, после чего вентилятором охладить нагревательный элемент и снова уточнить время срабатывания.

При  $t_{\text{ср}} < 35$  с автомат будет отключаться при технологических перегрузках, рычаг регулировки поднять вверх и снова уточнить время срабатывания.

Аналогично выполняют испытание и регулировки других полюсов.

Таблица 4.

№ полюса	Номинал.ток электродвига	T окр., C	$\alpha$	$I_{\text{уст.}}, A$	$I_{\text{пер.}} = 2 I$	Tср,C	Tдоп по характеристи	Сведения о дополнительных
-------------	-----------------------------	--------------	----------	----------------------	-------------------------	-------	-------------------------	------------------------------

	теля,А				н.д., А		ке (рис.3),с	изменениях Іуст и др.
1								
2								
3								

Если при испытании других полюсов использовали рычаг для подрегулировки, то необходимо для уточнения времени срабатывания вернуться на уже отрегулированный полюс автомата. Если подрегулировки следующих полюсов велись с помощью регулировочного винта воздействующего на планку расцепителя, то возвращения для уточнения времени срабатывания уже проверенных полюсов не требуется. После выполнения испытаний с помощью винта закрепить рычаг регулировки в установленном положении.

**Примечание.** 1. Существует несколько методов и рекомендаций испытаний автоматов, например при перегрузке:  $I_{пер} = 1,35 I_n$ ;  $I_{пер} = 1,5 I_n$ ;  $I_{пер} = 6 I_n$ .

2. Если испытание выполняется при других кратностях перегрузки, то время срабатывания автомата можно сравнить с заводской характеристикой (рис.3). Малые перегрузки в производственных условиях требуют затрат времени, что экономически неоправдано.

Большие кратности приводят к резкому нагреву и короблению нагревательного элемента. Поэтому наиболее оптимальной можно считать двухкратную перегрузку

Вывод по регулировке автомата \_\_\_\_\_

---



---

1.3. Проверка правильности выбора и испытания электромагнитного расцепителя автомата. Результаты расчета и испытаний отразить в таблице 5 и сделать вывод.

2.3.1 Проверить выбранный автомат на возможность срабатывания при пуске электродвигателя.

$$I_{пуск} = I_n \cdot K_{пуск}, A$$

где  $I_n$  – номинальный ток двигателя согласно таблице 3 для заданного двигателя;

$K_{пуск}$  – кратность пуска (табл.19.3).

$$I_{max} = 1,25 \cdot I_{пуск}, A,$$

где  $I_{max}$  – максимальный ток, А.

$$I_{уст.эл.р} = I_{n.p.} \cdot K_{авт}, A$$

где  $I_{n.p.}$  – номинальный ток расцепителя автомата (табл.3, графа «7»);

$K_{авт}$  – кратность, указанная на крышке автомата: «7» или «11».

Чтобы двигатель не отключался при пуске, должно быть соблюдено условие

$$I_{max} < I_{уст.эл.р}$$

2.3.3. Подключить автомат к стенду, как показано на рис.2. Секундомер отключить. Испытуемый автомат должен быть включен. Клеммы стенда, которым подключен автомат, должны соответствовать максимальному току-  $I_{max}$ . С помощью регулятора резко задать ток до значения, при котором сработает автомат, после чего убедиться в том, что отключение произошло от действия электромагнитного элемента, а не теплового, для этого необходимо включить испытуемый автомат. Если он останется включенным, то сработал тепловой. Ток, при котором сработал автомат (по амперметру стенда), сравнить Суст.эл.р.

Таблица 5.

I н.дв., A	Iпуск.дв, A	$I_{max}$ , A	Iн.р.авт (табл.19.3. п.7), A	Iуст.эл.р, A	Iср.эл.р, на стенде,A	$\Delta I, A$	$\gamma, \%$	паспорт, $\gamma_{доп.}, \%$	$I_{max} < I$ ср.эл.расц. на стенде
								15	

$$\Delta I = I_{ср.эл.р} \text{ на стенде} — I_{уст.эл.р};$$

$$\Delta I = \text{_____} \cdot 100\%$$

## ВЫВОД

---

### 1.4. Испытать отсечку автомата АП- 50Б2МЗТО.

1.4.1. Подключить автомат к стенду, как показано на рис.4 к клеммам, соответствующим отсечки. Автомат должен быть во включенном положении.

1.4.2. Плавно увеличивать ток до отключения автомата.

1.4.3. Сравнить ток срабатывания автомата по амперметру с уставкой тока срабатывания отсечки. Результаты отразить в таблице 6 и сделать вывод.

Таблица 6.

Iн.р.= $I_{ср.отс.}, A$	$I_{ср.отс.}$ на стенде, A	$\Delta I, A$	$\gamma, \%$	Допустимые отклонения от паспортных данных $\gamma_{доп.}, \%$	Вывод
				15	

$$\text{где } \Delta I = (I_{ср.отс.паспорт.} — I_{ср.отс.на стенде}) ; \quad \gamma = \text{_____} \cdot 100\%.$$

1.4.4. Подключить электродвигатель (рис.5), занулив корпус через расцепитель. С помощью штанги выполнить короткое замыкание фазы на корпус и убедиться в защитных свойствах отсечки автомата.

1.5. Проверить расцепитель минимального напряжения (рис.6). Результаты отразить в таблице 7.

1.5.1. Подключить автомат к розетке (рис.6), регулятор поставить в положение «плавно».

1.5.2. По катушке расцепителя определить номинальное напряжение (указано в паспорте).

1.5.3. Опробовать включение автомата без напряжения. Он не должен включаться.

1.5.4. Подать на катушку напряжение 80%  $U_h$ , включить автомат (он должен включаться).

1.5.5. С помощью латра плавно снижать напряжение до момента отключения автомата. Напряжение отключения должно быть не менее 50%  $U_h$  (при необходимости регулируют винтом). Предел срабатывания должен быть (0,7...0,5)  $U_h$  кат.

$U_{н. кат.}$  - номинальное напряжение катушки 127,220,380 В.

1.6. Проверить работу дистанционного расцепителя автомата АП-50Б2МЗТД.

Результаты отразить в таблице 7.

1.6.1. На катушку расцепителя «Д» подать напряжение:  $U = U_h$  ;

$$U = 0,75U_h \quad U = 1,1U_h .$$

Автомат при этих значениях напряжения должен срабатывать (отключаться).

Сделать выводы о пригодности автоматов к эксплуатации.

Таблица 7.

Расчетные и коммутационные данные	Автомат с минимальным расцепителем				Автомат с дистанционным расц.			
	$U$ кат.авт.В	Напр.вкл люч. автомата $U=0,8$ $U_{н.к.}, В$	Нapr.откл люч. автомата $U=$ $(0,5...0,7)$ $U_{н.к.}, В$	Опробование При $U=0$	$U$ кат.авт омата В	$U=0,75$ $U_h, В$	$U_h, В$	$U=1,1$ $U_h, В$
Напряжение, В								
Коммутац.способность автомата								

## ВЫВОД

**ВЫВОДЫ И АНАЛИЗЫ.** Обобщить результаты испытания по всей программе. Сделать выводы о пригодности испытуемого аппарата к эксплуатации. Сделать возможные предложения по совершенствованию испытаний, дать рекомендации и схемы, позволяющие ускорить процесс испытаний

---

---

## **ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЧЕТА**

1. Какие последствия возможны при несоблюдении требований по механическим проверкам и испытаниям?
2. Как выбрать уставку теплового расцепителя для защиты электродвигателя от перегрузок?
3. Как выбрать уставку электромагнитного расцепителя автомата для защиты электродвигателя от коротких замыканий?
4. Почему при выборе уставки электромагнитного расцепителя необходима отстройка от максимального (пускового тока)?
5. В какую сторону (на увеличение или уменьшение уставки) необходимо Передвинуть рычаг регулировки уставки, если в помещении, где установлен электродвигатель, температура «— 20С»?
6. В каком случае можно допустить регулировку зависимого расцепителя на время меньшее заводской характеристики?
7. Можно ли выполнить регулировку и настройку автомата по рабочему току?
8. Можно ли уставку отсечки в нулевом проводе предусмотреть на заводе - изготовителе меньше, чем Ін.р. ?
9. Для какой цели используется дистанционный расцепитель автомата?
10. Почему испытания дистанционного расцепителя проводят при напряжении, отличном от номинального?
11. Почему при выборе автомата для защиты электродвигателей при коротких замыканиях нельзя уменьшить ток уставки электромагнитного расцепителя меньше семи?
12. Для каких целей выпускают автоматы с уставкой электромагнитного расцепителя на кратности меньше семи?
13. Для каких технологических процессов используются автоматы с минимальным расцепителем?

## **Лабораторная работа**

Дефектация асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором  
(2 часа).

### **Цель работы:**

1. Выполнить дефектацию электродвигателя.
2. Составить дефективную ведомость.
3. Устранить обнаруженные неисправности в обмотке статора и сборочных единицах с подшипниками.

**Методика выполнения работы.** Перед выполнением задания следует проверить, подготовлено ли рабочее место в соответствии с правилами безопасности. При дефектации электродвигателя необходимо, используя современные диагностические средства, проконтролировать целостность статорной обмотки; определить, нет ли замыканий между фазными обмотками, обмотками и корпусом, а также межвитковых; проверить, нет ли обрывов стержней короткозамкнутого ротора в собранном и разобранном электродвигателе; найти неисправности в сборочных единицах с подшипниками.

**Инструменты:** Монтерский инструмент, набор ключей.

**Оборудование:** Асинхронный электродвигатель с к.з. ротором, мегаомметр М 4100/4 на 1000 В, омметр, электромагнит.

**Материалы:** Монтажные провода.

<b>№№ п/п</b>	<b>Содержание и последовательность выполнения задания</b>	<b>Тех. условия</b>
1.	Подготовить рабочее место, оборудование, инструментов, ознакомиться с правилами техники безопасности, лекционным материалом и методическими пособиями.	Руководствоваться методическими пособиями на рабочем месте.
2.	Провести дефектацию двигателя в сборе, выявить механические и электрические неисправности, затем разобрать электродвигатель, выполнить дефектацию	Подачу напряжения к установке и отключение выполняет преподаватель

	<p>механической части: посадочные места подшипника в подшипниковых щитах, вала ротора; электрическую часть: мегаомметром проверить на обрыв цепи в обмотках; замыкание между фазными и обмотками, обмоткой и корпусом; межвитковые замыкания. Выявляются контрольной лампой, омметром, либо одним из методов: симметрии токов или напряжений; милливольтметра; электромагнита.</p>	
3.	<p>Составить дефектную ведомость. Устранить обнаруженные неисправности составить письменный отчет о проделанной работе.</p>	
<p><b>Контрольные вопросы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Назовите виды ремонтов электрических машин и сроки их проведения.</li> <li>Перечислите операции текущего ремонта.</li> <li>Назвать Виды неисправностей электродвигателя с к.з. ротором.</li> </ol>		

## **Лабораторная работа**

**Испытания асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором после ремонта (2 часа).**

**Цель работы:** Освоить методику испытания асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором после ремонта.

**Задания:**

1. Измерить сопротивление изоляции между обмотками и относительно корпуса.
2. Испытать обмотку статора повышенным напряжением промышленной частоты.
3. Найти сопротивление обмоток статора постоянному току.
4. Определить зазоры между стальными частями ротора и статора.
5. Измерить вибрацию подшипников электродвигателя.
6. Проверить работу электродвигателя в режиме холостого хода.
7. Дать заключение о работоспособности электродвигателя ремонта.

**Методика выполнения работы.** Перед выполнением задания следует проверить, подготовлено ли рабочее место в соответствии с правилами безопасности. Все операции послеремонтных испытаний электродвигателя необходимо проводить в последовательности, указанной в задании. Допустимые значения сопротивления изоляции электродвигателей и испытательных напряжений должны отвечать нормам, приведенным в ПУЭ. Нормированное испытательное напряжение прикладывают в течение 1 мин.

**Инструменты:** Монтерский инструмент, стальной щуп.

**Оборудование:** Асинхронный электродвигатель с к.з. ротором, мегаомметр М 4100/4, омметр, лабораторный трансформатор, амперметры 3 шт., ватемтр.

**Материалы:** Монтажные провода.

<b>№№ п/п</b>	<b>Содержание и последовательность выполнения задания</b>	<b>Тех. условия</b>
1.	Подготовить рабочее место, оборудование, инструменты, материалы по лекционному материалу и методическим указаниям, литературе изучить методику испытания электродвигателя после ремонта и технику безопасности при испытаниях повышенным напряжением.	
2.	Подключить обмотку статора к испытательной аппаратуре: мегаомметром измерить сопротивление изоляции между обмотками и	Испытания проводить вдвоем, после испытаний снять

	относительно корпуса. Сопротивление должно быть не менее 0,5 МОм.	остаточный заряд замыканием обмоток на корпус
3.	Испытать обмотку статора повышенным напряжением промышленной частоты лабораторным трансформатором при испытательном напряжении 1000 В.	
4.	Собрать схему включения электродвигателя в сеть, подключить в разрыв фаз 3 амперметра и ваттметр. Включить электродвигатель и проверить показания амперметров и ваттметра в режиме холостого хода. Полученные значения тока х.х. не должно отключаться по фазам.	
5.	На основании зафиксированных данных дать заключение о работоспособности электродвигателя. Запомнить отчет по лабораторной работе.	

#### **Контрольные вопросы:**

1. Как производится ремонт валов ротора электродвигателя?
2. Что дает опыт холостого хода при контрольных испытаниях электродвигателя?
3. Перечислить операции капитального ремонта электродвигателя.

## Дефектация силового трансформатора перед ремонтом

**Цель работы:** Получить навыки в определении неисправностей трансформаторов, принимаемых в ремонт. Научиться составлять дефектную ведомость.

### Задания:

1. Освоить методику дефектации трансформатора.
2. Изучить техническую и эксплуатационную документацию, необходимую при ремонте трансформаторов.
3. Запомнить дефектную ведомость и определить объем ремонта.

**Методика выполнения занятия.** Преподаватель выделяет учащемуся конкретный силовой трансформатор и выдает необходимые приборы, техническую и эксплуатационную документацию.

**Инструменты:** Монтерский инструмент, набор ключей.

**Оборудование:** Силовой трансформатор. Амперметры 3 шт., мегаомметр напряжением 25 кВ или 1 кВ, омметр.

**Материалы:** Монтажные провода, ветошь для обтирки деталей.

№№ п/п	Содержание и последовательность выполнения задания	Тех. условия
1.	Освоить методику дефектации трансформатора, изучить лекционный материал и методические разработки по ТО и ремонту трансформаторов.	Преподаватель выдает методические разработки
2.	Изучить техническую документацию, паспорт на силовой трансформатор (напряжение, схемы соединения обмоток, токи х.х. и к.з.).	Паспорт прилагается к рабочему месту трансформатора.
3.	Заполнить дефектную ведомость при наружном осмотре трансформатора. Проверить мегаомметром сопротивление. Обмоток между фазами, фазами и корпусом, на обрыв. Подключить к обмоткам высшего напряжения последовательно амперметры, подать на них напряжение 380 В. (Вторичная обмотка вывода разомкнуты), если токи у всех амперметров одинаковы обмотки исправны, нет виткового замыкания и одинаковое количество витков в каждой фазе.	Выключает и отключает установку преподаватель.
4.	Разобрать трансформатор, снять верхнюю крышку, поднять обмотки и произвести дефектацию обмоток, магнитопровода, выводов к переключателю напряжения. Определить объем ремонта.	При подъеме магнитопровода с обмотками соблюдать осторожность, жестко зафиксировать, после подъема

### Контрольные вопросы:

1. Перечислить основные неисправности трансформаторов, их признаки и причины.

- 
2. Основные требования, предъявляемые при приемке трансформаторов в ремонт.
  3. Перечислите особенности дефектации изоляции трансформатора.

<b>ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА</b>		
<b>Приёмка асинхронного двигателя</b>		
<b>в капитальный ремонт</b>		
<b>№ п/п</b>	<b>Операция</b>	<b>Порядок проведения</b>

1	Составление приемосдаточного акта	Указываются паспортные данные электродвигателя (напряжение, сила тока, частота, скорость и т.д.) и пожелания заказчика изменить или сохранить эти характеристики. Отмечают комплектность узлов и деталей и видимые неисправности (сколы, трещины, отсутствие краски и т.д.)
2	Предремонтные испытания.	<p>Внешний осмотр. В результате внешнего осмотра выявляются видимые неисправности (трещины, сколы и т.д.).</p> <p>Проводятся следующие испытания:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• режим холостого хода</li> <li>• замер сопротивления изоляции с помощью мегомметра</li> <li>• замер номинального тока при нагрузке и измерение температурного режима</li> </ul>
3	Разборочно-дефектовочные работы.	<p>Разборка двигателя</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Снятие кожуха и крыльчатки вентилятора</li> <li>• Снятие крышки подшипника.</li> <li>• Фиксируют метками взаиморасположение станины и подшипниковых щитов, снимают щит со стороны вала, а затем - задний щит.</li> <li>• Вывод ротора из расточки статора.</li> <li>• Статор и ротор передают на дальнейший ремонт.</li> </ul> <p>Снятие поврежденной обмотки (одним из трех способов).</p> <p>Мойка и промывка деталей.</p> <p>Дефектовка деталей.</p>
4	Изоляционно-обмоточные работы	<p>Подготовка изолирующих деталей      Укладка пазовой изоляции в статор      Изготовление катушек.      Укладка катушек в статор, установка межфазной изоляции и пазовых клиньев      Бандажирование лобовых частей      Изготовление и приварка вводных частей      Изготовление и приварка выводных концов</p> <p>Испытание схемы и изоляции обмотки до пропитки      Пропитка и сушка обмотки</p>
	Слесарно-механические работы	<p>Скрепление листов статора и ротора сваркой при расpuschenie      Устранение трещин, откол лап, износ и срыв резьбы в отверстиях для крепления подшипниковых щитов      Исправление вала Замена подшипников</p>

	Комплектование деталей	Сборка статора и ротора, подготовка к полной сборке двигателя при этом производим доукомплектовку недостающих деталей и замену изношенных болтов и гаек.
5	Сборочные работы	<p>Сборка двигателей.</p> <p>Сборку двигателя проводят теми же приспособлениями и инструментами, что и разборку. Электродвигатель собирают в такой последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• надевают на вал внутренние фланцы</li> <li>• на шейку вала до упора в заплечики насаживают подшипники</li> <li>• надвигают на задний подшипник подшипниковый щит</li> <li>• соединяют подшипниковый щит с внутренним фланцем</li> <li>• вводят передний подшипниковый щит</li> <li>• закрепляют все узлы и детали</li> <li>• ставят крыльчатку и кожух</li> </ul> <p>Проверка правильности сборки.</p>
6	Послеремонтные испытания	<p>Измерение сопротивления изоляции обмоток между собой и относительно корпуса.</p> <p>Измерение сопротивлений обмоток постоянному току.</p> <p>Испытание электрической прочности изоляции обмоток между собой и относительно корпуса.</p> <p>Испытание электрической прочности между витковой изоляции обмоток.</p> <p>Определение тока и потерь холостого хода.</p> <p>Определение напряжения и потерь короткого замыкания.</p>
7	Отделочные работы	Окраска двигателя (эмалью или нитроэмалью)

## Лабораторная работа

### Испытание электрооборудования распределительного устройства после ремонта на примере разъединителя.

**Цель работы:** Освоить методику испытания оборудования выше 1000 В на примере разъединителя на напряжение 10 кВ.

**Контрольные вопросы при допуске к работе.**

1. Какова цель испытания электрооборудования после ремонта?
2. Каким прибором и как измерить сопротивление изоляции разъединителя?
3. Как испытать разъединитель повышенным напряжением промышленной частоты?
4. Как измерить сопротивление контакта мостом постоянного тока?
5. Как измерить усилие вытягивания ножа из подвижного контакта и для какой цели выполняют измерение?
6. Какой документ оформляют по результатам испытаний?
7. Какова частота вращения рукоятки мегомметра и время измерения для оценки сопротивления изоляции?
8. Какие требования техники безопасности необходимо соблюдать перед началом и в процессе испытаний?

### **Вопросы для зачета.**

1. Какие нормативными документами определяется перечень испытания оборудования?
2. Из каких основных элементов состоит высоковольтная испытательная установка?
3. Какова работа схемы при выполнении испытаний корпусной изоляции разъединителя?
4. Каким образом можно определить неисправный изолятор, если наступил пробой при испытаниях корпусной изоляции разъединителя?
5. Какова неисправность, если при измерении сопротивления контактных соединений результаты измерений больше нормированных?
6. Чем отличается электрооборудование с нормальной изоляцией от электрооборудования с облегченной изоляцией? Каковы требования к их испытаниям?
7. Что понимают под ненормированной величиной при испытаниях?
8. Какова скорость подъема напряжения при испытаниях электрооборудования повышенным напряжением промышленной частоты?

## **Лабораторная работа**

### **Диагностика отдельных элементов средств автоматизации**

**КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.** Определение неисправности наиболее часто встречающихся элементов схем автоматизации сельскохозяйственных электроустановок с помощью тестера и контрольной лампочки. Определение характера неисправности, возможности или невозможности восстановления. Анализы и выводы о возможных причинах возникновения неисправности.

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ.** Приобрести практические навыки по определению неисправностей отдельных элементов схем автоматизации.

**ПРИОБРЕТАЕМЫЕ УМЕНИЯ И НАВЫКИ.** Уметь: определять исправность или неисправность диода, транзистора с помощью лампочки и тестера; определять неисправности катушек пусковой аппаратуры, конденсаторов, резисторов, фотоэлементов с помощью тестера; определять неисправность тиристоров; делать анализ неисправности, определив

причину выхода из работы вышеуказанных элементов, используемых в схемах автоматизации..

### **МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ-** лаборатория.

**ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА.** Понижающий трансформатор, тестер типа ТЛ-4, диоды, триоды, тиристоры, конденсаторы, фотоэлемент (фоторезистор), катушки реле магнитного пускателя, резисторы, селеновые столбики (выпрямитель), герконовое реле.

### **ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ**

5. Выполнять требования техники безопасности согласно ПТЭ и ПТБ до 1000 В и инструкции по технике безопасности, которая находится в лаборатории.
6. При переходе от одной схемы к другой необходимо отключать общий автомат на рабочем месте и вывешивать плакат «Не включать. Работают люди», проверить отсутствие напряжения.
7. По окончании работы сдать рабочее место преподавателю.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРИ ДОПУСКЕ К РАБОТЕ**

16. Как подготовить прибор к работе?
17. Как проверить исправность диода с помощью омметра?
18. Как проверить исправность диода с помощью контрольной лампочки?
19. Как проверить исправность транзистора с помощью омметра и лампочки?
20. Как проверить исправность транзистора?
21. Объясните, как определить неисправности резистора, конденсатора, катушки, фоторезистора, селенового выпрямителя, герконового реле?
22. Как определить выводы транзистора с помощью тестера («Э», «Б», «К»)?

### **ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

1. Проверка исправности диода с помощью омметра ( в данном случае прибором ТЛ-4М).
  - 1.1. Перед проверкой определить исправность прибора и выполнить его настройку.
    - 1.2. Установить переключатель пределов измерения на «Ом», поставив переключатель на предел измерений « $\times 10$  Ом».
    - 1.3. замкнуть выводные концы прибора и с помощью потенциометра «установка «0» (рис.18.1) установить стрелку измеряемого прибора на ноль «0». Установку стрелки на «0» необходимо выполнять при каждом пределе измерений. Разомкнуть выводные концы (рис.18.2), при этом прибор должен показать « $\infty$ » (бесконечность).

Прибор готов к измерениям.

**Внимание.** Прибор ТЛ-4М и другие комбинированные приборы (тестеры) конструктивно выполнены так, что обозначение выводной клеммы «+» соответствует в действительности «—». Это учтено на приведенных схемах.

В диодах может быть пробой или разрыв: при пробе прибор покажет «0», при обрыве — « $\infty$ ». Если диод исправен, то прибор при прямой проводимости покажет несколько Ом (рис.18.3), а при обратной проводимости – бесконечность « $\infty$ » - сотни килоом (рис.18.4). результаты измерений занести в таблицу 18.1.

2. Проверка исправности диода с помощью контрольной лампочки.
  - 2.1. Взять аккумуляторную батарею на 6-12 В или понижающий трансформатор с выпрямителем, собрать схему (рис.18.5). При прямой полярности лампа горит, при обратной погаснет. Значит, диод исправен. Если при прямой и обратной полярности лампочка горит, значит, диод пробит. Если прямая и обратная проводимость « $\infty$ » - значит, выгорел внутренний слой проводимости.
  - 2.2. Выполнить измерения трех диодов по заданию преподавателя, сделать вывод о их пригодности, а если диод неисправен, объяснить причину его выхода из работы. Результаты измерений отразить в таблице 18.1.
3. Проверка транзисторов с помощью контрольной лампочки. (По заданию преподавателя определить исправность двух- трех транзисторов).
  - 3.1. По справочнику определить выводы транзистора: «Б»- база, «Э» - эмиттер, «К» - коллектор.

Для испытуемых транзисторов КТ803А и П214В выводы показаны на рис.18.6.

    - a. Используя схему (рис.18.7), проверить переход «Б –К» (база – коллектор). При исправном переходе лампа горит (рис.18.7), при изменении полярности (на базу «Б» подать «+», а на коллектор «-») лампочка гаснет. В этом случае переход в норме. Если лампочка горит при прямой и обратной полярности, то переход пробит. Если не горит при прямой и обратной полярности – выгорел проводимый слой.
    - b. Используя схему (рис.18.8), проверить переход «Б-Э» (база- эмиттер). Аналогично, как в пункте 3.2, проверить переход, подав «+» на «Э», а «-» на «Б», а потом наоборот. При исправном переходе лампочка будет гореть при прямой полярности и гаснуть при обратной.
    - c. Проверить работу транзистора по схеме (рис.18.9). Коснуться выводом «С» Базы, транзистор откроется, лампочка загорится. Отсоединить вывод «С» от базы, транзистор закроется. Такие опыты выполнить для трех транзисторов. Результаты измерений отразить в таблице 18.1.
  8. Проверка транзисторов с помощью омметра (тестера).
    - 4.1. Переход «Э-Б» - прямая проводимость, омметр покажет от нескольких Ом до десятков Ом (рис.18.10).
    - 4.2. Обратная проводимость переход «Э-Б», омметр покажет от нескольких сот Ом до тысячи Ом (рис 18.11).
    - 4.3. Переход «К-Б» (коллектор – база) прямая проводимость, омметр покажет от нескольких Ом до десятков Ом (рис.18.12). Обратная проводимость - сотни и тысячи Ом в зависимости от типа транзистора и его мощности (рис.18.13). Результаты измерений занести в таблицу 18.1.

5. Проверка исправности тиристоров. (Выполнить проверку трех тиристоров

«Т-150», «КУ-201», «ТС» и сделать заключение о техническом состоянии тиристоров).

5.1. Проверить сопротивление тиристора между анодом и катодом (рис.18.14) в прямом направлении и поменяв выводы омметра в обратном (рис.18.14, штриховой линией). Омметр должен показать сотни килоом « $\infty$ » в прямом и обратном направлениях. Если покажет «0», то тиристор пробит. Причина – перегрузка по току силовой цепи или короткое замыкание в силовой цепи.

5.2. проверить сопротивление между анодом и управляющим электродом, как показано на рис.18.15, тестер покажет малое сопротивление (несколько Ом или несколько десятков Ом) в зависимости от типа и мощности тиристора. В этом случае тиристор исправный. Если омметр покажет «0» - пробой и « $\infty$ » - выгорел слой, то тиристор непригоден к эксплуатации. Результаты измерений занести в таблицу 18.1.

**Примечание.** Если тиристор управляется по катоду, то проверку выполнять соответственно между катодом и управляющим электродом.

6. Проверка фоторезистора. Собрать схему (рис.18.16), омметр покажет несколько сот килоом (измерять на больших пределах « $\times 10^3$ »).

При освещении фоторезистора светом лампочки или спички стрелка отклоняется вправо, сопротивление уменьшается. Если сопротивление в затененном и освещенном состоянии не изменяется, то фоторезистор непригоден. Результаты измерений занести в таблицу 18.1.

7. Проверка конденсатора. Собрать схему (рис.18.17). Омметр на пределе « $\times 10$ »

(Омметр покажет « $\infty$ » бесконечно большое сопротивление. При изменении полярности выводов омметра (рис.18.17, штриховая линия) возникает всплеск в сторону уменьшения сопротивления и опять стрелка прибора устанавливается на бесконечность. Если омметр покажет «0» - пробит.

Конденсатор можно проверить, присоединив его к сети на 5-10 секунд, после чего выводные концы закоротить отверткой с изолированной ручкой. Если конденсатор не пробит, то он держит заряд и при замыкании выводов произойдет треск (разряд). Однако при такой проверке необходимо соблюдать осторожность. Перед подсоединением к сети убедиться, что Up – отмеченное на конденсаторе было не меньше напряжения сети.

Подключить к розетке с быстродействующей защитой, чтобы в случае пробоя произошло быстрое отключение конденсатора. Выполнять в присутствии преподавателя. Результаты измерений занести в таблицу 18.1.

8. Проверка катушек магнитных пускателей и реле на обрыв (рис.18.18).

При обрыве омметр покажет бесконечно большое сопротивление « $\infty$ ». Если нет обрыва, то омметр на пределе измерения « $\times 1$ » покажет сопротивление катушки. Не забывайте проверять установку нуля на каждом пределе измерений, замкнув выводы омметра. Проверить четыре катушки. Проверить на обрыв катушку и надежность контакта герконового реле.

Подать напряжение на катушку и убедиться в работе реле (размыкание контакта). Результаты измерений занести в таблицу 18.1.

9. Проверка целостности сопротивлений. Установить переключатель предела измерений на предполагаемую величину согласно данным резистора и выполнить замер (рис.18.19). При показании прибора « $\infty$ » резистор непригоден. Прибор должен показать сопротивление резистора. Сравнить показания с номинальными данными резистора. Результаты измерений занести в табл. 18.1.

10. Проверка исправности селеновых шайб выпрямителя. Выполняется аналогично, как и диода: прямая проводимость несколько Ом, обратная – килоомы. Проверяется отдельно каждое плечо выпрямителя при соединенных выводах (рис.18.3 и 18.4). Результаты записать в таблицу 18.1.

Таблица

18.1.

№ п/п	Проверяемые элементы		Результат ы измерени й и способ проверки	Выявленные неисправнос ти	Возможные Причины неисправности	Заключение о пригодно сти к эксплуатации
	Название	марка				
1	1.1.Диод					
	1.2. Диод					
	1.3. Диод					
2	2.1.Транзистор					
	2.2.Транзистор					
	2.3.Транзистор					
3	3.1. Тиристор					
	3.2. Тиристор					
	3.3. Тиристор					
4	4.1. Фоторезистор					
	4.2. Фоторезистор					
5	5.1.Конденсатор					
	5.2.Конденсатор					
6	6.1.Катушка магнитного пускателя					
	6.2.Катушка реле					
	6.3.Катушка геркона					
7	7.1.Резистор					
	7.2.Резистор					
	7.3.Резистор					
8	8.1.Селеновый выпрямитель					
	8.2.Селеновый выпрямитель					

**ВЫВОДЫ И АНАЛИЗЫ.** Анализ результатов измерений элементов, используемых в электрических схемах сельскохозяйственного

производства, выполнить в соответствии с требованиями, изложенными в таблице 18.1. Сделать выводы и заключение по каждому элементу.

---

---

---

## ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЧЕТА

1. Каковы возможности причины выхода из работы диода?
2. Назовите возможные причины выхода из работы транзистора?
3. Каковы причины пробоя перехода анод- катод тиристора?
4. Какая причина приводит к перегоранию управляющего перехода тиристора?
5. Назовите причины выхода из работы конденсатора?
6. Каковы возможные причины выхода из строя резистора?
7. Как проверить исправность селенового выпрямителя? Каковы причины выхода его из строя?
8. Какие технические средства для определения неисправностей в элементах электрических схем вы знаете?

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

*Формирование структуры энергетической службы хозяйства*

*Задание 1. Перечислите категории персонала. Дайте их характеристику.*

*Задание 2. Выполните расчет численности штата электротехнической службы предприятия.*

### Штатные нормативы для руководителей ЭТС

Объем обслуживания у.е.э.	Потребление электроэнергии	Должность руководителя
1. Свыше 2200	Более 1 млн. кВтхч	Главный инженер -энергетик
2. От 1500 до 2200	Более 500тыс. кВтхч	Старший инженер-энергетик
3. От 751 до 1500	Более 250тыс. кВтхч	Старший инженер-электрик
4. От 351 до 750	Менее 250 тыс. кВт х ч	Инженер - электрик
5. От 150 до 300	—	Старший техник -электрик

### Данные для решения задачи.

№ п/п	У.Е.Э. предприятия	Участки обслуживания (бригады)	У.Е.Э. участка	Трудозатраты на ТО годовые Зто, чел.-ч	Трудозатраты на ТР годовые Зтр, чел.-ч	Дежурное обслуживание за год Здо чел.-ч
1	636	1	180	1630	1500	320
		2	218	1980	1700	480
		3	238	1960	2100	460
2	317	1	152	1600	900	300
		2	165	1700	1100	340
3	558	1	168	1500	1400	290
		2	184	1430	1700	310
		3	236	1800	2100	640
4	373	1	124	1200	800	360
		2	127	1100	920	400
		3	122	943	780	600
5	1610	1	380	3650	2980	660
		2	320	3400	2350	575
		3	410	3900	3000	680
		4	500	4000	3880	875
6	1312	1	236	2200	1800	480
		2	342	3100	2700	700
		3	340	2800	3100	600
		4	394	3200	3500	800
7	830	1	242	2100	1900	600
		2	315	2300	2100	540
		3	273	2700	1700	760
8	320	1	1100	1150	696	200
		2	128	1400	740	240
		3	83	800	590	155

*Пример решения:*

### Данные для решения задачи.

№ п/п	У.Е.Э. предприятия	Участки обслуживания (бригады)	У.Е.Э. участка	Трудозатраты на ТО годовые Зто, чел.-ч	Трудозатраты на ТР годовые Зтр, чел.-ч	Дежурное обслуживан ие за год Здо чел.-ч
1	959	1	249	1900	2100	400

		2	490	3800	4200	800
		3	220	1700	1800	350

Решение:

1.  $N_p = 1$  - старший инженер электрик;

2.  $N_{итр} = 1$  - техник электрик

3. Определяем количество электромонтеров по формуле:

$$N_{ЭМ} = Q/a = 959/100 = 10 \text{ чел.}$$

$$a = 100$$

4) Определяем количество ремонтного персонала по формуле:

$$N_{РЕМ} = (\sum Z_{ТО} + \sum Z_{TP} + \sum Z_{ДО})/\Phi$$

$$N_{РЕМ} = \frac{[(1900 + 3800 + 1700) + (2100 + 4200 + 1800) + (480 + 800 + 350)]}{1900} = 9 \text{ человек}$$

3) Определяем количество оперативного персонала по формуле:

$$N_{ОПЕР} = N_{ЭМ} - N_{РЕМ} = 10 - 9 = 1 \text{ чел.}$$

4) Определяем количество персонала для дежурного обслуживания:

$$N_{ДО} = N_{ЭМ} - (N_{ОПЕР} + N_{РЕМ}) = 0.$$

5) Определяем общую численность штата электротехнической службы по формуле:

$$N = N_p + N_{итр} + N_{ЭМ} = 1 + 1 + 10 = 12 \text{ человек.}$$

## Лабораторная работа.

### Исследование защитных характеристик тепловых реле и автоматов.

**Цель работы:** Освоить методику настройки тепловых реле на заданную нагрузку, испытания и регулировки реле после текущего ремонта и перед вводом в эксплуатацию.

### Контрольные вопросы при допуска к работе.

1. Каково устройство реле типа ТРН; РТТ; РТЛ?

2. как выбрать реле ТРН по номинальному току запрещающего электродвигателя?
3. Какой принцип действия вышеуказанных реле?
4. Какие возможности регулировки реле типа ТРН относительно нулевой уставки?
5. Чему равна цена одного деления регулятора теплового реле ТРН?
6. Как определить поправку на температуру, при которой эксплуатируется реле ТРН?
7. Объясните построение характеристики реле?
8. Как осуществляются регулировки типа РТТ и РТЛ относительно номинального тока нагревательного элемента?
9. Как определить номинальный нагревательного элемента тепловых реле РТЛ и РТТ?
10. Какие дополнительные две регулировки у теплового реле ТРН можно использовать, если невозможно добиться необходимой уставки по срабатыванию с помощью эксцентрика?

#### **Последовательность выполнения работы.**

1. Ознакомиться с устройством реле ТРН по книге, плакату и имеющимся лаборатории образцам (рис. 1).

2. Собрать схему (рис. 1.) и снять характеристику зависимости времени срабатывания реле от тока перегрузки нагревательного элемента ( $I_o$ ),  $t=f(I_o)$  при положении регулятора «0».

$I_o$  – ток нагревательного элемента, согласно тепловому реле заданного преподавателем.

Время по секундомеру.

Данные расчета и измерений занести в таблицу 1.

После каждого срабатывания реле охладить нагревательный элемент вентилятором.

№ п.п	$K = \frac{I_{\text{нагр.}}}{I_o}$	Расчетный ток нагрузки для каждого измерения, А	Время срабатывания при положении регулятора «0».
1.	2	$2 \cdot I_o =$	
2.	3	$3 \cdot I_o =$	

3.	4	$4 \cdot I_o =$	
4.	5	$5 \cdot I_o =$	

3. Согласно полученным и расчетным данным таблицы 1 на заводской характеристике (рис. 3) теплового реле ТРН (под цифрой «2» из холодного состояния) построить характеристику данного реле. По горизонтальной оси отложить кратность перегрузки «K», по вертикальной оси – время «t» с.

Построенная характеристика должна находиться в заводской характеристики «2». (Характеристика «1», соответствует горячему состоянию нагревательного элемента, предварительно прогрето номинальным током). Сделать выводы о соответствии полученной характеристики «заводской».

Вывод \_\_\_\_\_

**Примечание.** Учитывая дефицит времени на выполнение лабораторной работы, характеристики при положениях регулятора «+5» и «-5» делений не снимать, но учащийся должен знать: «+5» делений – характеристика пройдет выше заводской, то есть защита загрублена на 25% от  $I_o$  (1 деление +5% от  $I_o$ ); «-5» делений - характеристика пройдет ниже заводской, то есть защита чувствительней на 25% от  $I_o$  (1 деление -5% от  $I_o$ );  $I_o$ , ток нагревательного элемента, к которому делается добавка +25%  $I_o$  или отнимается -25%  $I_o$ .

4. По данным преподавателя для конкретного электродвигателя согласно табл. 2 рассчитать номинальный ток и выбрать: номинальный ток реле, нагревательный элемент –  $I_o$ ; установить положение регулятора а делениях; убедиться в срабатывании реле при 2-кратной перегрузке и необходимости отрегулировать.

Таблица 2.

№ п.п	Мощность эл.двиг., кВт	$\cos\varphi$	$\eta_H$	Температура воздуха, где установлено реле, °C	№ п.п	Мощность эл.двигател, кВт	$\cos\varphi$	$\eta_H$	Температура воздуха, где установлено реле, °C
1.	1,5	0,89	0,78	+15	6	7,5	0,89	0,85	-10
2.	2,2	0,89	0,79	+10	7	10	0,89	0,87	-20
3.	3	0,89	0,80	+20	8	13	0,89	0,87	+15
4.	4	0,89	0,83	+25	9	17	0,9	0,87	+20
5.	5,5	0,89	0,83	+30	10	22	0,9	0,87	+25

Основные технические данные тепловых реле ТРН приведены в табл. 3

Таблица 3.

Тип реле	Номинальный ток реле, А	Номинальный ток сменных тепловых элементов, А	Тип реле	Номинальный ток реле, А	Номинальный ток сменных тепловых реле, °C
----------	-------------------------	---	----------	-------------------------	---

TPH-8	8	0,5; 0,63; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2	TPH-25	25	5,6; 6,8; 10; 12,5; 16; 25
TPH-10	10	2,5; 3,2; 4,5; 6,3; 8; 10	TPH-40 TPH-60	40 60	12,5; 16; 20; 25; 32; 40 20; 25; 30; 40; 50; 60

## 5. Порядок испытания и регулировки тепловых реле ТРН.

5.1. Определить номинальный ток электродвигателя (в производственных условиях можно взять из паспорта электродвигателя).

$$I_{н.д} = \frac{P_n}{1,73 \cdot U_{н.л} \cdot \cos \varphi_n \cdot \eta_n}, A$$

5.2. Из таблицы 3 выбрать номинальный ток теплового реле и нагревательный элемент к тепловому реле (ближайший больший или меньший).

5.3. Определить положение регулятора в делениях в зависимости от нагрузки

$$N_1 = \frac{I_{н.д} - I_o}{C \cdot I_o},$$

где  $I_{н.д}$  – номинальный ток электродвигателя, А;

$I_o$  – ток нагревательного элемента, А;

$C$  – постоянная (коэффициент деления шкалы = 0,05).

5.4. Определить положение регулятора в делениях в зависимости от температуры окружающего воздуха.

$$N_2 = \frac{\tau - 40}{10},$$

где  $\tau$  – температура окружающего воздуха в месте установки теплового реле;

40 – температура настройки реле на заводе;

10 – общее количество делений шкалы регулятора.

5.5. Определить положение регулятора в зависимости от нагрузки и температуры.

$$N_{общ.} = (\pm N) + (-N_2), \text{ делений}$$

5.6. Установить с помощью эксцентрика положение регулятора на реле.

5.7. С помощью нагрузочного стенда (рис.2) задать двухкратный ток перегрузки электродвигателя.

$$I_{пер.} = 2 \cdot I_{н.д}$$

Определить время срабатывания, которое в соответствии с заводской характеристикой должны быть в пределах 65-100 с (рис.3).

Если время срабатывания выходит из этих пределов, выполнить регулировку на плюс или минус, охладить нагревательный элемент и повторить опыт. После этого выполнить перегрузку второго нагревательного элемента с определением времени срабатывания и, если необходимо, провести регулировку.

Время срабатывания:  $t_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ ,  $t_2 = \underline{\hspace{2cm}}$ ,

**Примечание.** Если возможности регулировки с помощью эксцентрика на «+5» и «-5» делений не позволяют добиться времени срабатывания в соответствии заводской характеристикой 65-100 с, то необходимо приблизить нагревательный элемент к биметаллической пластине с помощью вращения болта с противоположной стороны нагревательного элемента – вправо загrubление, влево чувствительнее. На каждый полюс свой болт.

Отрегулированное реле устанавливаем для защиты электродвигателя данной мощности в производственном помещении с указанным температурным режимом.

Вывод: \_\_\_\_\_

#### 6. Изучить устройство и технические данные реле РТТ (рис.4).

Для электродвигателя таблица 2 (по заданию преподавателя) Выбрать тепловое реле РТТ. Необходимо отметить, что тепловое реле трехэлементное и имеет шкалу установок не в делениях, а в амперах и полную температурную компенсацию, что значительно упрощает расчет. Технические данные реле РТТ приведены в таблице 4.

Тип реле	Диапазон регулирования номинального тока тепловых элементов	Время срабатывания при $6 \cdot I_{\text{ном.}}$
РТТ-21	8,5-11,5; 10,6-14,3; 13,6-18,4; 17,0-23,0; 21,2-28,7; 27,2-36,8; 34-46; 42,5-57,5; 53,5-63	5-12
РТТ-31	48,5-57,5; 53,5-72,3; 68-92; 85-115; 106-143; 136-160	8-18

**Примечание.** Номинальный ток нагревательного элемента определяется для РТТ-21 (8,5-11,5):

$$I_{\text{nagr.эл}} = \frac{8,5+11,5}{2} = 10$$

7. Порядок выбора, расчета и регулировки теплового реле РТТ. Данные выбора расчета и испытаний занести в таблицу 5.

7.1. Определить номинальный ток электродвигателя  $I_{\text{n.d}}$  согласно заданному варианту (табл.2).

7.2. Выбрать номинальный ток теплового реле (табл.4).

7.3. Выбрать нагревательный элемент (табл. 4).

7.4. Установить с помощью регулятора ток уставки, равный номинальному току электродвигателя ( $I_{уст.} = I_{н.д.}$ ).

7.5. С помощью нагрузочного стенда задать двухкратный ток нагрузки, равный двойному току электродвигателя ( $I = 2 I_{н.д.}$ ).

7.6. Определить время срабатывания реле ( $t_{ср.1}; t_{ср.2}; t_{ср.3}$ ) по каждому полюсу. В момент срабатывания загорится сигнальная лампа.

7.7. Сравнить время срабатывания при двухкратной перегрузке с характеристикой завода-изготовителя ( $t = 35\dots70$  с).

7.8. Если время срабатывания реле выйдет за пределы 35\dots70 с, то необходимо увеличить или уменьшить значение тока уставки, снова перегрузить двухкратным током.

№ п. п	Тип реле	Мощность эл. двиг.соглас но табл. 12,2 кВт	$I_{ном.}$ Заданног о эл. двигателя , А	I уставк и равный $I_{ном.}$ , А	Перегруз ка на стенде $2 \cdot I_{ном.дв.}$ , А	Время срабатывания по полюсам			Время срабатывани я по заводской хар-ке при двуихкратной перегрузке
						$t_1, \text{с}$	$t_2, \text{с}$	$t_3, \text{с}$	
1.	РТТ								35\dots70 с
2.	РТЛ								35\dots70 с

Изучить устройство и технические данные тепловых реле РТЛ (рис. 5, табл.6).

### Технические данные тепловых реле серии РТЛ, встраиваемых в пускатели ПМЛ (согласно ТУ 16-523, 549-78).

Величина пускателя	Тип реле	Номинальная сила тока элемента реле, А	Среднее значение силы тока теплового элемента реле, А	Пределы регулирования силы тока несрабатывания, А
1	РТЛ-100104	25	0,14	0,1\dots0,17
	РТЛ-100204		0,21	0,16\dots0,26
	РТЛ-100304		0,32	0,24\dots0,4
	РТЛ-100404		0,52	0,38\dots0,65
	РТЛ-100504		0,8	0,61\dots1,0
	РТЛ-100604		1,3	0,95\dots1,6
	РТЛ-100704		2,0	1,5\dots2,6
	РТЛ-100804		3,2	2,4\dots4,0
	РТЛ-101004		5,0	3,8\dots6,0
	РТЛ-101204		6,8	5,5\dots8,0
2	РТЛ-101404		8,5	7,0-10
			8,5	7,0\dots10

	РТЛ-101604 РТЛ-102104 РТЛ-202204		12 16 21,5	9,5...14 13...19 18...25
3	РТЛ-102204 РТЛ-205304 РТЛ-205504	80	21,5 27,0 35,0	18...25 23...32 30...40
4	РТЛ-205504 РТЛ-205704 РТЛ-205904 РТЛ-206104		35 44 52 60	30...40 38...50 47...57 54...66
5	РТЛ-206104 РТЛ-206304		60 71,5	54...66 63...80
6	РТЛ-206304	200	71,5	54...66 63...80
	РТЛ-310504 РТЛ-31204		99 110	75...105 95...125
7	РТЛ-312504 РТЛ-316004 РТЛ-320004		110 140 175	95...125 120...160 150...200

Для электродвигателя по заданию преподавателя выбрать и отрегулировать реле типа РТЛ. Данные занести в таблицу 5.

Порядок расчета, выбора и регулировок тот же, что и для реле РТТ. Время срабатывания реле при двухкратной перегрузке  $t_{cp}=35\dots70$  с.

### Вопросы для зачета

1. Почему тепловое реле не защищают от коротких замыканий?
2. Почему заводская характеристика выглядит не в виде кривой линии, а в виде зоны?
3. Как осуществляется температурная компенсация реле ТРН, РТТ и РТЛ?
4. Какова уставка реле, если  $I_o=10$  А, а положение регулятора +5 делений?
5. Может ли реле ТРН-40 с  $I_o=40$  А защитить электродвигатель с номинальным током 30 А?
6. В чем преимущество тепловых реле РТТ и РТЛ по сравнению с ТРН?
7. Для какой цели используются дополнительный замыкающий контакт у реле РТТ и РТЛ?
8. Почему конструктивно заводы-изготовители не обеспечивают срабатывание реле быстрее 5 с при  $I=6\cdot I_{nom, dv.}$ ?

9. Можно ли регулировку вести, отталкиваясь от рабочего тока электродвигателя?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

### Тема: Изучение оборудования для создания микроклимата в сельскохозяйственных помещениях.

Реле-регулятор с таймером TPM501 предназначен для регулирования температуры, влажности и других физических величин в сельскохозяйственных производствах, где требуется точное соблюдение временных режимов. Функциональные возможности прибора следующие: измерение и регулирование температуры и влажности, подключение первичных преобразователей широкого спектра к универсальному входу, регулирование по двухпозиционному закону, дистанционное управление запуском или остановкой, обратный отсчет времени встроенным таймером, возможность сигнализации аварийного режима. Функциональная схема реле-регулятора TPM501 показана на рисунке 1.

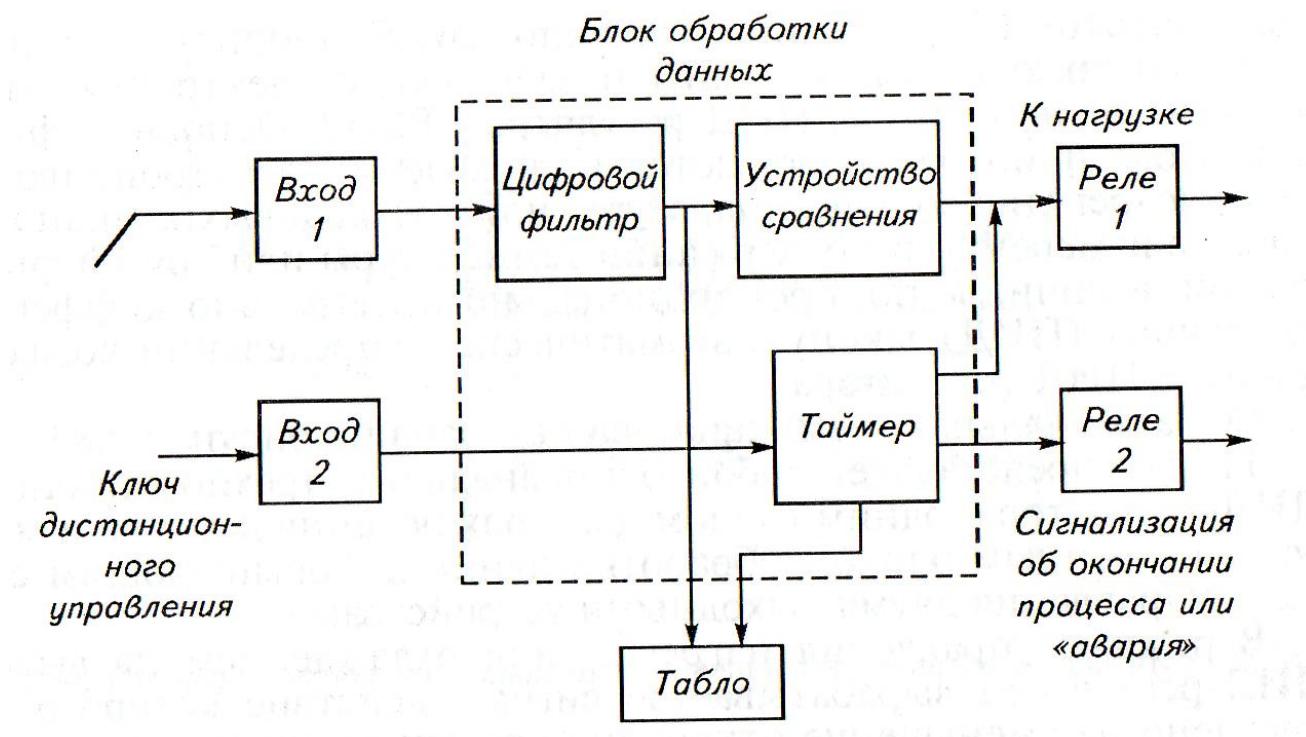


Рис.1. Функциональная схема реле-регулятора TPM501

TPM501 имеет один универсальный вход для подключения датчиков следующих типов: термопреобразователей сопротивления ТСМ50/100М и ТСП50/100П; термопар ТХК(L), ТХА(K), ТНН(N), ТЖК(T); датчиков с унифицированным сигналом тока или напряжения. К дополнительному входу прибора можно подключить: устройства с «сухими» контактами (кнопки, выключатели, герконы, реле и др.); активные датчики, имеющие на выходе транзистор *n-p-n* типа с открытым коллекторным выходом; другие типы датчиков с выходным напряжением высокого уровня от 2,4 до 30 В и низкого уровня от 0 до 0,8 В. Входной ток при напряжении низкого уровня не

превышает 15 мА.

Блок обработки данных в приборе предназначен для обработки входного сигнала (цифровой фильтрации коррекции), индикации измеряемой величины и формирования сигналов управления.

В зависимости от заданного типа логики прибор ТРМ501 регулирует как нагревание, так и охлаждение контролируемой среды.

Таймер данного устройства может работать в следующих режимах.

1. Таймер включен и управляет работой компаратора: процесс регулирования будет запускаться и останавливаться таймером. Выходное реле 2 используют для сигнализации об окончании процесса регулирования.

2. Таймер включен (или выключен), регулирование происходит независимо от таймера. По окончании работы таймера реле 2 замыкается, регулирование продолжается.

3. Ручное управление запуском и установкой процесса регулирования. Таймер при этом включен, уставка таймера 0.

ТРМ501 имеет два выходных реле с параметрами: 8А, 220 В, жестко закрепленных за таймером и устройством сравнения. Реле 2 таймера сигнализирует о завершении работы таймера или о возникновении аварийного режима.

*ПИД-регулятор ТРМ12.* Для автоматизации подачи теплоносителя в системах горячего водоснабжения в хозяйствах защищенного грунта, а также газового и парового отопления и в другом технологическом оборудовании, где используют запорно-регулирующие или трехходовые клапаны и задвижки с электроприводом, применяют измеритель ПИД-регулятор ТРМ12. Основные функции этого прибора заключаются в управлении электроприводом запорно-регулирующей аппаратуры или трехходовых клапанов, а также в измерении и поддержании температуры или другой физической величины по пропорционально-интегрально-дифференциальному (ПИД) закону, автоматическом определении коэффициентов ПИД-регулятора.

Функциональная схема прибора показана на рисунке 2.

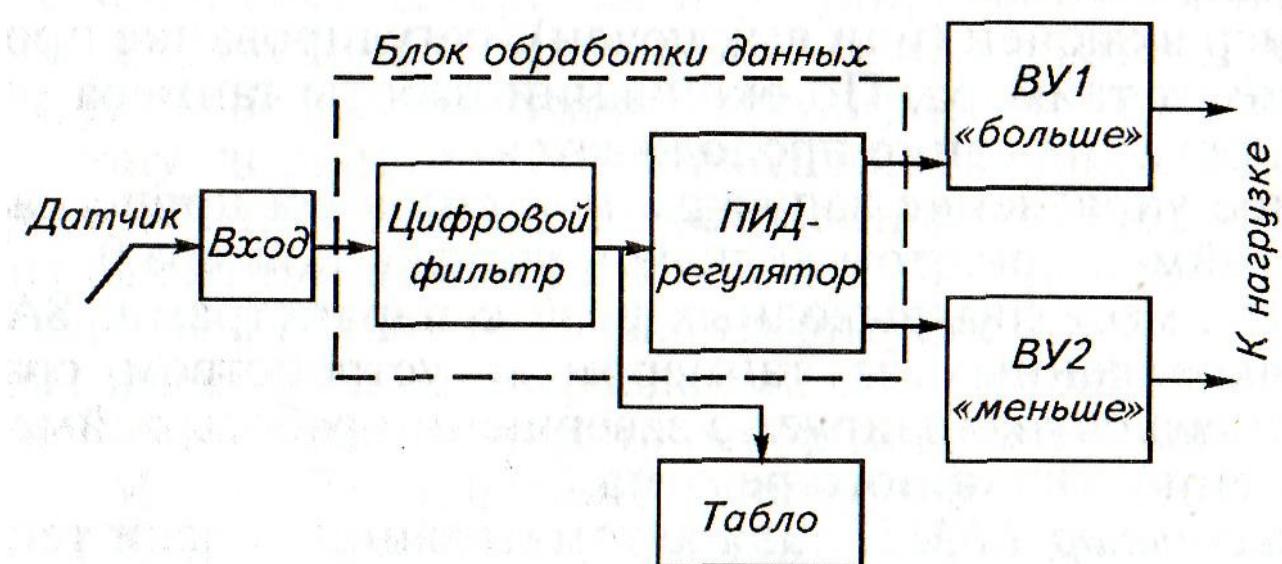


Рис. 2. Функциональная схема прибора ТРМ12

TPM12 представляет собой одноканальный трехпозиционный ПИД-регулятор с одним входом для подключения датчика и микропроцессорным блоком обработки данных, формирующим сигналы управления двумя выходными устройствами.

В режиме управления нагревом или охлаждением на выходе ПИД-регулятора вырабатывается сигнал, действие которого направлено на уменьшение отклонения текущего значения контролируемой величины от заданного. Затем выходной сигнал ПИД-регулятора преобразуется в длительность импульсов по принципу широтно-импульсной модуляции (ШИМ)., Период следования импульсов задается пользователем в диапазоне от 1 ...99 с, а их длительность пропорциональна величине выходного сигнала ПИД-регулятора.

На рисунке 3 приведена схема подключения электропривода двигателя исполнительного механизма МЭО.

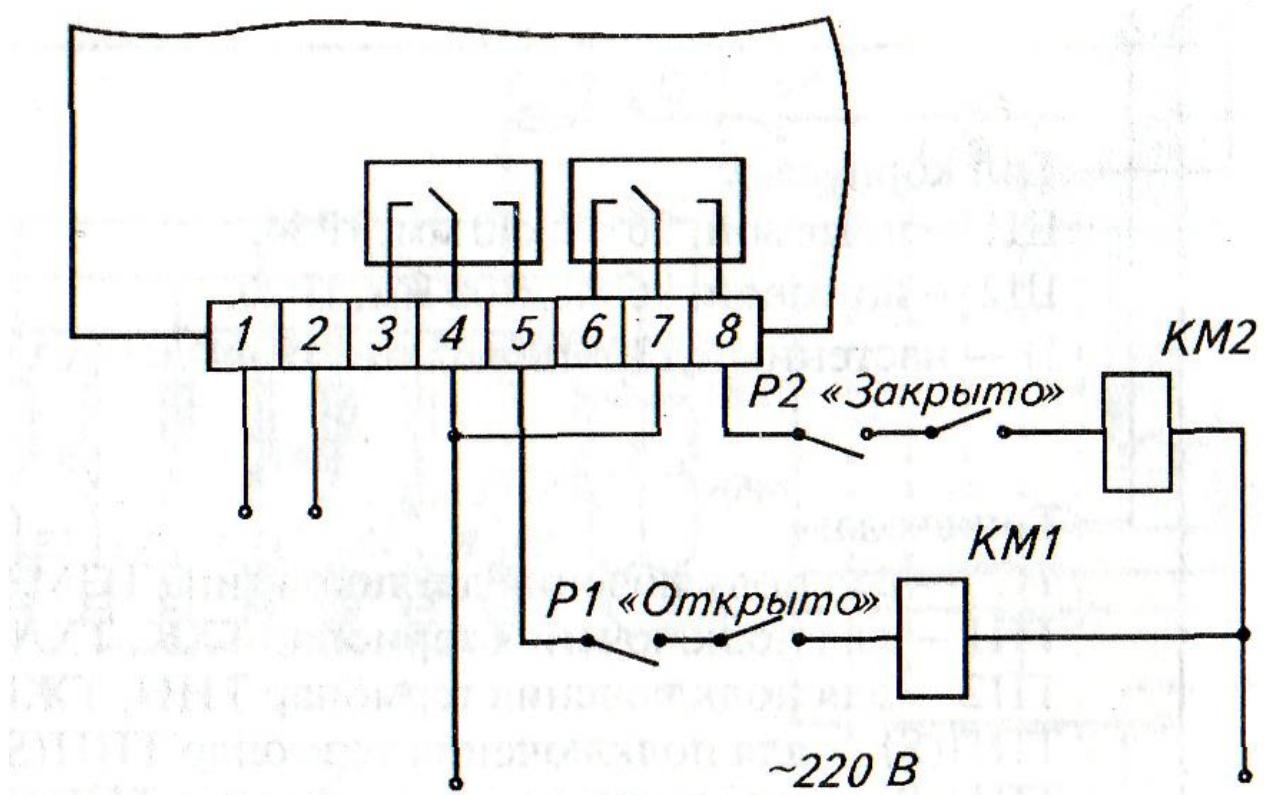


Рис. 3. Пример подключения управляющих цепей электропривода двигателя  
МЭО

На рисунке 3 *KM1*, *KM2* – катушки электромагнитных пускателей, которые управляют открытием и закрытием заслонки соответственно.

Данный ПИД-регулятор имеет режим самонастройки, в процессе которого он самостоятельно определяет оптимальные для системы регулирования параметры: постоянную интегрирования, постоянную дифференцирования, полосу пропорциональности. В TPM12 установлены два однотипных ключевых выходных устройства ВУ1 и ВУ2. Тип ВУ пользователь выбирает при заказе.

Структура условного обозначения ПИД-регулятора TPM12 показана на рисунке 4.

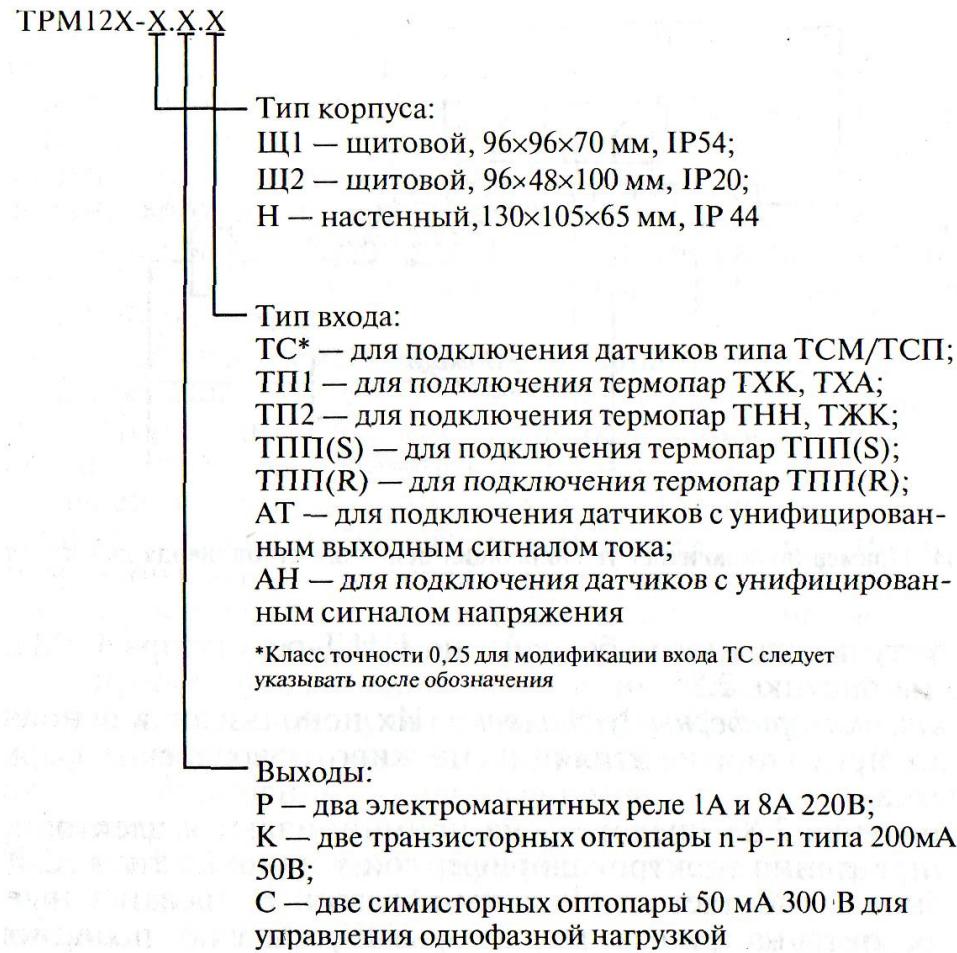


Рис. 4. Структура условного обозначения TPM12

**Электрокалориферные установки.** Их используют в основном в системах приточной вентиляции на животноводческих фермах и комплексах.

На рисунке 5 представлена принципиальная электрическая схема управления электрокалориферной установки типа СФОЦ.

Установка работает следующим образом. Нагревательные элементы разбиты на три секции, которыми управляют позиционные с регуляторы *A1* и *A2*. Температуру воздуха в помещении поддерживают вручную и автоматически. Переключателем *SA* задают мощность калорифера в соответствии с режимной картой установки.

При снижении температуры ниже нормы, если установка работает в автоматическом режиме, термореле включает магнитный пускатель *KM4* электродвигателя *M* вентилятора и через контакты термореле напряжение подается в схему управления. В этом случае через замкнутые контакты терморегулятора *A1* включается первая секция *TЭН*. Если температура воздуха, проходящего через нагревательные элементы, ниже нормы, то терморегуляторы *A1* и *A2* поочередно включают *II* и *III* секции нагревателей магнитными пускателями *KM2* и *KM3* соответственно.

Установки СФОА и СФОЦ мощностью 16...100 кВт состоят из электрокалорифера типа СФО с трубчатыми электронагревателями, соединенного переходным патрубком и мягкой вставкой с центробежным вентилятором Ц4-70 и односкоростным электродвигателем. Все оборудование, включая электрокалорифер, смонтировано на общей раме. В комплект входит также щит автоматического управления.

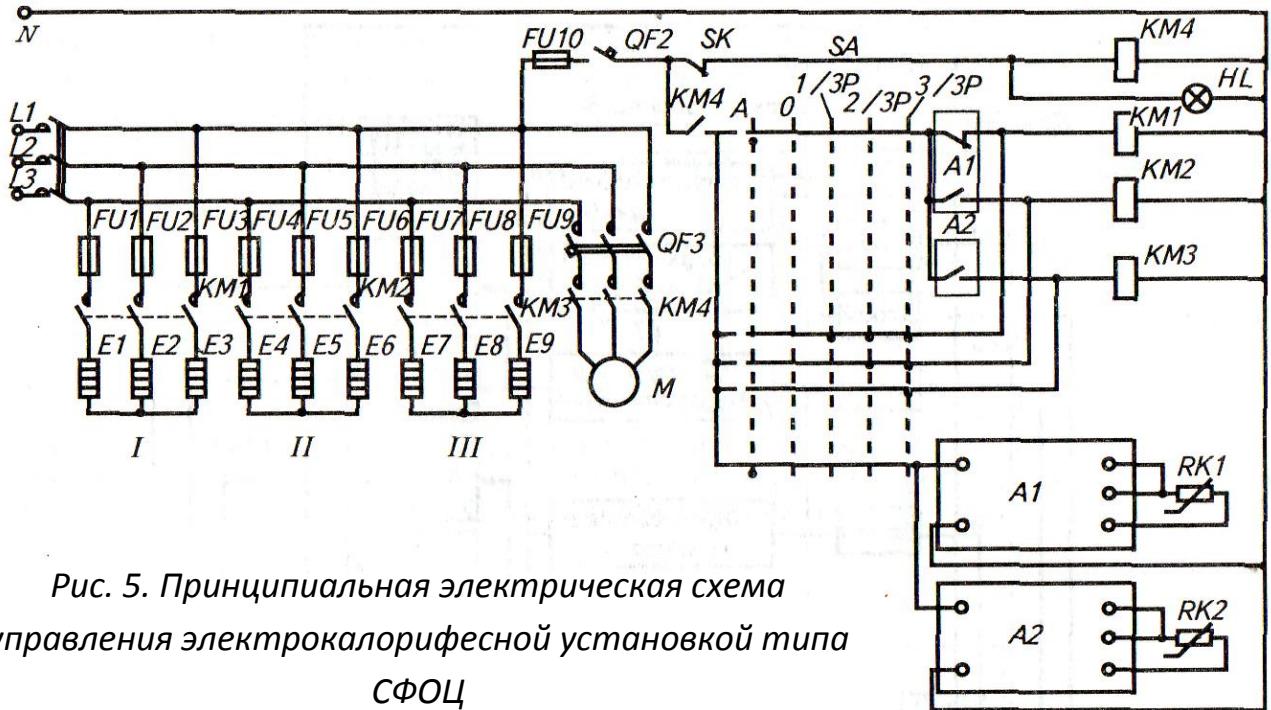


Рис. 5. Принципиальная электрическая схема управления электрокалорифесной установкой типа СФОЦ

Вентиляторы низкого и среднего давления, центробежные общего назначения, осевые и крышиные. Их применяют в системах микроклимата животноводческих помещений. Центробежные вентиляторы общего назначения Ц4-70 предназначены для приточных вентиляционно-отопительных установок и вытяжных систем. Они способны развивать высокое давление – до 4000 Н/м<sup>2</sup>. На одной оси с электродвигателем в специальном кожухе расположено лопастное рабочее колесо, при вращении которого воздух, поступающий через входное отверстие, попадает в каналы между направляющими лопатками, а затем в выпускные отверстия.

*Контроллер для регулирования температуры ТРМ32-Щ4.* Его применяют для регулирования температуры в контуре отопления, горячего водоснабжения для водяных калориферов, защиты системы от превышения температуры обратной воды, записи данных на компьютер.

Этот прибор представляет собой двухканальный ПИД-регулятор с четырьмя входами, к которым подключены термопреобразователи сопротивления, блок обработки данных и четыре выходных устройства (реле). Структурная схема прибора показана на рисунке 6.

Ко входам подключены датчики ТСМ 50М, ТСП 50П или ТСМ 100М, ТСП 100П, которые контролируют: температуру наружного воздуха; температуру обратной воды, возвращаемой в теплосеть; температуру воды в контуре отопления; температуру воды в контуре горячего водоснабжения.

В случае превышения максимально допустимого значения, ТРМ32-Щ4 прерывает регулирование температуры в контуре отопления и понижает температуру обратной воды до заданного значения. После снижения температуры обратной воды до допустимых пределов продолжается регулирование температуры в контуре отопления по отопительному графику.

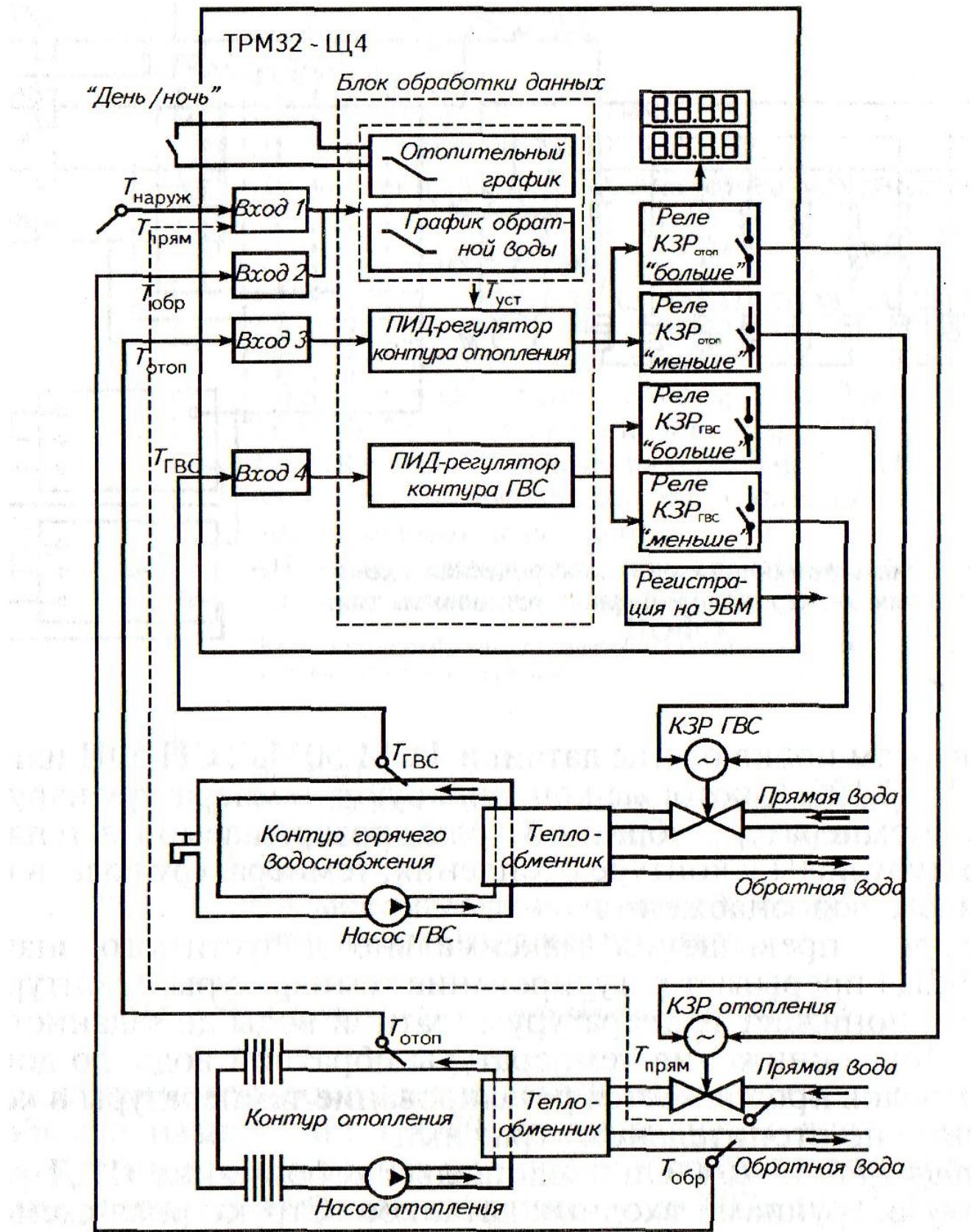


Рис. 6. Структурная схема регулятора ТРМ-Щ4

Прибор ТРМ32-Щ4. Он представляет собой также ПИД-регулятор с двумя группами входных датчиков. Структурная схема прибора приведена на рисунке 7.

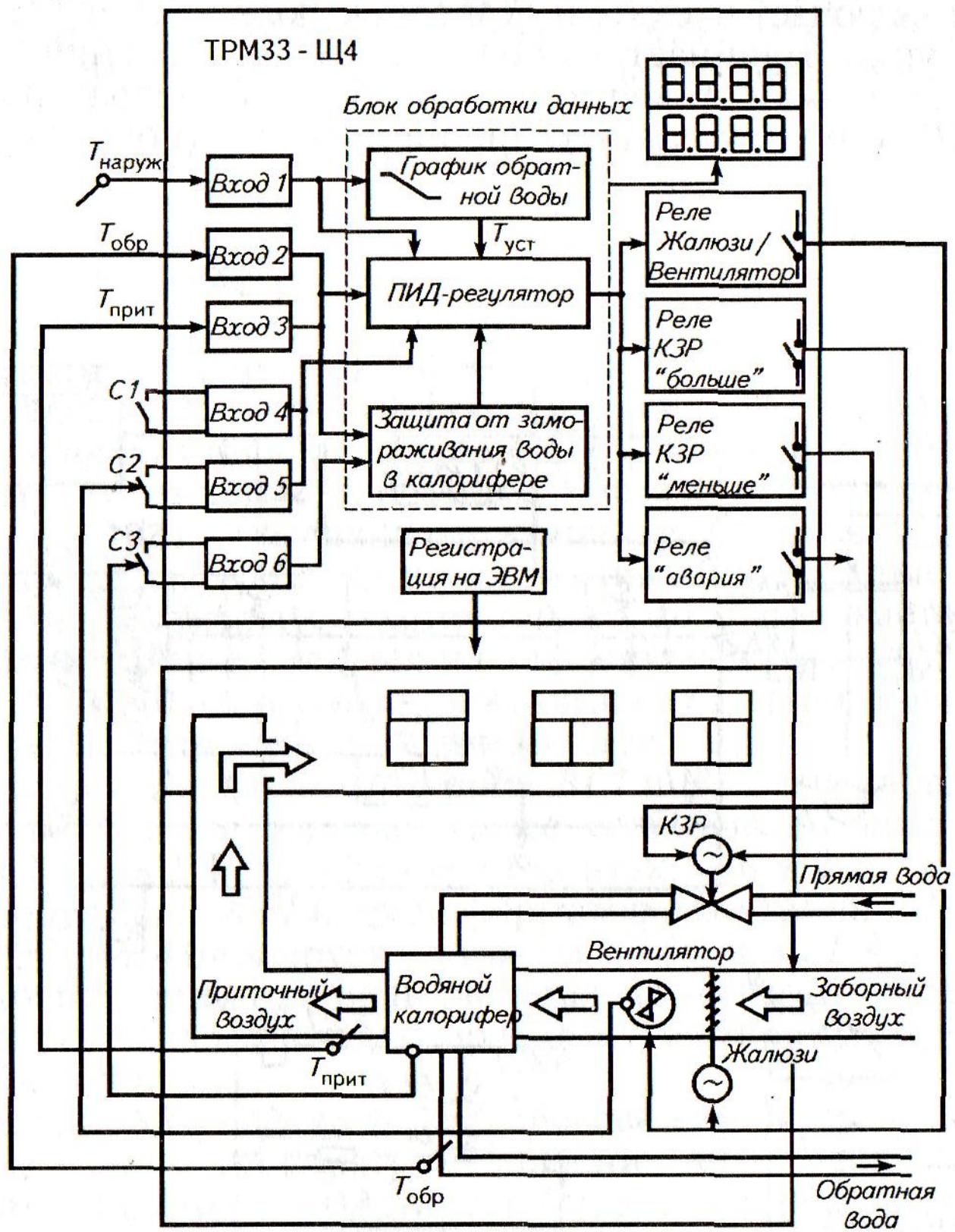


Рис. 7. Структурная схема TPM33-Щ4

По результатам измерений температур и опроса входных датчиков TPM33-Щ4 управляет работой вентилятора и жалюзи, а также положением запорно-регулирующего клапана (КЗР) для поддержания заданной температуры в системе отопления. Перед началом работы TPM33 прогревает калорифер. Время прогрева определяет пользователь исходя из эксплуатационных

параметров системы. Для более быстрого разогрева прибор формирует команду на выключение вентилятора, закрытие жалюзи и полное открытие КЗР.

Температура приточного воздуха в системе задается пользователем при программировании прибора. Приточный воздух нагревается теплоносителем, проходящим через калорифер. ТРМ33-Щ4 по температуре уставки с помощью выходных реле управляет жалюзи и вентилятором, подающими приточный воздух, а также положением КЗР, подающим теплоноситель в калорифер. Управление КЗР осуществляется кратковременными импульсами по ПИД-закону регулирования, что позволяет поддерживать заданную температуру с высокой точностью.

Вентиляция сельскохозяйственных объектов необходима для обеспечения оптимальных значений температуры, относительной влажности воздуха, а также поддержания должного его состава, т. е. удаление из помещений выделяемых животными вредных газов.

В качестве привода вентиляторов в калориферных установках используют асинхронные электродвигатели серии АИР, 5А, 6А и модификации. Исполнение двигателей должно быть закрытое, узлы и детали защищены от коррозии гальваническими и лакокрасочными покрытиями.

Мощность нагрузки, кВт, на валу ЭП вентилятора при постоянной плотности воздуха

$$P_B = k_3 \frac{p_B \cdot Q \cdot 10^{-3}}{\eta_{общ}}$$

где  $k_3$  – коэффициент запаса, для осевых вентиляторов  $k_3 = 1,05...1,10$ , для центробежных  $1,10...1,15$ ;  $p_B$  – давление вентилятора, Па;  $Q$  – подача вентилятора,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $\eta_{общ}$  – общий КПД вентиляторной установки.

Наиболее эффективное с точки зрения энергосбережения техническое решение вопроса сокращения расхода электрической и тепловой энергии на обеспечение необходимого микроклимата – это использование теплоты воздуха, удаляемого из животноводческих помещений.

### Задание

1. Изучить теоретический материал.
2. Ответить на вопросы:
  - a) Перечислите оборудование для создания микроклимата в сельскохозяйственных помещениях.
  - б) Перечислите возможные неисправности оборудования для создания микроклимата, способы их определения.

## Лабораторная работа

### Исследование электромагнитного реле времени

#### 1. Цель работы.

- 1.1. Изучить конструкцию и принцип действия электромагнитного реле времени.
- 1.2. Освоить способы настройки реле времени на заданную выдержку времени.
- 1.3. Исследовать влияние напряжения на работу реле времени.

## *2. Основные теоретические сведения.*

Электромагнитное реле времени обеспечивает выдержку времени с момента подачи сигнала управления на реле времени и моментом замыкания или размыкания его контактов.

Временем срабатывания электромагнитного реле времени называют время, проходящее с момента замыкания цепи катушки до полного притяжения якоря или, наоборот, с момента отключения катушки от сети до полного отпадания якоря. В первом случае время срабатывания называют временем срабатывания на включение, а во втором случае - временем срабатывания на отключение.

Время срабатывания как при включении, так и при отключении состоит из двух составляющих:

$$tcp. = tmp. + t\delta v.$$

Первая составляющая  $tmp.$ , называемая временем трогания, определяет собой: при включении - время, протекающее с момента замыкания цепи катушки до начала трогания якоря; при отключении - время, с момента размыкания цепи катушки до начала отпуска якоря.

Вторая составляющая  $t\delta v.$  - есть время движения якоря до полного его притяжения (при включении) или до полного отпадания (при отключении).

Замедленное срабатывание электромагнита, как при включении, так и отключении от сети может быть осуществлено увеличением или  $tmp.$  или  $t\delta v.$  В первом случае замедление достигается с помощью магнитного демпфирования, во втором - с помощью механического демпфирования.

Для притяжения или отпуска якоря электромагнитного реле необходимо наличие в магнитной системе определенной величины магнитного потока. Необходимая величина потока достигается не сразу после включения или отключения реле от сети, а через определенный промежуток времени. Замедляя нарастание (при включении) или спад (при отключении) магнитного потока, можно изменять время притяжения или отпуска якоря. Способы воздействия на скорость изменения магнитного потока в магнитопроводе при включении или отключении реле и носят название магнитного демпфирования.

Все способы магнитного демпфирования основаны на использовании магнитных потоков, создаваемых вихревыми токами, которые появляются в массивных деталях магнитной системы реле при изменении основного магнитного потока. При включении они будут уменьшать скорость возрастания потока в магнитопроводе, а при отключении - скорость спадания потока.

Очевидно, эффективность этого метода будет тем больше, чем больше абсолютная величина основного потока. Поэтому метод магнитного демпфирования дает заметное замедление при отключении электромагнита, когда воздушные зазоры малы и величина основного потока велика.

С целью усиления магнитного демпфирования электромагниты, предназначенные для получения выдержек времени, дополняются специальными, короткозамкнутыми катушками, охватывающими магнитопровод. Короткозамкнутая катушка, называемая демпфирующей, обычно исполняются в виде массивной гильзы (медной или алюминиевой) или отдельных коротких втулок, которые насаживаются на магнитопровод.

Применение коротких втулок позволяет получать различные выдержки времени при включении в зависимости от их места расположения на сердечнике. Так, при расположении демпфирующих втулок у торца сердечника (вблизи рабочего воздушного зазора) выдержка времени при включении будет больше, чем при их расположении у основания сердечника. Это объясняется тем, что в первом случае в первоначальные моменты времени после включения электромагнита втулки будут охватываться практически полным магнитным потоком, и в них будут наводиться большие вихревые токи. Во втором же случае (расположение втулок у основания сердечника) вначале после включения магнитный поток будет замыкаться через якорь по воздуху от корпуса к сердечнику, минуя замедляющую втулку со всеми вытекающими из этого последствиями - малыми вихревыми токами и, следовательно, малыми выдержками времени. При отключении электромагнита месторасположение втулок не имеет большого значения, так как и в том и в другом случае втулки охватываются одинаковым магнитным потоком.

Грубое ступенчатое регулирование выдержки времени можно производить путем изменения толщины немагнитной прокладки, установленной на торце якоря. Толщина прокладки, не сказываясь практически на величине установившегося магнитного потока при замкнутом якоре, изменяет индуктивность системы и тем самым влияет на скорость изменения потока. С увеличением толщины прокладки скорость изменения потока возрастает и выдержка времени уменьшается и, наоборот, с уменьшением толщины прокладки скорость изменения потока уменьшается, а выдержка времени возрастает. Толщина прокладки берется от 0,1 мм и выше.

Плавный способ регулирования выдержки времени заключается в изменении натяжения отжимной пружины.

Оба способа позволяют изменять выдержку времени от нескольких десятых долей секунды до нескольких секунд с относительной погрешностью не более 10%.

Реле времени ВЛ рассчитано на напряжения:

- 36, 110, 127, 220, 240, 380, 400, 440, 500В (50Гц или 60Гц).
- Ток, коммутируемый контактами, до 4А.
- Диапазон регулирования выдержки времени от 0,4 до 180 с.
- Разброс 15%.
- Мощность, потребляемая катушкой 40 ВА.
- Количество и исполнение контактов в зависимости от исполнения реле.

### 3. План работы.

3.1. Изучить конструкцию и принцип действия реле времени РВП-72.

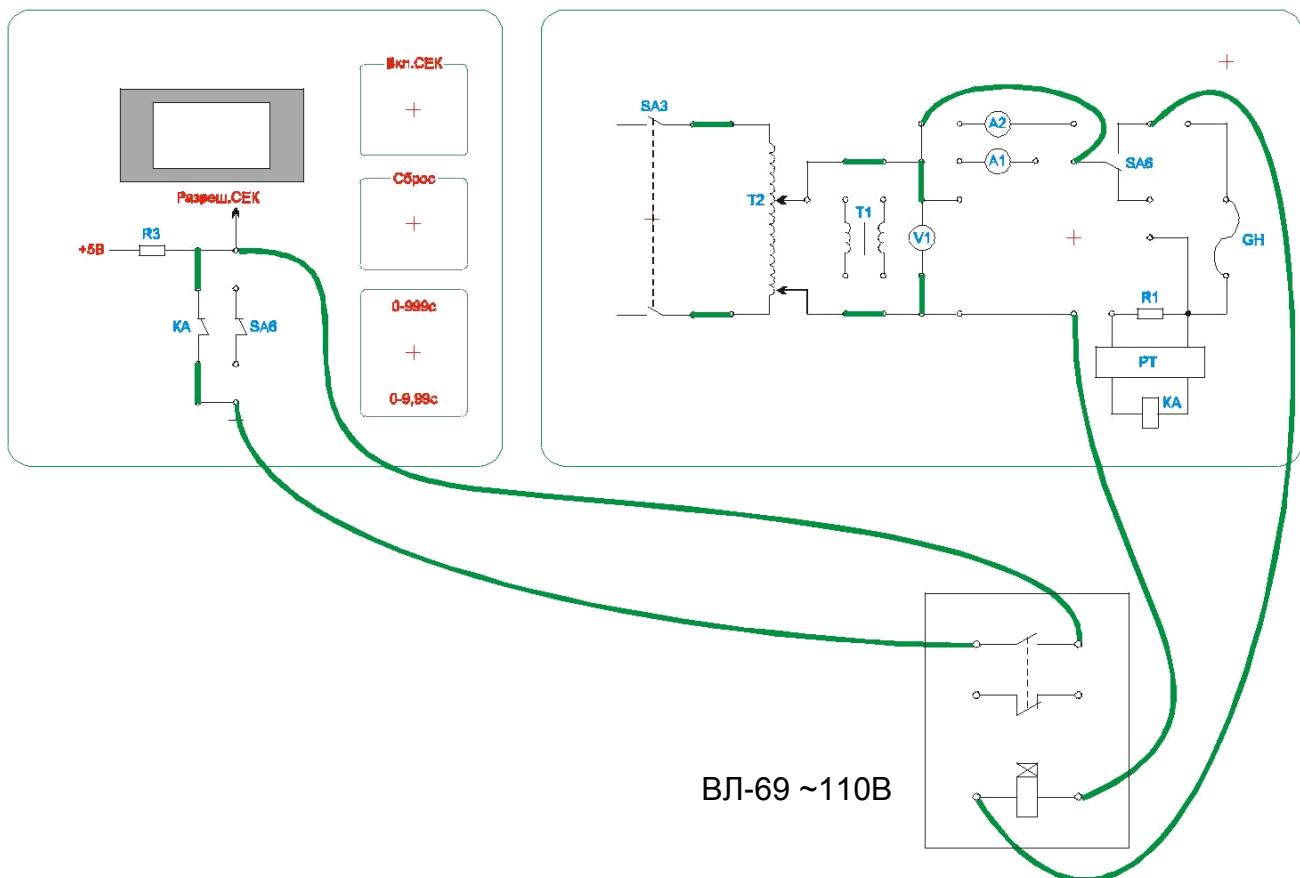
3.2. Для исследования свойств реле времени ВЛ-69 необходимо собрать схему согласно рис.

1. Тумблер SA6 служит для одновременного запуска электронного секундометра и самого реле времени.

После включения стенда, включить ЛАТР тумблером SA3 и выставить на его выходе напряжение 110В по вольтметру V1, затем обнулить показания секундометра кнопкой "Сброс". Схема готова к пуску. Произвести включение схемы тумблером SA6. Секундометр будет производить отсчет времени до момента срабатывания реле времени. Занести показания секундометра в табл. 4.1, выключить тумблер SA6, обнулить показания секундометра и повторить опыт при различных уставках времени (устанавливается переключателями на лицевой панели реле времени ВЛ-69).

Таблица 1 Результаты опыта

Уставка времени туст., с				
Время срабатывания tср., с				
Погрешность срабатывания $t$ , с				
Относительная погрешность $t$ , %				



## Рисунок 1.

3.3. По результатам измерений произвести расчет погрешности срабатывания реле времени по формуле:

$$\Delta t = /tycm. - tcp./, c.$$

Рассчитать относительную погрешность по формуле:

*tcp.*  
 $\Delta = \dots$   
 100%. *tycm.*

Определить среднюю относительную погрешность по формуле:

$$\Delta cp = \frac{tcp}{n}$$

где  $n$  - число измерений.

3.4. Произвести измерения и расчеты по п.п. 3.2 и 3.3 при пониженном напряжении питания катушки реле времени ВЛ. Данные измерений занести в табл. 2.

Таблица 2 Результаты опыта.

Уставка времени туст., с					
Время срабатывания $t_{ср.}$ , с					
Погрешность срабатывания $t$ , с					

--	--	--	--	--	--

Относительная погрешность  $t$ , %

*4. Контрольные вопросы.*

- 4.1. Что такое время трогания электромагнита?
- 4.2. В чем заключается принцип магнитного демпфирования?
- 4.3. С какой целью магнитопровод реле времени изготовлен цельным из материала с малым удельным сопротивлением и малой коэрцитивной силой?
- 4.4. Каково назначение массивной гильзы?
- 4.5. Каким образом можно регулировать выдержку времени срабатывания реле времени?

# Лабораторная работа

## Исследование тиристорного регулятора напряжения (ТРН)

### 1. Цель работы.

- 1.1. Изучить принцип действия тиристорных регуляторов напряжения.
- 1.2. Исследовать схему управления тиристорного регулятора напряжения.
- 1.3. Исследовать свойства тиристорного регулятора напряжения как электрического аппарата.

### 2. Основные теоретические сведения.

Схема тиристорного регулятора напряжения дана на рис.1.

Силовая часть представляет собой тиристорную пару, в которой тиристоры включены встречно. Управление величиной напряжения на нагрузке (вольтметр  $V_1$ ), а следовательно и током нагрузки (амперметр  $A_1$ ) достигается управлением угла отпирания тиристоров. При этом осциллограмма, снимаемая с нагрузки, имеет вид, представленный на рис. 2. При  $\alpha = \pi$  тиристоры практически закрыты и на нагрузке нет напряжения, а при  $\alpha = 0$  полностью открыты и напряжение на нагрузке имеет вид полных полуволн и соответствует максимальному значению, получаемому от выпрямителя.

Управление углом отпирания тиристоров осуществляется схема управления, формирующая синхронизированные с сетевым напряжением импульсы управления, передаваемые на управляющие электроды тиристоров через импульсные трансформаторы, позволяющие произвести гальваническую развязку силовых цепей преобразователя от цепей управления. Синхронизация импульсов управления с сетевым напряжением достигается путем формирования в блоке ГОИ из пониженного синусоидального напряжения импульсов пилообразной формы (рис. 3).

Последние поступают в блок сравнения СС, равно как и напряжение задания, снимаемое с потенциометра  $R_4$ . В результате сравнения этих величин блок СС формирует прямогольные импульсы, скважность которых зависит от положения движка потенциометра  $R_4$ , что показано на рис. 3. Последние и управляют углом отпирания тиристоров, преобразуясь в блоке БФИ для передачи через обмотки импульсного трансформатора  $T_3$ .

### 3. Ход работы.

- 3.1. Соберите схему согласно рис. 1.
- 3.2. Включите сетевой выключатель  $SA_1$ , проверьте наличие напряжения в сети по свечению индикаторной лампы. Затем включите напряжение питания ТРН тумблером  $SA_2$ .
- 3.3. Снять осциллограммы сигналов на выходе блоков ГОИ, СС, БФИ и на нагрузке в нескольких положениях потенциометра  $R_4$ , в том числе при минимальном и максимальном напряжении на нагрузке (точки подключения осциллографа показаны на рис. 1, подключение осциллографа к нагрузке следует производить через делитель напряжения). Напряжение на движке  $R_4$  измерять тестером либо осциллографом. По осциллограммам определите соответствующие углы отпирания тиристоров.
- 3.4. Снимите регулировочную характеристику тиристорного регулятора напряжения  $U_h=f(U_3)$ .  $U_3$  измерять с помощью тестера.
- 3.5. Для 2-3-х значений  $U_3$  по двум точкам снимите выходные характеристики  $U_h = f(I_h)$ .
- 3.6. По окончании опыта отключить тумблер  $SA_2$  и сетевой выключатель  $SA_1$ .

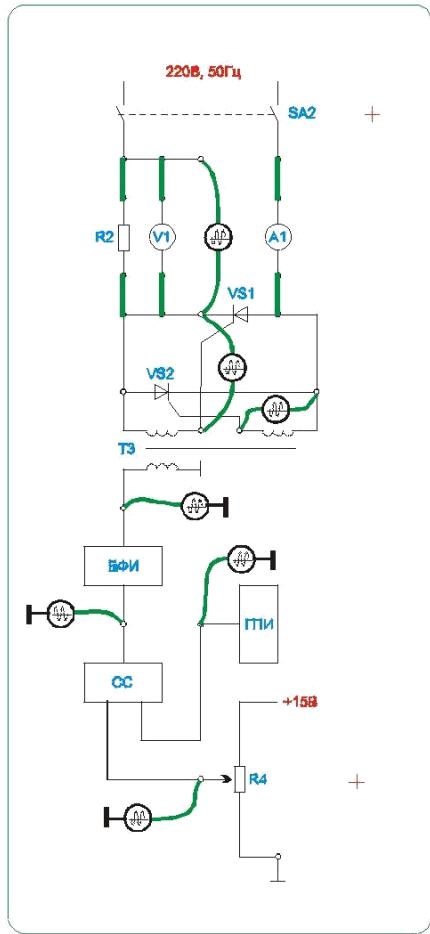


Рисунок 1.

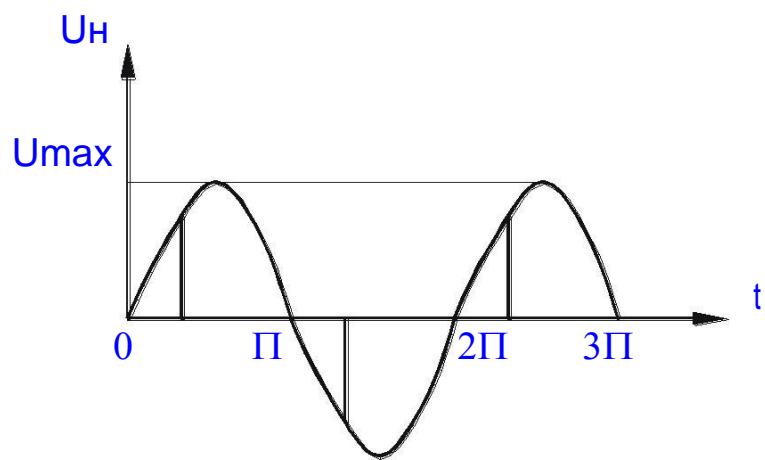


Рисунок 2.

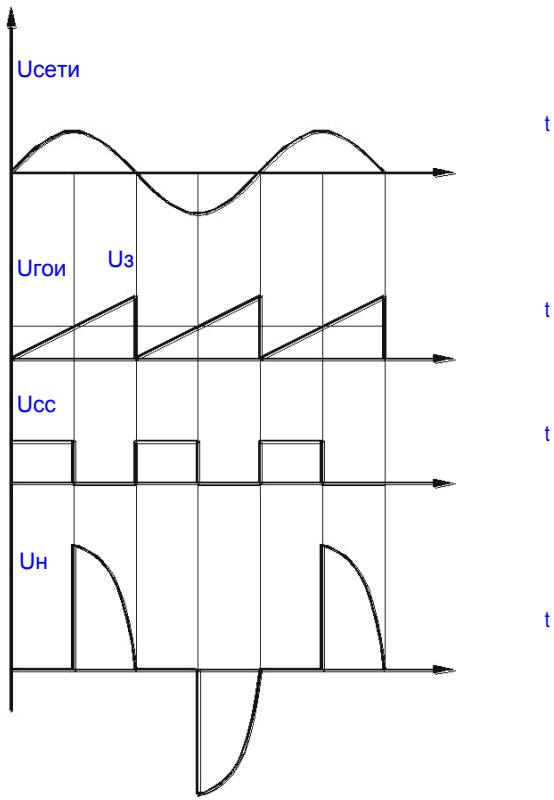


Рисунок 3.

4. Контрольные вопросы.

- 4.1. Рассказать принцип действия тиристорного регулятора напряжения.
- 4.2. Рассказать принцип действия системы управления тиристорным регулятором напряжения.
- 4.3. С какой целью применяется гальваническая развязка силовых и управляющих цепей?
- 4.4. Для чего необходима синхронизация управляющих импульсов с сетевым напряжением?

## ***Лабораторная работа***

**Тема:** Измерение сопротивления заземления (4 часа).

**Цель:** Изучить методику проверки целостности заземления электродвигателей.

**Материальное обеспечение:** Информационный материал, рабочие тетради.

**Общие теоретические положения:**

Все электроустановки (смонтированные или реконструированные) согласно Правилам Устройства Электроустановок (ПУЭ) и Правилам Технической Эксплуатации Электроустановок Потребителей (ПТЭЭП) подвергаются регламентированным электрическим испытаниям.

**Виды испытаний (измерений):**

- проверка состояния элементов заземляющих устройств электроустановок
- проверка наличия цепи и замеры переходных сопротивлений между заземлителями и заземляющими проводниками, заземляемыми оборудованием (элементами) и заземляющими проводниками
- измерение (замер) сопротивления заземляющих устройств всех типов (замер заземления)
- измерение (замер) сопротивления изоляций кабелей, обмоток электродвигателей, аппаратов, вторичных цепей и электропроводок, и электрооборудования напряжением до 1000 В

По результатам электрических измерений (испытаний) составляется Технический отчет с окончательным заключением о состоянии смонтированной электроустановки, который подписывает начальник лаборатории и специалисты, проводившие электроизмерения. Обязательным приложением Технического отчета является копия свидетельства о регистрации электроизмерительной лаборатории. Технический отчет включает в себя следующие протоколы:

- Протокол визуального осмотра
- Протокол наличия цепи между заземлителями и заземленными элементами электрооборудования (металлическая связь)
- Протокол проверки сопротивлений заземлителей и заземляющих устройств
- Протокол измерения сопротивления изоляции проводов, кабелей, аппаратов и обмоток электрических машин

Потребителю электроэнергии очень важно отнестись к данным видам работ внимательно, т.к. они позволяют выявить все недостатки электроустановки: фальсифицированные аппараты защиты и коммутации, целостность проводников и наличие хороших контактов, соответствие выполненной электроустановки электропроекту.

**Замер сопротивления изоляции:**

Сопротивление изоляции измеряется, как правило, для каждого провода относительно остальных заземленных проводов. Если измерения по этой схеме дадут неудовлетворительный результат, то производится замер

сопротивления изоляции каждого провода относительно земли (остальные провода не заземляются) и между каждыми двумя проводами. Если электропроводки, находящиеся в эксплуатации, имеют сопротивление изоляции ниже 1 Мом, то заключение о пригодности делается после испытаний их переменным током промышленной частоты напряжением 1 кВ. Измерение сопротивления заземляющих устройств (контур заземления): Измерение сопротивления заземляющих устройств (замер заземления) проводится с целью проверки его соответствия требованиям нормативных документов (ПУЭ гл. 1.8., ПТЭЭП пр. 3).

Для замера сопротивления заземлителей создается искусственная цепь протекания тока через испытываемый заземлитель. Для этого на некотором расстоянии от испытываемого заземлителя располагается вспомогательный заземлитель (токовый электрод), подключаемый вместе с испытываемым заземлителем к источнику напряжения. Для измерения падения напряжения на испытываемом заземлителе при прохождении через него тока в зоне нулевого потенциала располагается зонд (потенциальный электрод).

Для получения как можно более реальных результатов рекомендуется измерения производить в период наибольшего удельного сопротивления грунта. Сопротивление заземляющего устройства определяется умножением измеренного значения на поправочные коэффициенты, учитывающие конфигурацию устройства, климатические условия и состояние почвы. Для заземлителей, находящихся в промерзшем грунте или ниже глубины промерзания, введение поправочного коэффициента не требуется. Измерение удельного сопротивления грунта проводится, когда измеренное сопротивление заземлителя больше проектного значения или не соответствует нормативным требованиям. В этом случае проверяется допустимая степень этого несоответствия при повышенных удельных сопротивлениях грунта.

Проверка наличия цепи между заземлителями и заземляемыми элементами (металлосвязь):

Измерения производятся с целью определения целостности и непрерывности защитных проводников от измеряемого объекта до заземлителя или магистрали заземления и проводников выравнивания потенциалов, определения сопротивления измеряемого участка защитной цепи и с целью измерения (или отсутствия) напряжения на заземленных корпусах проверяемого оборудования в рабочем режиме.

Качество электрических соединений проверяется осмотром, а сварочных соединений ударами молотка (кувалды) с последующими измерениями цепи. Измерения сопротивления производятся между любой открытой проводящей частью и ближайшей точкой главного проводника системы управления потенциалов. Защитные проводники включают металлические электротехнические трубы, металлические оболочки кабелей.

Замер петли фаза-нуль:

Контур, состоящий из фазы трансформатора и цепи фазного и нулевого проводников принято называть петлей «фаза-нуль».

Измерение сопротивления петли «фаза-нуль» и токов однофазных замыканий проводится с целью проверки надежности срабатывания аппаратов защиты от сверхтоков при замыкании фазного проводника на открытые проводящие части.

Проверка надежности и быстроты отключения поврежденного участка сети состоит в следующем: Определяется ток короткого замыкания на корпус Икз. Этот ток сопоставляется с расчетным током срабатывания защиты испытуемого участка сети. Если возможный в данном участке сети ток аварийного режима превышает ток срабатывания защиты с достаточной кратностью, надежность отключения считается обеспеченной. Ток короткого замыкания Икз - это отношение номинального напряжения сети к полному сопротивлению петли «фаза-нуль». Икз сравнивается с нормами ПТЭЭП.

#### **Проверка наличия электрической цепи между заземленным оборудованием и заземлителем.**

Целью этой проверки является определение непрерывности и надежности цепи заземления. В заземляющих проводниках, соединяющих оборудование с контуром заземления, не должно быть обрывов и неудовлетворительных контактов.

В простых неразветвленных сетях измерение сопротивления переходных контактов производится непосредственно между заземлителем и каждым заземляемым

элементом. В сложных, разветвленных сетях сначала производится измерение сопротивления между заземлителем и отдельными участками заземляющей магистрали, а потом измерение сопротивления между участком и заземленными элементами. Перед измерением необходимо убедиться в отсутствии напряжения на корпусах проверяемого оборудования. Удобнее всего использовать специально предназначенный для таких проверок омметр типа М-372 (рис. 13.1.).

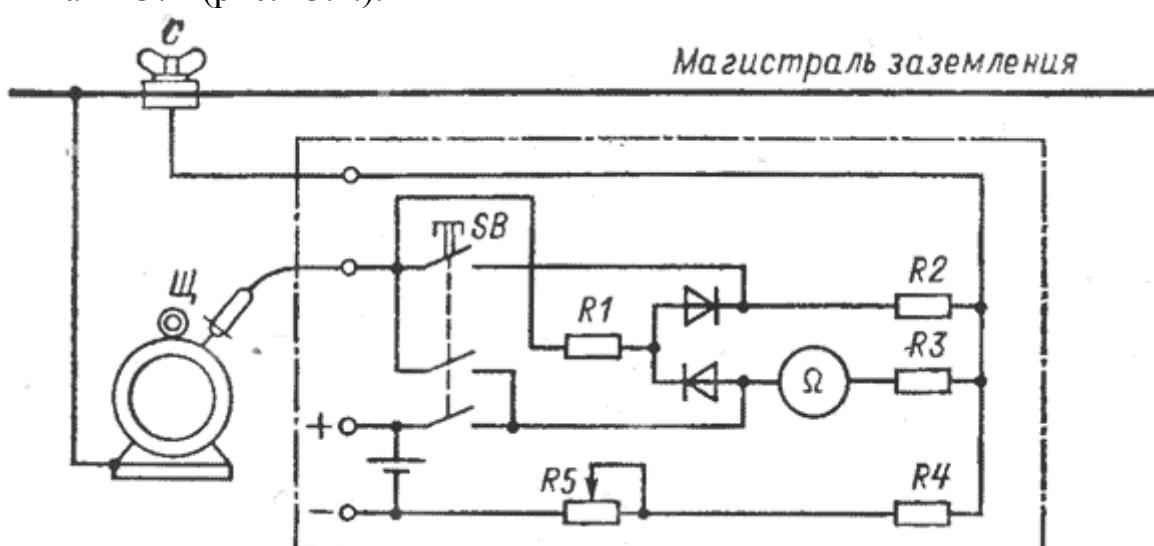


Рис. 13.1. Схема омметра типа М-372

Прибор позволяет обнаруживать напряжение на заземленном (или зануленном) корпусе от 60 (первое деление) до 380 В и измерять сопротивление от 0,1 до 50 Ом. Прибор снабжен ремнем (во время измерений

испытатель может повесить его на грудь), струбциной С, при помощи которой один из зажимов прибора присоединяют к защищенному месту на заземляющей магистрали медным гибким проводом сечением 1,5; 2,5 или 4 мм<sup>2</sup>, длина которого соответственно должна быть 3, 5 или 8 м, и щупом Щ с изолирующей рукояткой и присоединенным к нему гибким проводником сопротивлением 0,035 Ом. Присоединив прибор к струбцине и щупу, корректором R5 устанавливают стрелку на нуль, затем нажимают кнопку SB и рукояткой устанавливают стрелку на отметке бесконечность. Отпустив кнопку, касаются острием щупа очищенного от краски моста на корпусе проверяемого электроприемника. Если стрелка отклоняется, то на корпусе есть напряжение, и нажимать кнопку нельзя во избежание повреждения прибора. Если напряжения нет, то нажимают кнопку и по шкале оценивают сопротивление, которое в большинстве случаев меньше 0,1 Ом.

#### Сопротивление заземляющих проводников

не нормировано, но если оно у какого-то аппарата значительно увеличилось по сравнению с измеренным при последних испытаниях или сильно отличается от сопротивления проводника у других аппаратов, надо тщательно проверить качество переходных контактов цепи, особенно в-месте присоединения заземляющего проводника к корпусу данного аппарата. Для измерения сопротивлений можно также использовать мосты типов ММВ, УМВ, МВУ или измерители сопротивления заземления типа МС-08, у которых одно деление шкалы при положении переключателя «Измерение X0,01» соответствует 0,02 Ом, при этом зажимы 1\ и Е1 соединяют со щупом, а /2 и Е2—с магистралью заземления (или наоборот). Во избежание повреждения прибора при плохом контакте щупа с корпусом электроприемника надо начинать вращать рукоятку осторожно.

При измерении применяются довольно длинные проводнику их сопротивление должно быть учтено при определении сопротивления заземляющего проводника. Для присоединения провода к испытуемому объекту используется специальный щуп из трехгранного напильника с изолирующей ручкой. К напильнику вблизи ручки приваривается контактный зажим для провода. Для присоединения к заземлителю или магистрали заземления и получения хорошего контакта провод снабжается струбциной.

Имеются рекомендации о проведении проверки целостности заземляющих проводников путем подачи в проверяемую цепь через реостат и понизительный трансформатор 300—500 В-Л напряжения 12 В. В этом случае разрыв цепи или плохой контакт будут обнаружены по отсутствию тока, колебанию стрелки амперметра или (малому значению тока. Однако этот способ из-за опасности искрения и значительного нагрева в местах плохого контакта недопустим во взрыво- и пожароопасных помещениях. Измерение электрических сопротивлений во взрыво- и пожароопасных помещениях производится искробезопасным омметром типа М-372И, который имеет неполнонение ИО / водород и может применяться во взрывоопасных помещениях всех классов. Измерение прибором

производится только по специальным схемам, исключающим образование опасной искры при включении прибор.

**Задание к работе:** Изучить информационный и презентационный материал и описать методику проверки наличия электрической цепи между заземленным оборудованием и заземлителем.

**Порядок выполнения работы:**

1. Изучить инструкцию к практической работе.
2. Изучить информационный и презентационный материал.
3. Записать методику проверки наличия электрической цепи между заземленным оборудованием и заземлителем.
4. Составить отчет.

**Содержание отчета:**

1. Тема.
2. Цель.
3. Материальное обеспечение.
4. Выполненная работа.
5. Ответы на вопросы.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. На основании каких документов проводится проверка целостности заземления электродвигателей?
2. Перечислите виды испытаний целостности заземления электродвигателе.
3. В каких документах отражаются результаты проверки целостности заземления электродвигателей?

## ***Практическая работа***

**Тема:** Составление технологических карт по техническому обслуживанию осветительных электроустановок

**Цель:** Научиться правильности составления технологической карты на техническое обслуживание осветительных электроустановок.

**Материальное обеспечение:** Информационный и презентационный материал, рабочие тетради.

### ***Общие теоретические положения:***

Правильная эксплуатация установок естественного и искусственного освещения играет важную роль для создания высокого уровня освещенности в помещениях и экономии электроэнергии, расходуемой на искусственное электрическое освещение.

Эксплуатация осветительных установок включает в себя:

1) регулярную очистку остекления помещений и светильников от загрязнения;

2) своевременную замену перегоревших ламп и контроль за постоянством напряжения в осветительной сети;

3) реализацию мероприятий, способствующих относительно меньшему загрязнению остекления, как, например, покрытие стекол специальными прозрачными пленками, легко удаляемыми при очистке, и др.;

4) повышение общего уровня культуры эксплуатации здания, обеспечивающей в помещениях необходимую чистоту воздуха и отсутствие выброса в атмосферу пыли, дыма, копоти и т. д., а также регулярную уборку помещений, окраску или побелку стен и потолка.

Правильная организация эксплуатации осветительной установки и добросовестный повседневный уход за ней обеспечивают сохранение ее работоспособности и соответствие действующим правилам и нормам. При разработке проекта осветительной установки предусматривается решение вопросов, связанных с обслуживанием светильников и доступом к элементам электрической сети.

При высоте подвеса светильников более 4,5 м (пределная высота для обслуживания со стремянки) для доступа к элементам осветительной установки возможно использование ряда способов. Например, обслуживание с мостовых монтажных, ремонтных и технологических кранов или кран-балок, оборудованных специальными огражденными площадками.

При значительном количестве светильников и размещении их рядами целесообразно устройство специальных светотехнических мостиков, которые располагаются выше кранов и позволяют вести работы по обслуживанию электрооборудования независимо от режима работы кранов и в любое время суток.

При групповом размещении светильников и для обслуживания одиночных светильников может быть предусмотрено устройство огражденных светотехнических площадок или установка специальных скоб с заспинными дугами.

При наличии технического этажа возможна организация обслуживания светильников с него, а в некоторых случаях предусматривается опускание светильников вниз для обслуживания их с пола. Находит также широкое применение обслуживание светильников с помощью передвижных телескопических вышек и выдвижных лестниц различной конструкции.

Независимо от типа применяемых источников света, для любой осветительной установки имеются общие требования к эксплуатационному персоналу и к организации эксплуатации. Эти требования можно сформулировать следующим образом.

Основное правило эксплуатации сводится к регулярному наблюдению, своевременному ремонту и устранению обнаруженных неполадок в работе всех элементов осветительной установки. Поскольку обнаружить неисправности отдельных элементов установки в большинстве случаев можно только по режиму горения ламп, то необходимо систематически вести журнал эксплуатации, в котором нужно отмечать данные о режиме работы осветительной установки (время горения ламп, смена ламп, время чистки светильников, данные о замере изоляции сети, замена вышедших из строя элементов светильников и их ремонт и др.).

На работу ламп оказывает сильное влияние величина напряжения в питающей сети и ее отклонение от номинального значения, поэтому необходимо следить за поддержанием постоянства напряжения в сети, выявлять и устранять причины резких колебаний напряжения. От четкого контроля режима напряжения питающей сети очень часто зависит фактический срок службы ламп.

Пыль и копоть, осаждаясь на отражающих поверхностях светильников, покрывая тонким слоем рассеиватели и колбы ламп, вызывают дополнительное поглощение светового потока, создаваемого источником света, и тем самым снижают коэффициент полезного действия светильника. Постепенное загрязнение стен и потолков уменьшает их коэффициент отражения, при этом возрастает поглощение ими светового потока, что приводит также к снижению освещенности рабочих мест.

В связи с этим хорошее состояние осветительной установки обусловливается своевременной и тщательной очисткой элементов осветительного электрооборудования от всех видов загрязнений, регулярной покраской стен и потолков помещений и проведением планово-предупредительных осмотров и текущих ремонтов электрооборудования.

Очистка. Очищают корпус и конструкции светильников и осветительных установок от пыли щеткой-сметкой и протирают обтирочным материалом. Снимают плафоны и электрические лампы. Плафоны промывают 5 % -ным раствором каустической соды в воде, а затем чистой водой и просушивают. Лампы протирают влажным, обтирочным материалом.

Контактные поверхности Ламп покрывают тонким слоем технического вазелина.

Частота чистки светильников зависит от многих факторов и в первую очередь от среды освещаемого помещения. Так, светильники в цехах металлургического завода нуждаются в большей частоте обслуживания, чем установленные в коридоре больницы. Точно так же светильники в шлифовальной мастерской должны чиститься чаще, чем светильники в зале заседания, расположенных в том же здании.

Количество чисток, определенные главой II-А, 9-71 СНиП «Искусственное освещение. Нормы проектирования» по количеству пыли, дыма и копоти, содержащихся в воздушной среде помещений и наружных пространств, указаны в табл. 1

Таблица 1. Количество чисток светильников

Освещаемые объекты	Количество чисток
Производственные помещения, в воздушной среде которых содержаться пыль, дым и копоть в количествах: 10 мг/м <sup>3</sup> и более От 5 до 10 мг/м <sup>3</sup> Не более 5 мг/м <sup>3</sup>	Не менее 2 раз в месяц 1 раз в месяц 1 раз в 3 месяца
Вспомогательные помещения с нормальной воздушной средой и помещения общественных и жилых зданий	1 раз в 3 месяца
Площадки промышленных предприятий, в воздушной среде которых содержаться пыль, дым и копоть в количествах: Более 5 мг/м <sup>3</sup> До 0,5 мг/м <sup>3</sup>	1 раз в 3 месяца 1 раз в 6 месяцев
Улицы, площади, дороги, территории общественных зданий, жилых районов и выставок, парки, бульвары	1 раз в 6 месяцев

Проверка состояния контактов, ламп, защитных стекол. Осматривают контакты электрических соединений. Окисленные или подгоревшие контактные поверхности зачищают шлифовальной шкуркой и смазывают техническим вазелином. Проверяют соответствие ламп типу светильника или осветительной установки. Если лампа не горит, вначале ее осматривают, а затем омметром проверяют целостность нити накаливания. При обрыве нити накаливания, трещинах на колбе, повреждениях цоколя лампу заменяют новой. Осматривают защитные стекла светильников. Защитные стекла, имеющие трещины и сколы, заменяют. Проверка крепления. Пошатыванием рукой проверяют надёжность крепления светильника или осветительной

установки, пускорегулирующего аппарата, конденсатора, стартера, клеммных колодок, выключателя и других элементов. При необходимости крепежные соединения подтягивают выключатели, переключатели, штепсельные розетки. Рекомендуемые сроки планово-предупредительных осмотров и ремонтов всех перечисленных элементов осветительной установки указаны в табл. 2.

Таблица 2. Рекомендуемые сроки планово-предупредительных осмотров и ремонтов.

Объекты осмотра	Для помещений с нормальной средой и для установок наружного освещения	Для помещений сырых, особо сырых, пыльных, с едкимиарами или газами, пожара-или взрывоопасных
Щитки, выключатели, штепсельные розетки, осветительные приборы и др. осветительные установки	1 раз в 4 месяца	1 раз в 2 месяца
Те же, но относящиеся к аварийному освещению, за исключением розеток, штепсельных	1 раз в 2 месяца	1 раз в месяц

Осмотром и проверкой светильников должны устанавливаться: наличие, целостность и надежность закрепления рассеивателей, защитных стекол, экранирующих решеток, отражателей, надежность электрических контактов, состояние изоляции зарядных проводов, должны устанавливаться и устраняться возникающие неисправности в светильниках с люминесцентными лампами, причиной которых могут быть лампы, стартеры, ПРА, ошибки в схеме и др.

Проверка уплотнений. Осмотром проверяют состояние уплотняющих прокладок и уплотнений проводов. Уплотняющие прокладки и уплотнения должны плотно прилегать к поверхностям и не иметь разрывов и трещин. Поврежденные уплотнения заменяют. Проверка изоляции проводов. Осматривают изоляцию проводов в месте ввода в светильник. Места на проводе с трещинами и обугленными участками изолируют изоляционной лентой. Проверка заземления. Осматривают заземление и при необходимости зачищают контакты.

**Задание к работе:** Составить технологическую карту обслуживания осветительных установок по аналогии.

№ п-п	Вид работ	Срок проведения	Инструменты и приспособления

**Порядок выполнения работы:**

1. Изучить инструкцию к практической работе.
2. Изучить информационный и презентационный материал.
3. Составить технологическую карту ТО осветительных установок.
4. Составить отчет.

**Содержание отчета:**

1. Тема.
2. Цель.
3. Материальное обеспечение.
4. Выполненная технологическая карта.
5. Ответы на вопросы.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Что включает в себя эксплуатация осветительных установок?
2. Какие приспособления используются для осмотра осветительных установок при высоте подвеса более 4,5 м?
3. Запишите основное правило эксплуатации осветительных установок.
4. Какая документация заполняется при эксплуатации осветительных установок?
5. Какие документы определяют сроки ТО осветительных установок?

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ

### РАСЧЕТ ОДНОФАЗНЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ

Составить схему двухполупериодного мостового выпрямителя, определить действующее  $U_2$  и амплитудное  $U_{2m}$  значения напряжения на вторичной обмотке трансформатора, его коэффициент трансформации  $K$ , постоянную составляющую выпрямленного тока  $I_0$  и его амплитудное значение, мощность  $P$ , выделяемую в нагрузочном резисторе  $R_h$ . Выбрать полупроводниковые вентили для выпрямителя.

Значения выпрямленного напряжения  $U_0$  на нагрузочном резисторе, сопротивления нагрузочного резистора  $R_h$  и напряжение питающей сети  $U_1$  взять из таблицы 1.

Таблица 1.

Вариант	$U_0$ , В	$R_h$ , Ом	$U_1$ , В
1	100	125	127
2	500	1680	220
3	20	4	127
4	80	10	220
5	100	20	127
6	250	150	220
7	150	50	127
8	500	100	220
9	350	175	127
0	60	15	220

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЗАДАЧЕ

относится к расчету выпрямителей переменного тока, собранных на полупроводниковых выпрямительных диодах.

Наибольшее применение нашла однофазная двухполупериодная мостовая схема выпрямителя.

Основными параметрами при выборе диодов являются допустимый ток  $I_{\text{доп}}$ , на который рассчитан диод, и величина обратного напряжения  $U_{\text{обр}}$ , которое выдерживает диод в непроводящий период, т.е. при обратном включении.

Для мостовой схемы выпрямления допустимый ток диода  $I_{\text{доп}} \geq I_0$ . Амплитудное значение напряжения на вторичной обмотке трансформатора

$$U_{m2} = \sqrt{2} \cdot U_2,$$

где  $U_2 = U_o / 0,9$  – действующее значение напряжения на вторичной обмотке трансформатора.

$$U_{\text{обр},\text{max}} = U_{m2} / 2$$

$$U_{\text{доп}} \geq U_{\text{обр},\text{max}}$$

**Таблица 1. Исходные данные к задаче**

Вариант	$U_0, \text{ В}$	$R_H, \text{ Ом}$	$U_1, \text{ В}$
<b>1</b>	100	125	127
<b>2</b>	500	1680	220
<b>3</b>	20	4	127
<b>4</b>	80	10	220
<b>5</b>	100	20	127
<b>6</b>	250	150	220
<b>7</b>	150	50	127
<b>8</b>	500	100	220
<b>9</b>	350	175	127
<b>0</b>	60	15	220

**Таблица 2. Технические данные полупроводниковых диодов**

Тип диода	$I_{\text{доп}}, \text{ А}$	$U_{\text{обр}}, \text{ В}$	Тип диода	$I_{\text{доп}}, \text{ А}$	$U_{\text{обр}}, \text{ В}$
Д7Г	0,3	200	Д231	10	300
Д205	0,4	400	Д231Б	5	300
Д207	0,1	200	Д232	10	400
Д209	0,1	400	Д232Б	5	400
Д210	0,1	500	Д233	10	500
Д211	0,1	600	Д233Б	5	500
Д214	5	100	Д234Б	5	600
Д214А	10	100	Д242	5	100
Д214Б	2	100	Д242А	10	100
Д215	2	200	Д242Б	2	100
Д215А	10	200	Д243	5	200
Д215Б	2	200	Д243А	10	200
Д217	0,1	800	Д243Б	2	200
Д218	0,1	1000	Д244	5	50
Д221	0,4	400	Д244А	10	50
Д222	0,4	600	Д244Б	2	50
Д224	5	50	Д302	1	200
Д224А	10	50	Д303	3	150
Д224Б	2	50	Д304	3	100
Д226	0,3	400	Д305	6	50
Д226А	0,3	300	Д202А	3	50
			Д202Н	1	500

**Пример** Определить действующее  $U_2$  и амплитудное  $U_{2m}$  значения напряжения на вторичной обмотке трансформатора, его коэффициент трансформации  $K$ , постоянную составляющую выпрямленного тока  $I_0$ ; выбрать полупроводниковые вентили для двухполупериодного выпрямителя, выполненного по мостовой схеме (см. Данилов И.А., Иванов П.М. *Общая электротехника с основами электроники*, с. 529, рис. 18.4).

Выпрямленное напряжение на нагрузочном резисторе  $U_0 = 350$  В, сопротивление нагрузочного резистора  $R_H = 1400$  Ом, напряжение питающей сети  $U_1 = 127$  В.

**Решение:**

1. Действующее значение напряжения на вторичной обмотке трансформатора

$$U_2 = U_o / 0,9 = 350 / 0,9 \approx 390 \text{ В.}$$

2. Коэффициент трансформации трансформатора

$$K = U_1 / U_2 = 127 / 390 = 0,333.$$

3. Амплитудное значение напряжения на вторичной обмотке трансформатора

$$U_{m2} = \sqrt{2} \cdot U_2 = 1,41 \cdot 390 \approx 550 \text{ В.}$$

4. Значение максимального обратного напряжения ветвления в данной мостовой схеме

$$U_{\text{обр. max}} = U_{m2} / 2 = 550 / 2 = 275 \text{ В.}$$

5. Постоянная составляющая выпрямленного тока

$$I_0 = U_o / R_H = 350 / 1400 = 0,25 \text{ А.}$$

6. Амплитудное значение выпрямленного тока

$$I_{2m} = \frac{\pi \cdot I_0}{2} = \frac{3,14 \cdot 0,25}{2} = 0,393 \text{ А.}$$

или

$$I_{2m} = \frac{U_{m2}}{R_H} = \frac{550}{1400} = 0,393 \text{ А.}$$

7. Мощность, выделяемая в сопротивлении нагрузочного резистора

$$P = U_o \cdot I_o = 350 \cdot 0,25 = 87,5 \text{ Вт},$$

или

$$P = I_o^2 \cdot R_H = 0,25^2 \cdot 1400 = 87,5 \text{ Вт}.$$

8. По таблице 2., исходя из расчетного значения тока  $I_0$  и  $U_{\text{обр. max}}$ , выбираем вентили Д205 с номинальными (допускаемыми) данными  $I_{\text{доп}} = 0,4 \text{ А}$ ,  $U_{\text{обр. max доп}} = 400 \text{ В}$ .

# ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

## Тема: Расчет эксплуатационных показателей трехфазного трансформатора

*Обучающийся должен*

*знать:*

- устройство, назначение трансформаторов;

*уметь:*

- определять параметры трехфазных трансформаторов;

**Задача.** Для трехфазного трансформатора известны: мощность  $S_{\text{ном}}$ ; первичное и вторичное напряжения  $U_{\text{ном}1}$ ,  $U_{\text{ном}2}$ ; первичный и вторичный токи  $I_{\text{ном}1}$ ,  $I_{\text{ном}2}$ ; коэффициент трансформации  $K$ ; потери в стали  $P_{\text{ст}}$  и в обмотках  $P_{0\text{ном}}$ . Активные сопротивления обмоток  $R_1$  и  $R_2$ ; КПД трансформатора при полной нагрузке и коэффициенте мощности нагрузки  $\cos\phi_2$  равен  $\eta_{\text{ном}}$ . Обмотки соединены в звезду. Потери мощности в обмотках распределяются поровну между ними. Определить величины, отмеченные прочерками, в таблице с исходными данными.

**Таблица. Исходные данные к задаче.**

Вариант	$S_{\text{ном}}$ , кВ·А	$U_{\text{ном}1}$ , кВ	$U_{\text{ном}2}$ , кВ	$I_{\text{ном}1}$ , А	$I_{\text{ном}2}$ , А	$K$	$P_{\text{ст}}$ , Вт	$P_{0\text{ном}}$ , Вт	$R_1$ , Ом	$R_2$ , Ом	$\cos\phi_2$	$\eta_{\text{ном}}$
1	630	-	0,4	60,7	-	-	1,31	-	0,344	-	0,6	-
2	-	-	0,4	14,45	360,8	-	-	-	3,35	0,00538	-	0,981
3	1000	-	-	57,7	-	14,5	2,45	12,2	-	-	-	0,979
4	-	6	-	-	909	15	1,31	-	-	-	0,6	0,977
5	-	10	0,69	-	837	14,5	-	-	0,626	-	-	0,976
6	400	6	-	-	-	15	-	-	-	0,0029	0,75	0,978
7	-	6	0,4	-	-	-	-	7,6	-	0,00153	0,8	0,98
8	250	10	-	-	-	25	0,74	4,2	-	-	1,0	-
9	-	10	0,69	-	387	-	-	-	0,626	0,0029	0,92	-
10	160	6	0,23	-	-	-	0,51	3,1	-	-	0,8	-

**Пример:**

**Задача.** Трехфазный трансформатор имеет следующие номинальные данные: мощность  $S_{\text{ном}} = 160$  кВ·А, напряжения обмоток  $U_{\text{ном}1} = 10$  кВ,  $U_{\text{ном}2} = 0,4$  кВ. Коэффициент его нагрузки  $k_H = 0,8$ ; коэффициент мощности потребителя  $\cos\phi_2 = 0,95$ . Сечение магнитопровода  $Q = 160$  см<sup>2</sup>, амплитуда магнитной индукции  $B_m = 1,3$  Тл. Частота тока в сети  $f = 50$  Гц.

**Определить:** 1) номинальные токи в обмотках и токи при действительной нагрузке; 2) числа витков обмоток; 3) КПД при номинальной и действительной нагрузках. Обмотки трансформатора соединены в звезду.

*Решение.*

1. Номинальные токи в обмотках:

$$I_{\text{ном1}} = \frac{S_{\text{ном}} 1000}{(\sqrt{3} U_{\text{ном1}})} = \frac{160 \cdot 1000}{1,73 \cdot 10000} = 9,25 A;$$

$$I_{\text{ном2}} = \frac{S_{\text{ном}} 1000}{(\sqrt{3} U_{\text{ном2}})} = \frac{160 \cdot 1000}{1,73 \cdot 400} = 231 A.$$

2. Токи в обмотках при заданном коэффициенте нагрузки:

$$I_1 = k_n I_{\text{ном1}} = 0,8 \cdot 9,25 = 7,4 A;$$

$$I_2 = k_n I_{\text{ном2}} = 0,8 \cdot 231 = 185 A.$$

3. Фазные ЭДС в обмотках при соединении обмоток  $\lambda/\lambda$ :

$$E_{\phi 1} = \frac{U_{\text{ном1}}}{\sqrt{3}} = \frac{10000}{1,73} = 5774 B;$$

$$E_{\phi 2} = \frac{U_{\text{ном2}}}{\sqrt{3}} = \frac{400}{1,73} = 230 B.$$

4. Числа витков обмоток находим из формулы:

$$E_{\phi 1} = 4,44 f \omega_1 \Phi_m = 4,44 f \omega_1 B_m Q,$$

откуда число витков

$$\omega_1 = \frac{E_{\phi 1}}{(4,44 B_m Q)} = \frac{5774}{(4,44 \cdot 50 \cdot 1,3 \cdot 0,016)} = 1250;$$

$$\omega_2 = \frac{\omega_1 E_{\phi 2}}{E_{\phi 1}} = \frac{1250 \cdot 230}{5774} = 50.$$

5. КПД при номинальной нагрузке. Предварительно из табл. 3 находим потери в стали  $P_{ct}=0,51$  кВт и потери в обмотках  $R_{0\text{ном}}=3,1$  кВт. Тогда КПД

$$\eta_{\text{ном}} = \frac{S_{\text{ном}} \cos \varphi_2}{(S_{\text{ном}} \cos \varphi_2 + P_{ct} + P_{0\text{ном}})} = \frac{160 \cdot 0,95}{(160 \cdot 0,95 + 0,51 + 3,1)} = 0,977, \text{ или } 97,7\%.$$

КПД при действительной нагрузке

$$\eta = \frac{k_n S_{\text{ном}} \cos \varphi_2}{(k_n S_{\text{ном}} \cos \varphi_2 + P_{ct} + k_n^2 P_{0\text{ном}})} = \frac{0,8 \cdot 160 \cdot 0,95}{(0,8 \cdot 160 \cdot 0,95 + 0,51 + 0,8^2 \cdot 3,1)} = 0,98, \text{ или } 98\%.$$

Тип трансформатора	$S_{\text{ном}}$ , кВ·А	Напряжения обмоток, кВ		Потери мощности, кВт		$U_{\text{к.}}$ , %	$I_{\text{к.}}$ , %
		$U_{\text{ном1}}$	$U_{\text{ном2}}$	$P_{ct}$	$P_{\text{ном}}$		
TM-100/6; 10	100		0,23; 0,4	0,33	2,27	6,8	2,6
TM-160/6; 10	160		0,23; 0,4; 0,69	0,51	3,1	4,7	2,4
TM-250/6; 10	250		0,23; 0,4; 0,69	0,74	4,2	4,7	2,3
TM-400/6; 10	400	6; 10	0,23; 0,4; 0,69	0,95	5,5	4,5	2,1
TM-630/6; 10	630		0,23; 0,4; 0,69	1,31	7,6	5,5	2,0
TM-1000/6; 10	1000		0,23; 0,4; 0,69	2,45	12,2	5,5	2,8
TM-1600/6; 10	1600		0,23; 0,4; 0,69	3,3	18,0	5,5	2,6
TM-2500/10	2500	10	0,4; 0,69; 10,5	4,3	24,0	5,5	1,0

Таблица

Примечание. Трансформатор TM-400/10 - с масляным охлаждением, трехфазный с  $S_{\text{ном}} = 400$  кВ·А;  $U_{\text{ном1}} = 10$  кВ и  $U_{\text{ном2}} = 0,23$  или  $0,4$ , или  $0,69$

кВ; потери в стали  $P_{ст} = 0,95$  кВт; потери в обмотках  $P_{0\text{ nom}} = 5,5$  кВт; напряжение короткого замыкания  $U_K = 4,5\%$ ; ток холостого хода  $I_{1x} = 2,1\%$ .

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА**  
**Технологическая карта процесса изоляционно-обмоточных работ.**

<b>№ п/п</b>	<b>Операции</b>	<b>Порядок проведения</b>
1	Подготовка изолирующих деталей (пазовые коробочки, прокладки, клинья, трубочки и т.п.)	Материалы подбирают по классу нагревостойкости и электрической прочности.
2	Укладка пазовой изоляции в статор	<p>Пазовую изоляцию вначале изготавливают в виде коробочек, затем укладывают в пазы статора и тщательно обжимают по периметру паза. Место выхода коробочки из паза является ответственной частью. Для усиления этой части изоляции предусматривается уширение паза с края сердечника с закладкой U – образной скобочки из электрокартона.(на рисунке.)</p>
3	Изготовление катушек	Катушки изготавливают на специальных обмоточных станках, снабженных счётчиками числа витков. На станок устанавливают шаблоны, подобранные по размерам в соответствии с габаритными размерами и типом обмотки электрической машины.
4	Укладка катушек в статор, установка межфазной изоляции и пазовых клиньев	Производится на специальных столах обмотчика. На поворотный диск размещают загильзованный статор и вводят в его расточку катушечную группу. С одной стороны первой катушки снимают нить и витки поочерёдно, один за одним, вводят в паз с помощью текстолитовой пластины – проводника, на допуская перекрещивания проводов в

		<p>пазу. Лобовые части катушек разных фаз при укладке отделяют одна от другой прокладками из лакоткани. Изолировка секций начинается с изолировки выводных концов, изолируемых на длину до середины лобовой наклонной части. Выводные концы подвязывают к секции бандажом их шпагата.( На рисунке изолировочный станок)</p>
5	Бандажировка и рихтовка лобовых частей	<p>Лобовые части вначале располагают симметрично, отгибают в одну, две или три плоскости, устанавливают межфазовые изолирующие прокладки и бандажируют копирной лентой.</p>
6	Изготовление и приварка выводных концов	<p>При небольшом сечении проводов соединение наиболее просто производится сваркой. К зачищенным и скрученным концам прикасаются металлическим электродом, а к концу скрутки – угольным. Электрической дугой конец скрутки оплавляется в небольшой шарик.</p>
7	Испытание схемы и изоляции обмотки до пропитки	<p>Для проверки электрической прочности изоляции изоляции между обмотками или между обмоткой и корпусом прикладывают повышенное переменное напряжение частотой 50 Гц и выдерживают в течение 1 мин.</p>
8	Пропитка и сушка	<p>Пропитка обмоток состоит в погружении</p>

	обмотки	статора(ротора или якоря) в ванну с лаком на 10...40 мин. Если лак подогрет до 50...60 градусов, то достаточно выдерживать 10...15 мин, в холодном лаке выдержка должна составлять 40 мин. Производится нагрев обмотки до температуры класса нагревостойкости различными способами: в сушильных печах, пропусканием тока через обмотку , инфракрасными или индукционными облучателями – нагревателями.
--	---------	--

**Практическое занятие**  
**Заполнение документации ЭТС**  
**ФОРМА НАРЯДА-ДОПУСКА ДЛЯ РАБОТЫ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ И  
УКАЗАНИЯ ПО ЕГО ЗАПОЛНЕНИЮ**

Организация \_\_\_\_\_  
Подразделение \_\_\_\_\_

**НАРЯД-ДОПУСК № \_\_\_\_\_**  
**для работы в электроустановках**

Ответственному руководителю работ \_\_\_\_\_  
(фамилия, инициалы)

допускающему \_\_\_\_\_  
(фамилия, инициалы)

Производителю работ \_\_\_\_\_  
(фамилия, инициалы)

наблюдающему \_\_\_\_\_  
(фамилия, инициалы)

с членами бригады \_\_\_\_\_  
(фамилия, инициалы)

\_\_\_\_\_  
(фамилия, инициалы)

поручается \_\_\_\_\_

Работу начать: дата \_\_\_\_\_ время \_\_\_\_\_  
(дата) (время)

Работу начать: дата \_\_\_\_\_ время \_\_\_\_\_  
(дата) (время)

**Меры по подготовке рабочих мест**

Наименование электроустановок, в которых нужно провести отключения и установить заземления	Что должно быть отключено и где заземлено
1	2


Отдельные указания \_\_\_\_\_

Подпись \_\_\_\_\_

Фамилия \_\_\_\_\_  
(подпись) (фамилия, инициалы)

Подпись \_\_\_\_\_

Фамилия \_\_\_\_\_  
(подпись) (фамилия, инициалы)

Дата \_\_\_\_\_ время \_\_\_\_\_  
(дата) (время)

## **Разрешение на подготовку рабочих мест и на допуск к выполнению работ**

Рабочие места подготовлены. Под напряжением остались:

---

---

Допускающий

---

(подпись)

Ответственный руководитель работ  
(производитель работ или наблюдающий)

---

(подпись)

### **Ежедневный допуск к работе и время ее окончания**

Бригада получила целевой инструктаж и допущена на подготовленное рабочее место				Работа закончена, бригада удалена	
Наименование рабочего места	Дата, время	Подписи (подпись) (фамилия, инициалы)		Дата, время	Подпись производителя работ (наблюдающего) (подпись) (фамилия, инициалы)
		допускающего	производителя работ (наблюдающего)		
1	2	3	4	5	6

### **Изменения в составе бригаде**

Введен в состав бригады (фамилия, инициалы, группа)	Выведен из состава бригады (фамилия, инициалы, группа)	Дата, время (дата, время)	Разрешил (подпись) (фамилия, инициалы)
---	--	---------------------------	--

1	2	3	4

### Регистрация целевого инструктажа при первичном допуске

Инструктаж провел	Инструктаж получил
Лицо, выдавшее _____ наряд _____ _____ (подпись)	Ответственный руководитель работ _____ (производитель работ, наблюдаю- щий) _____ (подпись)
Допускающий _____ _____ (подпись)	Ответственный руководитель работ _____ (подпись) Члены бригады _____ _____ (подпись) Производитель работ _____ (наблюдающий) _____ (подпись)
Ответственный руководитель работ _____ _____ (подпись) Производитель работ _____ (наблюдающий) _____ (подпись)	Производитель работ _____ (подпись) Члены бригады _____ _____ (подпись)

Работа полностью закончена, бригада удалена, заземления, установленные бригадой, сняты, сообщено

(кому) \_\_\_\_\_

(должность) \_\_\_\_\_

(фамилия, инициалы) \_\_\_\_\_

Дата \_\_\_\_\_ время \_\_\_\_\_

(дата) \_\_\_\_\_ (время) \_\_\_\_\_

Производитель работ (наблюдающий)

---

(подпись) (фамилия, инициалы)

Ответственный руководитель работ

---

(подпись) (фамилия, инициалы)

**УКАЗАНИЯ**

**по заполнению наряда-допуска  
для работы в электроустановках**

1. Записи в наряде должны быть разборчивыми. Заполнение наряда карандашом и исправление текста запрещаются.
2. Система нумерации нарядов устанавливается руководством организации.
3. При указании дат пишутся число, месяц и две последние цифры, обозначающие год, например: 29.09.00, 19.12.01, 30.01.02.
4. Кроме фамилий работников, указываемых в наряде, записываются их инициалы и группа по электробезопасности.
5. В наряде указываются диспетчерские наименования (обозначения) электроустановок, присоединений, оборудования.
6. В случае недостатка строк в таблицах основного бланка наряда разрешается прикладывать к нему дополнительный бланк под тем же номером с указанием фамилии и инициалов выдающего наряд для продолжения записей. При этом в последних строках соответствующей таблицы основного бланка следует записать: «См. дополнительный бланк».

**Лицевая сторона наряда**

7. В строке «Подразделение» указывается структурное подразделение (цех, служба, район, участок) организации, в электроустановках которой предстоят работы.
8. В случаях, когда ответственный руководитель работ не назначается, в строке «Ответственному руководителю работ» указывается «Не назначается».
9. В строке «допускающему» указывается фамилия допускающего, назначаемого из числа оперативного персонала, или производителя (ответственного руководителя) работ из числа ремонтного персонала, совмещающего обязанности допускающего. При выполнении работ в электроустановках, где допускающим является работник из числа местного

оперативного персонала, в строке записывается «оперативному персоналу» без указания фамилии.

10. В строке «с членами бригады» перечисляются члены бригады, выполняющие работы в электроустановке. При выполнении работ с применением автомобилей, механизмов и самоходных кранов указывается, кто из членов бригады является водителем, крановщиком, стропальщиком, а также тип механизма или самоходного крана, на котором он работает.

11. В строке «поручается»:

для электроустановок РУ и КЛ указываются наименование электроустановки и ее присоединений, в которых предстоит работать, содержание работы; для ВЛ указываются наименование линии и граница участка, где предстоит работать (номер опор, на которых или между которыми, включая их, будет проводиться работа, отдельные пролеты), а также содержание работы. Для многоцепной ВЛ указывается также наименование цепи, а при пофазном ремонте – и расположение фазы на опоре.

12. В строках «Работу начать» и «Работу закончить» указываются дата и время начала и окончания работы по данному наряду.

13. При работе в электроустановках РУ и на КЛ в таблице «Меры по подготовке рабочих мест» указываются:

в графе 1 – наименование электроустановок, в которых необходимо провести операции с коммутационными аппаратами и установить заземления;

в графе 2 – наименования (обозначения) коммутационных аппаратов, присоединений, оборудования, с которыми проводятся операции, и места, где должны быть установлены заземления.

Отключения во вторичных цепях, в устройствах релейной защиты, электроавтоматики, телемеханики, связи указывать в этой таблице не требуется.

14. При работе на ВЛ в таблице «Меры по подготовке рабочих мест» указываются:

в графе 1 – наименования линий, цепей, проводов, записанные в строке «поручается» наряда, а также наименования других ВЛ или цепей, подлежащих отключению и заземлению в связи с выполнением работ на ремонтируемой ВЛ или цепи (например, ВЛ, пересекающихся с ремонтируемой линией или проходящих вблизи нее, других цепей многоцепной ВЛ и т.п.);

в графе 2 для ВЛ, отключаемых и заземляемых допускающим из числа оперативного персонала, - наименование коммутационных аппаратов в РУ и

на самой ВЛ, с которыми проводятся операции, и номера опор, на которых должны быть установлены заземления.

В этой же графе должны быть указаны номера опор или пролеты, где производитель работ должен установить заземления на провода и тросы на рабочем месте в соответствии с пп. 3.6.2, 3.6.6, 3.6.8, 3.6.10, 3.6.12 настоящих правил.

Если места установки заземлений при выдаче наряда определить нельзя или работа будет проводиться с перестановкой заземлений, в графе указывается «Заземлить на рабочих местах».

В графе 2 должны быть указаны также места, где производитель работ должен установить заземления на ВЛ, пересекающихся с ремонтируемой или проходящей вблизи нее. Если эти ВЛ эксплуатируются другой организацией (службой), в строке наряда «Отдельные указания» должно быть указано о необходимости проверки заземлений, устанавливаемых персоналом этой организации (службы).

15. В таблицу «Меры по подготовке рабочих мест» должны быть внесены те операции с коммутационными аппаратами, которые нужны для подготовки непосредственно рабочего места. Переключения, выполняемые в процессе подготовки рабочего места, связанные с изменением схем (например, перевод присоединений с одной системы шин на другую, перевод участка сети с одного источника питания на другой и т.п.), в таблицу не записываются.

16. В тех случаях, когда допускающему из числа оперативного персонала при выдаче наряда поручается допуск на уже подготовленные рабочие места, в графу 2 таблицы выдающий наряд вносит перечень отключений и заземлений, необходимых для подготовки рабочих мест, и указывает, какие из этих операций уже выполнены.

При работах, не требующих подготовки рабочего места, в графах таблицы делается запись «Не требуется».

17. В строке «Отдельные указания» указываются:

дополнительные меры, обеспечивающие безопасность работников (установка ограждений, проверка воздуха в помещении на отсутствие водорода, меры пожарной безопасности и т.п.);

этапы работы и отдельные операции, которые должны выполняться под непрерывным управлением ответственного руководителя работ (п. 2.1.5 настоящих Правил);

в случае оформления наряда наблюдающему – фамилия и инициалы ответственного работника, возглавляющего бригаду )п. 2.1.8 настоящих Правил);

разрешение ответственному руководителю и производителю работ выполнять перевод работников на другое рабочее место (п. 32.9.1 настоящих Правил);

разрешение ответственному руководителю работ (наблюдающему) осуществлять повторный допуск ( п. 2.10.3 настоящих Правил);

разрешение включить электроустановку или ее часть (отдельные коммутационные аппараты) без разрешения или распоряжения оперативного персонала ( п. 2.12.2 настоящих Правил);

разрешается на временное снятие заземлений ( п. 3.5.5 настоящих Правил);

разрешение производителю работ оперировать коммутационными аппаратами (п. 9.2 настоящих Правил);

указание о том, что ремонтируемая линия находится в зоне наведенного напряжения от другой ВЛ (п. 4.15.43 настоящих Правил);

дополнительные требования, предъявляемые к мерам безопасности при работах в зоне влияния электрического и магнитного поля (п. 4.1.18 настоящих Правил);

указание о необходимости проверки заземления ВЛ других организаций (п. 14 настоящего приложения),

Выдающему наряд разрешается вносить по своему усмотрению в эти строки и другие записи, связанные с выполняемой работой.

18. В строках «Наряд выдал» и «Наряд продлил» выдающий наряд указывает дату и время его подписания.

Работники, выдающие и продлевавшие наряд, помимо подписи должны указывать свою фамилию.

19. Таблица «Разрешение на подготовку рабочих мест и на допуск к выполнению работ» заполняется при получении разрешения на подготовку рабочего места и первичный допуск.

В графе 1 работники, подготавливающие рабочие места, и допускающий указывают должности и фамилии работников, выдавших разрешение на подготовку рабочих мест и на допуск к выполнению работ. При передаче разрешений лично в графе 1 расписываются работники, выдающие разрешение, с указанием своей должности.

В графе 2 указываются дата и время выдачи разрешения.

В графе 3 расписываются работники, получившие разрешение на подготовку рабочих мест и на допуск к выполнению работ. При подготовке рабочих мест несколькими работниками или работниками различных цехов в графе 3 расписываются все, кто готовил рабочие места.

Если разрешения на подготовку рабочего места и на допуск запрашиваются не одновременно, то в таблице «Разрешение на подготовку рабочих мест и на допуск к выполнению работ» заполняют две строки: одну по разрешению на подготовку рабочего места, другую – по разрешению на допуск.

### Оборотная сторона наряда

20. При работах в РУ и на КЛ в строках «Рабочие места подготовлены. Под напряжением остались» допускающий указывает наименования оставшихся под напряжением токоведущих частей ремонтируемого и соседних присоединений(или оборудования соседних присоединений), ближайших к рабочему месту.

При работах на ВЛ в этих строках записываются наименования токоведущих частей, указанные выдающим наряд в строках «Отдельные указания», а при необходимости и наименования других токоведущих частей.

Допускающий и ответственный руководитель работ (производитель работ, наблюдающий, если ответственный руководитель не назначен) расписываются под строками «Рабочие места подготовлены. Под напряжением остались» только при первичном допуске к выполнению работ.

21. В таблице «Ежедневный отпуск к работе и время ее окончания» оформляются ежедневный допуск к работе и ее окончание, в том числе допуск при переводе на другое рабочее место.

Если производитель работ совмещает обязанности допускающего, а также если производителю работ разрешено проводить повторный допуск бригады к выполнению работ, он расписывается в графах 3 и 4.

Когда ответственному руководителю работ разрешено проводить повторный допуск бригады к работам, он расписывается в графе 3.

Окончание работ, связанное с окончанием рабочего дня, производитель работ (наблюдающий) оформляет в графах 5и 6.

22. В таблице «Изменения в составе бригады» при вводе в состав бригады или выводе из ее состава водителя автомобиля или машиниста механизма, крановщика указывается также тип закрепленного за ним автомобиля, механизма или самоходного крана. В графе 4 расписывается работник, выдавший разрешение на изменение состава бригады. При передаче разрешения по телефону, радио производитель работ в графе 4 указывает фамилию этого работника.

23. После полного окончания работ производитель работ (наблюдающий) и ответственный руководитель работ расписываются в соответствующих

строках наряда, указывая при этом дату и время полного окончания работ. Если ответственный руководитель работ не назначался, то подпись в строке «Ответственный руководитель работ» не ставится.

Если во время оформления в наряде полного окончания работы оперативный персонал или допускающий из числа оперативного персонала отсутствует либо производитель работ совмещает обязанности допускающего, производитель работ или наблюдающий оформляет полное окончание работ только в своем экземпляре наряда, указывая должность и фамилию работника, которому он сообщил о полном окончании работ, а также дату и время сообщения.

Если во время оформления в наряде полного окончания работы оперативный персонал или допускающий из числа оперативного персонала присутствует, производитель работ или наблюдающий оформляет полное окончание работ в обоих экземплярах наряда.

Если бригада заземлений не устанавливала, то слова «заземления, установленные бригадой сняты» из текста сообщения вычерчиваются.

24. Допуску к работе по наряду предшествует проведение целевого инструктажа, оформляемого в таблице «Регистрация целевого инструктажа при первичном допуске». Проведение целевого инструктажа должно охватывать всех участвующих в работе по наряду работников – от выдавшего наряд до членов бригады.

Подписи работников в таблице целевого инструктажа являются подтверждением проведения и получения инструктажа.

## **ЖУРНАЛ УЧЕТА РАБОТ ПО НАРЯДАМ И РАСПОРЯЖЕНИЯМ**

Работы в электроустановках по нарядам-допускам (далее – нарядам) и распоряжениям учитываются в предназначенном для этого журнале по проведенной ниже форме.

При работах по нарядам в журнале оформляется только первичный допуск к работам и указываются номер наряда, место и наименование работы, дата и время начала и полного окончания работы (графы 2, 3, 9 и 10); при работах по распоряжению должны быть оформлены все графы журнала, за исключением графы 2 (номер наряда).

Форма журнала может быть дополнена или видоизменена.

Допускается учет работ по нарядам и распоряжениям вести иным образом, установленным руководителем организации, при сохранении сведений, содержащихся в графах формы журнала.

Независимо от принятого порядка учета работ по нарядам и распоряжениям, факт допуска к работе должен быть зарегистрирован записью в оперативном журнале.

При выполнении работ по наряду в оперативном журнале производится запись как о первичном, так и о ежедневных допусках к работе.

Учет работ по нарядам и распоряжениям оформляется только в оперативном журнале, если выдача наряда или распоряжения исходит от работников из числа оперативного персонала, обладающих таким правом (п. 2.1.4 настоящих Правил).

При работах по распоряжению в графе 8 журнала регистрируется краткое содержание целевого инструктажа с подписями работника, отдавшего распоряжение и проводившего целевой инструктаж, и работников, получивших инструктаж. Если инструктаж проводится с использованием средств связи, проведение и получение инструктажа фиксируется в двух журналах учета работ по нарядам и распоряжениям – в журнале работника, отдавшего распоряжение, и в журнале работников, получивших инструктаж, с подтверждающими подписями в обоих журналах.

Журнал учета работ по нарядам и распоряжениям должен быть пронумерован, прошнурован и скреплен печатью организации.

Срок хранения журнала – один месяц со дня регистрации в графе 10 полного окончания работы по последнему, зарегистрированному в журнале наряду или распоряжению.

## **Форма листка осмотра (проверки)**

наименование РЭС

наименование  
участка

### **Листок осмотра (проверки)**

наименование объекта  
электросетей вид осмотра  
(проверки)

№ опоры, пролета, № (наименование) ТП, РП, подстанции	Выявленный дефект	Мероприятия, срок устранения дефекта
---	-------------------	--

Осмотр проведен " " 20 \_ г.

подпись, фамилия, инициалы

Лист принят " " 20 \_ г.

подпись, фамилия, инициалы