

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»  
в г. Петровске

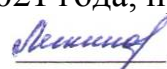
УТВЕРЖДАЮ  
Директор филиала СГТУ  
имени Гагарина Ю.А. в г.Петровске  
Е.А.Бесшапошникова  
«30» июня 2021 г.



## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

по междисциплинарному курсу  
МДК 01.02 «Электроснабжение электротехнологического оборудования»

специальности  
13.02.07 «Электроснабжение (по отраслям)»

Методические указания рассмотрены  
на заседании предметной (цикловой)  
комиссии общепрофессиональных дисциплин,  
профессиональных модулей специальностей  
технического профиля  
«14» июня 2021 года, протокол № 13  
Председатель ПЦК  /Т.А.Лескина/

Петровск 2021

## **Пояснительная записка**

Методические указания по выполнению лабораторных работ разработаны в соответствии с рабочей программой профессионального модуля ПМ.01 «Организация электроснабжения электрооборудования по отраслям», требованиями Федерального государственного образовательного стандарта (далее – ФГОС) по специальности среднего профессионального образования (далее – СПО) 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям), утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 14.12.2017 № 1216 и соответствующих общих (ОК) и профессиональных (ПК) компетенций:

- ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам.
- ОК 02 Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности.
- ОК 03 Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие.
- ОК 04 Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами.
- ОК 05 Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста.
- ОК 06 Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей.
- ОК 07 Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях.
- ОК 08 Использовать средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержания необходимого уровня физической подготовленности.
- ОК 09 Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности.
- ОК 10 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.
- ОК 11 Использовать знания по финансовой грамотности, планировать предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере.
- ПК 1.2 Читать и составлять электрические схемы электроснабжения электротехнического и электротехнологического оборудования

Изучение профессионального модуля направлено на освоение основного вида деятельности «Организация электроснабжения электрооборудования по отраслям».

При выполнении лабораторных работ студент должен **уметь:**

- разрабатывать электрические схемы электроснабжения электротехнического и электротехнологического оборудования по отраслям;
- заполнять дефектные ведомости, ведомости объема работ с перечнем необходимых запасных частей и материалов, маршрутную карту, другую техническую документацию; схема распределительных сетей 35 кВ, находящихся в зоне эксплуатационной ответственности;
- читать простые эскизы и схемы на несложные детали и узлы;
- пользоваться навыками чтения схем первичных соединений электрооборудования электрических станций и подстанций;
- читать схемы первичных соединений электрооборудования электрических станций и подстанций;
- осваивать новые устройства (по мере их внедрения);
- организация разработки и пересмотра должностных инструкций подчиненных работников более высокой квалификации;
- читать схемы питания и секционирования контактной сети и воздушных линий электропередачи в объеме, необходимом для выполнения простых работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту контактной сети, воздушных линий электропередачи под напряжением и вблизи частей, находящихся под напряжением;
- читать схемы питания и секционирования контактной сети в объеме, необходимом для выполнения работы в опасных местах на участках с высокоскоростным движением;
- читать принципиальные схемы устройств и оборудования электроснабжения в объеме, необходимом для контроля выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования тяговых и трансформаторных подстанций, линейных устройств системы тягового электроснабжения.

При выполнении лабораторных работ студент должен **знать:**

- устройство электротехнического и электротехнологического оборудования по отраслям;
- устройство и принцип действия трансформатора. Правила устройства электроустановок;
- устройство и назначение неактивных (вспомогательных) частей трансформатора;
- принцип работы основного и вспомогательного оборудования распределительных устройств средней сложности напряжением до 35 кВ;
- конструктивное выполнение распределительных устройств;

- конструкция и принцип работы сухих, масляных, двухобмоточных силовых трансформаторов мощностью до 10 000 кВА напряжением до 35 кВ;
- устройство, назначение различных типов оборудования (подвесной, натяжной изоляции, шинопроводов, молниезащиты, контуров заземляющих устройств), области их применения;
- элементы конструкции закрытых и открытых распределительных устройств напряжением до 110 кВ, минимальные допускаемые расстояния между оборудованием;
- устройство проводок для прогрева кабеля;
- устройство освещения рабочего места;
- назначение и устройство отдельных элементов контактной сети и трансформаторных подстанций;
- назначение устройств контактной сети, воздушных линий электропередачи;
- назначение и расположение основного и вспомогательного оборудования на тяговых подстанциях и линейных устройствах тягового электроснабжения;
- контроль соответствия проверяемого устройства проектной документации и взаимодействия элементов проверяемого устройства между собой и с другими устройствами защит;
- устройство и способы регулировки вакуумных выключателей и элегазового оборудования;
- изучение устройства и характеристик, отличительных особенностей оборудования нового типа, принципа работы сложных устройств автоматики оборудования нового типа интеллектуальной основе;
- однолинейные схемы тяговых подстанций.

Содержание лабораторных занятий определено рабочей программой и тематическим планированием, соответствует теоретическому материалу изучаемых разделов междисциплинарного курса.

Объём лабораторных занятий определяется учебным планом по данной специальности.

Продолжительность лабораторного занятия - 2 академических часа. Перед проведением лабораторного занятия преподавателем организуется инструктаж, а по ее окончании – обсуждение итогов.

Комплект методических указаний по выполнению лабораторных работ междисциплинарного курса содержит 16 лабораторных занятий.

## **ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

МДК.01.02 Электроснабжение электротехнологического оборудования

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1**

Тема: Конструкции приводов и аппаратов управления лифтов

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2**

Тема: Конструкции приводов и аппаратов управления лифтов

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3**

Тема: Конструкции приводов и аппаратов управления лифтов

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4**

Тема: Конструкции приводов ленточных конвейеров

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5**

Тема: Конструкции приводов ленточных конвейеров

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6**

Тема: Знакомство с устройством основных металлорежущих станков

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7**

Тема: Знакомство с устройством основных металлорежущих станков

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8**

Тема: Знакомство с устройством основных металлорежущих станков

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9**

Тема: Конструкции приводов токарных и токарно-карусельных станков. Регулирование скорости приводов

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №10**

Тема: Конструкции приводов токарных и токарно-карусельных станков. Регулирование скорости приводов

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №11**

Тема: Конструкции приводов токарных и токарно-карусельных станков. Регулирование скорости приводов

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №12**

Тема: Конструкция электропривода сверлильных и расточных станков: привод главного движения; привод подачи. Специальные электромеханические устройства.

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №13**

Тема: Особенности выполнения электропривода и автоматизация работы компрессоров и вентиляторов.

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №14**

Тема: Электропривод насосов

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №15**

Электропривод насосов

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №16**

Определение класса защиты электрооборудования  
по взрыво- и пожаробезопасности

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

Тема: Конструкции приводов и аппаратов управления лифтов.

Цель: Изучить инструкцию приводов и аппаратов управления лифтов

### Справочный материал

#### 1) Общие указания

Измерение сопротивления цепи «фаза-нуль» - это основная проверка действия системы заземления, т.е. отключения аварийного участка при замыкании на корпус. Это измерение дает возможность проверить правильность выбора плавких вставок предохранителей и уставок расцепителей автоматов, т.е. определить, не завышены ли их номинальные токи сверх необходимости, что может привести к затяжке, а то и вовсе к отказу отключения при повреждении в сети.

Сопротивление цепи «фаза-нуль» состоит из сопротивления фазы трансформатора  $Z_T/3$ , и из сопротивления цепи образованной фазным, нулевым и зануляющим проводниками имеющей сопротивление  $Z_{\Sigma}$ .

Различают два вида измерения сопротивления петли «фаза-нуль»: с отключением испытуемого оборудования (амперметр-вольтметр) и без отключения напряжения (приборы типа М-417).

#### 2) Измерение сопротивления методом «амперметра – вольтметра».

2.1) Для измерения  $Z_{\Sigma}$  какого-либо электроприемника по методу амперметра-вольтметра, от питающей его линии на всем протяжении должны отключаться все остальные электроприемники.

2.2) От всех питающих линий, имеющих общий участок заземляющей магистрали с испытуемой линией, должна быть отключена однофазная нагрузка.

2.3) Все естественные проводники, используемые в заземляющей проводке, например, броня кабелей, трубопроводы, металлоконструкции и т.п., а также повторные заземления нулевого провода должны оставаться присоединенными.

2.4) Перед измерением необходимо проверить изоляцию испытуемой цепи.

2.5) Измерение производится по схеме показанной на рисунке 1.1 на переменном токе, при этом в качестве источника питания может быть использован любой понижающий трансформатор: котельный, сварочный, нагрузочный и т.п. Регулирование тока производится реостатом или регулировочным трансформатором (АР).

2.6) Измерительные приборы должны иметь класс точности 0,5. Вольтметр следует выбрать с пределами измерения 0...7,5...60 В; амперметр на 5 А с трансформатором тока либо прямого включения до 20 А.

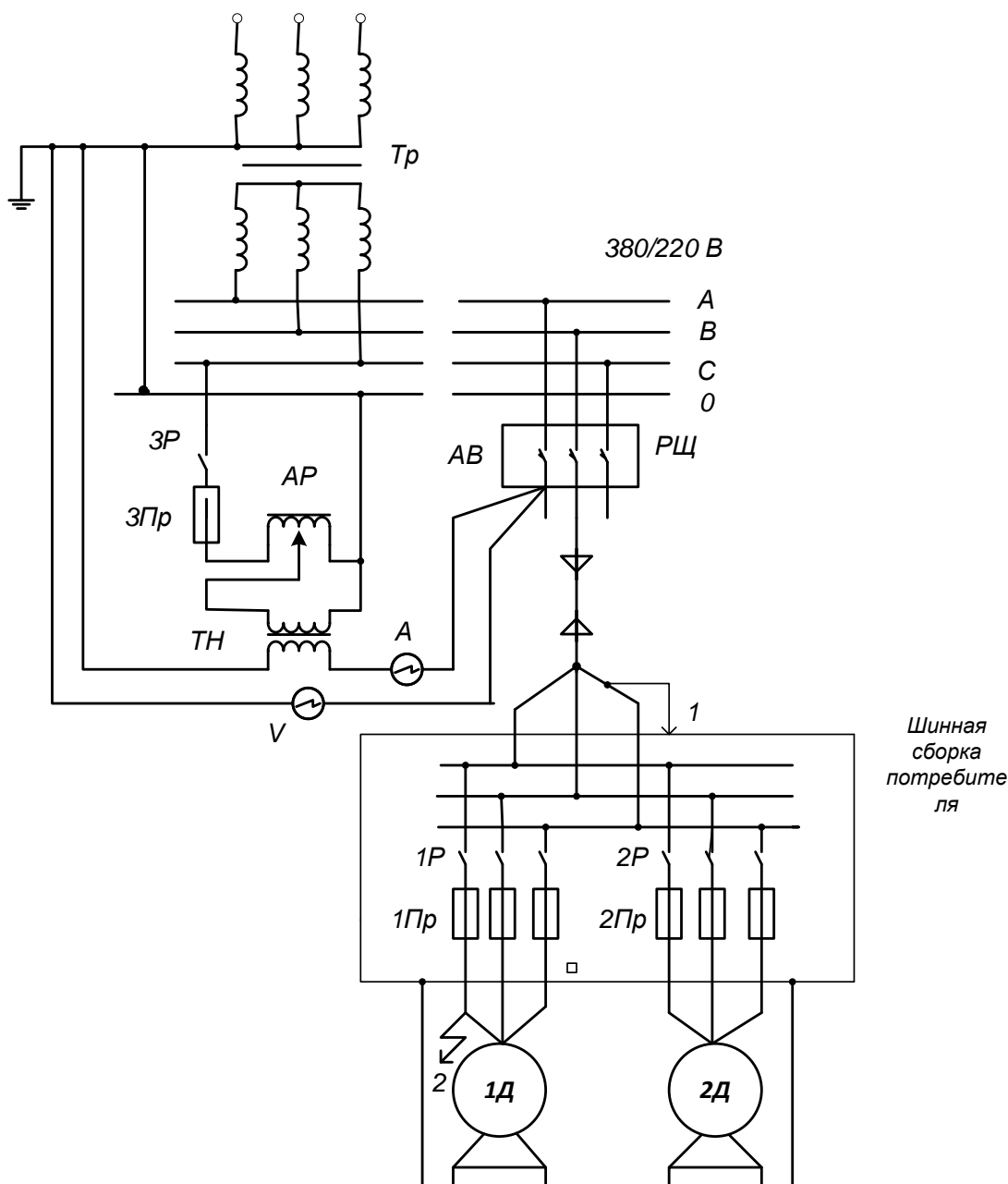


Рисунок 1.1 – Схема измерения полного сопротивления цепи «фаза-нуль» по методу амперметра-вольтметра с отключением испытуемого электрооборудования

2.7) Величина нагрузочного тока выбирается около 10...15 А.

2.8) Вторичная обмотка понижающего трансформатора присоединяется на подстанции к нулевому проводу и к одному из фазных проводов как можно ближе к питающему трансформатору (Т), чтобы учесть сопротивление всей испытуемой цепи. Измерительная схема может также питаться от постороннего источника переменного тока.

2.9) Для проверки тока короткого замыкания с целью оценки возможности сгорания вставки предохранителей/П; (рисунок 1.1) один из фазных проводов



соединяют с корпусом электроприемника (двигателя  $1Д$  в точке 2 на рисунке 1.1) с целью создания цепи. Рубильник  $1Р$  включают, а автомат  $A$  и все остальные коммутационные аппараты данной линии (например  $2Р$ ) отключают. Ролик автотрансформатора  $AP$  устанавливают в начальное положение. Пределы измерения  $A$  и  $V$  выбирают соответственно ожидаемым величинам тока и напряжения.

Включив рубильник  $3Р$ , плавно увеличивают ток при помощи автотрансформатора  $AP$ , до 10...15 А. Сделав отсчет напряжения  $U$  в вольтах и тока  $I$  в амперметрах, определяют полное сопротивление цепи (Ом) по формуле:

$$Z_{ц} = U/I \quad (1.1)$$

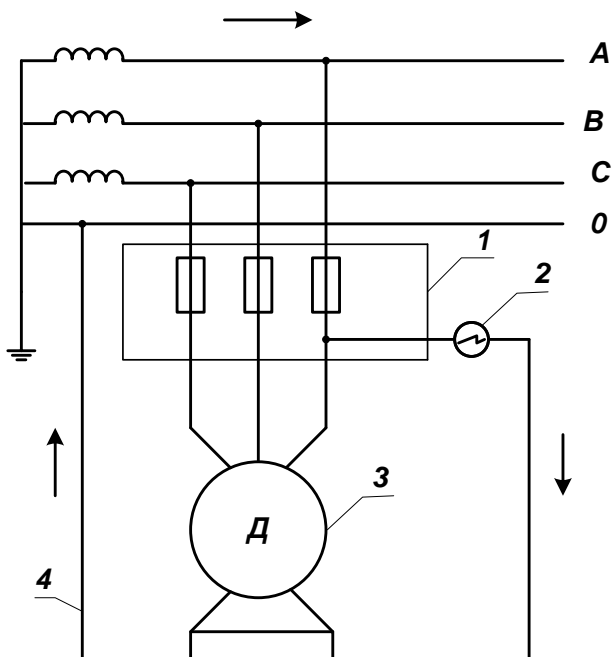
Измеренная величина  $Z_{ц}$  должна быть сложена арифметически с расчетной величиной полного сопротивления одной из фаз питающего трансформатора  $Z_{т}/3$  (величина  $Z_{т}$  берется из таблицы приложения А и Б и затем делится на 3).

Тогда полное сопротивление петли (Ом): фаза трансформатора – фазный провод - нулевой провод определяется из выражения

$$Z_{п} = Z_{ц} + Z_{т}/3 \quad (1.1)$$

2.10) Для проверки отключения автомата  $A$ , ближайшего к трансформатору  $T$  (например установленному на щите до 1000 В подстанции см. рисунок 1.1) фазный провод присоединяют к корпусу сборки зажимом в точке 1, все коммутационные аппараты, за автоматом должны быть отключены, а автомат  $A$  - включен. Фазный провод, с которым производится опыт, отключают от выводов трансформатора  $T$  и к нему присоединяют вывод вторичной обмотки трансформатора  $ТН$ .

Измерительная схема в этом случае должна питаться или от постороннего источника, или с другой фазы, подключенной к обмотке трансформатора  $T$ , с соблюдением необходимых мер предосторожности.



1 – защитный аппарат (предохранитель); 2 – прибор для измерения петли «фаза-нуль»; 3 – электроприемник; 4 – защитный проводник;

Рисунок 1.2 – Схема измерения сопротивления петли «фаза-нуль» без отключения напряжения

3) Измерение сопротивления цепи «фаза-нуль» без отключения напряжения.

Для этой цели служат специальные приборы типа М-417. Измерение производится по схеме рисунка 1.2. Настройка прибора и отсчет показателей производится согласно инструкции на этот прибор.

3.1) Проверка полного сопротивления петли «фаза-нуль» проводится в установках напряжением до 1000 В с глухим заземлением нейтрали.

Величина сопротивления должна быть такова, чтобы при замыкании между любой из фаз и заземляющими проводниками возникал ток КЗ в соответствии с требованиями отношения краткости токов КЗ к номинальным токам предохранителей и расцепителей автоматов.

3.2) Проверка должна быть выполнена для наиболее удаленных, а также наиболее мощных электроприемников. В эксплуатации проверка производится только для ВЛ до 1000 В с глухо заземленной нейтралью не реже 1 раза в 6 лет. Результаты измерения сопротивления оформляются протоколом (приложение В), который хранится в паспорте ТП, КТП.

### Ход работы

- 1) Изучить инструкцию.
- 2) Нарисовать схему измерения полного сопротивления цепи «фаза-нуль» по методу амперметра-вольтметра с отключением испытуемого электрооборудования (рисунок 1.1).
- 3) Описать измерение сопротивления методом «амперметра – вольтметра».

- 4) Нарисовать схему измерения сопротивления петли «фаза-нуль» без отключения напряжения (рисунок 1.2).
- 5) Описать измерение сопротивления цепи «фаза-нуль» прибором типа М-417.
- 6) Ответить на контрольные вопросы.

### **Контрольные вопросы**

- Какова основная цель измерения сопротивления цепи «фаза-нуль» ?
- Какие различают виды измерения сопротивления петли «фаза-нуль» ?
- В каких электроустановках проводится измерение сопротивления петля «фаза-нуль»?
- В какие сроки проводится проверка петли «фаза-нуль» для ВЛ до 1000 В?
- Классификация помещений в соответствии с ПУЭ.

### **Содержание отчета**

- 1) Номер, тема и цель работы.
- 2) Схема 1.1 и ее описание.
- 3) Схема 1.2 и ее описание.
- 4) Ответы на контрольные вопросы письменно.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

Тема: Конструкции приводов и аппаратов управления лифтов.

Цель: Изучить инструкцию приводов и аппаратов управления лифтов

2) Измерение сопротивления методом «амперметра – вольтметра».

2.1) Для измерения  $Z_{\Sigma}$  какого-либо электроприемника по методу амперметра-вольтметра, от питающей его линии на всем протяжении должны отключаться все остальные электроприемники.

2.2) От всех питающих линий, имеющих общий участок заземляющей магистрали с испытуемой линией, должна быть отключена однофазная нагрузка.

2.3) Все естественные проводники, используемые в заземляющей проводке, например, броня кабелей, трубопроводы, металлоконструкции и т.п., а также повторные заземления нулевого провода должны оставаться присоединенными.

2.4) Перед измерением необходимо проверить изоляцию испытуемой цепи.

2.5) Измерение производится по схеме показанной на рисунке 1.1 на переменном токе, при этом в качестве источника питания может быть использован любой понижающий трансформатор: котельный, сварочный, нагрузочный и т.п. Регулирование тока производится реостатом или регулировочным трансформатором (АР).

2.6) Измерительные приборы должны иметь класс точности 0,5. Вольтметр следует выбрать с пределами измерения 0...7,5...60 В; амперметр на 5 А с трансформатором тока либо прямого включения до 20 А.

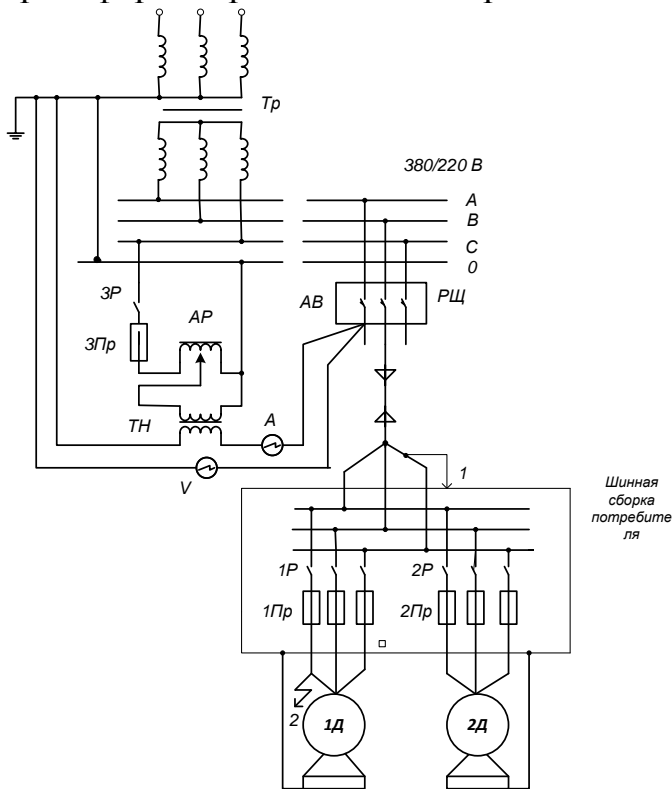


Рисунок 1.1 – Схема измерения полного сопротивления цепи «фаза-нуль» по методу амперметра-вольтметра с отключением испытуемого электрооборудования

2.7) Величина нагрузочного тока выбирается около 10...15 А.

2.8) Вторичная обмотка понижающего трансформатора присоединяется на подстанции к нулевому проводу и к одному из фазных проводов как можно ближе к питающему трансформатору ( $T$ ), чтобы учесть сопротивление всей испытуемой цепи. Измерительная схема может также питаться от постороннего источника переменного тока.

2.9) Для проверки тока короткого замыкания с целью оценки возможности сгорания вставки предохранителей  $IP$ ; (рисунок 1.1) один из фазных проводов соединяют с корпусом электроприемника (двигателя  $ID$  в точке 2 на рисунке 1.1) с целью создания цепи. Рубильник  $IP$  включают, а автомат  $A$  и все остальные коммутационные аппараты данной линии (например  $2P$ ) отключают. Ролик автотрансформатора  $AP$  устанавливают в начальное положение. Пределы измерения  $A$  и  $V$  выбирают соответственно ожидаемым величинам тока и напряжения.

Включив рубильник  $3P$ , плавно увеличивают ток при помощи автотрансформатора  $AP$ , до 10...15 А. Сделав отсчет напряжения  $U$  в вольтах и тока  $I$  в амперметрах, определяют полное сопротивление цепи (Ом) по формуле:

$$Z_{\text{ц}} = U/I \quad (1.1)$$

Измеренная величина  $Z_{\text{ц}}$  должна быть сложена арифметически с расчетной величиной полного сопротивления одной из фаз питающего трансформатора  $Z_{\text{т}}/3$  (величина  $Z_{\text{т}}$  берется из таблицы приложения А и Б и затем делится на 3).

Тогда полное сопротивление петли (Ом): фаза трансформатора – фазный провод - нулевой провод определяется из выражения

$$Z_{\text{п}} = Z_{\text{ц}} + Z_{\text{т}}/3 \quad (1.1)$$

2.10) Для проверки отключения автомата  $A$ , ближайшего к трансформатору  $T$  (например, установленному на щите до 1000 в подстанции см. рисунок 1.1) фазный провод присоединяют к корпусу сборки зажимом в точке 1, все коммутационные аппараты, за автоматом должны быть отключены, а автомата - включен. Фазный провод, с которым производится опыт, отключают от выводов трансформаторами к нему присоединят вывод вторичной обмотки трансформатора  $TH$ .

Измерительная схема в этом случае должна питаться или от постороннего источника, или с другой фазы, подключенной к обмотке трансформатора, с соблюдением необходимых мер предосторожности.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3**

Тема: Конструкции приводов и аппаратов управления лифтов.

Цель: Изучить инструкцию приводов и аппаратов управления лифтов

### **Ход работы**

1. Изучить инструкцию.
2. Нарисовать схему измерения полного сопротивления цепи «фаза-нуль» по методу амперметра-вольтметра с отключением испытуемого электрооборудования (рисунок 1.1).
3. Описать измерение сопротивления методом «амперметра – вольтметра».
4. Нарисовать схему измерения сопротивления петли «фаза-нуль» без отключения напряжения (рисунок 1.2).
5. Описать измерение сопротивления цепи «фаза-нуль» прибором типа М-417.
6. Ответить на контрольные вопросы.

### **Контрольные вопросы**

- Какова основная цель измерения сопротивления цепи «фаза-нуль»?
- Какие различают виды измерения сопротивления петли «фаза-нуль»?
- В каких электроустановках проводится измерение сопротивления петли «фаза-нуль»?
- В какие сроки проводится проверка петли «фаза-нуль» для ВЛ до 1000 В?
- Классификация помещений в соответствии с ПУЭ.

### **Содержание отчета**

- 5) Номер, тема и цель работы.
- 6) Схема 1.1 и ее описание.
- 7) Схема 1.2 и ее описание.
- 8) Ответы на контрольные вопросы письменно.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4**

Тема: Конструкции приводов ленточных конвейеров.

Цель: Изучить конструкции приводов ленточных конвейеров, проводить позвонку жил контрольных кабелей.

### **Справочный материал**

На электрических станциях и подстанциях силовую, осветительную и контрольно-измерительную проводку выполняют с помощью кабелей. Силовая и осветительная проводка осуществляется силовыми кабелями, а проводка цепей управления, сигнализации, блокировки - контрольными.

Вторичные цепи - это провода и кабели, соединяющие между собой электрооборудования для дистанционного управления аппаратурой первичных цепей, защиты электрооборудования, измерения электрических величин в первичных цепях, осуществления различных видов оперативных управлений и сигнализаций.

Контрольные кабели применяются во вторичных цепях распределительных устройств для соединения контрольных, измерительных и сигнальных аппаратов при напряжении не выше 1000В и имеют такую же выше конструкцию, как и силовые, для отличия в их обозначения вводят букву К.

Расшифровка обозначений букв марок кабеля следующая:

первая буква К - контрольный кабель;

вторая буква - материал изоляции жилы; В - винил, Р - резина, П и Пс - полиэтилен и самозатухающий полиэтилен;

третья буква - материал оболочки: С - свинец, В - поливинилхлоридный пластикат, Н - негорючая резина, Ст - стальная гофрированная;

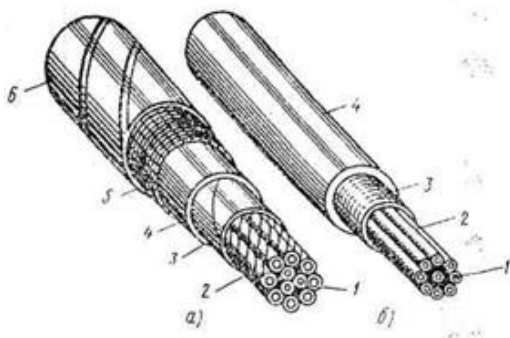
четвертая и пятая буквы - наличие защитных покрытий: Г - голая (без покрытий), Б - бронированная двумя стальными лентами, К - бронированная круглыми проволоками, БГ - бронированная двумя стальными оцинкованными лентами, ББГ - бронированная одной стальной оцинкованной лентой, Шв - наружный покров, выпрессованный поливинилхлоридный шланг поверх брони или стальной гофрированной оболочки, ГЭ - общий экран под оболочкой из медной или алюминиевой фольги;

Кабели с алюминиевыми жилами имеют в начале маркировки букву А, без буквы (А) - медные.

Изоляция 2 контрольных кабелей может быть бумажной или резиновой (рисунок 2.1). Кроме того применяются контрольные кабели с пластмассовой изоляцией. Контрольные кабели выполняют многожильными и на сравнительно небольшое сечение от 0,75 до 10мм. Жилы имеют различную расцветку.

Контрольные кабели обычно укладываются на специальные конструкции, размер которых зависит от типа и количества кабелей. Для присоединения кабелей к зажимам должна быть выполнена разводка и изоляция концов кабеля.

Для контрольных кабелей применяют сухую концевую заделку, для кабелей с бумажной изоляцией применяют заделку с эпоксидным компаундом.



*а* – КСБГ (с бумажной изоляцией), *б* – КСРГ (с резиновой изоляцией);  
*1* – жила, *2* – изоляция жил, *3* – поясная изоляция, *4* – свинцовая оболочка,  
*5* – кабельная пряжа, *б* - броня  
 Рисунок 2.1 – Контрольные кабели

Для удобства монтажа и эксплуатации вторичных цепей маркируют все основные элементы. Маркировка состоит из условных обозначений, наносимых на кабели, клеммы, сборки, предохранители, зажимы реле и приборов и др. Маркировка дает возможность быстро определить цепь, к которой подсоединен контрольный кабель, его жилу, фазу тока или напряжения, подводящиеся к зажиму прибора, и др. Маркировка должна быть простой, понятной и легко запоминающейся. В пределах одной установки не должно быть одинаковых условных обозначений или индексов. Бирки-оконцеватели для маркировки выполняют из изоляционного материала (Фарфор, пластмасса, поливинил хлоридные трубки и др.). На провода и жилы кабеля нельзя подвешивать бирки на проволоке.

Для того чтобы прозвонить жилы кабеля можно пользоваться прибором омметром М41070/2, который предназначен для измерения электрического сопротивления различных электрических цепей.

### **Устройство и принцип действия омметра**

Омметр переносной, снабжен ремнем для переноски. Омметр состоит из корпуса, лицевой панели и крышки. В нижней части корпуса расположен отсек для размещения сухого элемента. Крышка предназначена для защиты от механических повреждений элементов, находящихся на лицевой панели, при транспортировании и хранении омметра. Электрический монтаж выполнен на печатной плате. Взрывозащищенность обеспечивается за счет ограничения тока с помощью ограничительного резистора, включенного последовательно с элементом питания. Ограничительный резистор залит компаундом.

Измерительным механизмом служит микроамперметр М42304, с диапазоном измерений 0...50мА.

Омметр работает по принципу измерения тока, протекающего через измеряемое сопротивление. Переход с одного диапазона измерений на другой осуществляется изменением шунтов и добавочных сопротивлений. Для



компенсации измерения напряжения источника питания последовательно с измерительным прибором установлен переменный резистор (ручка УСТ 0).

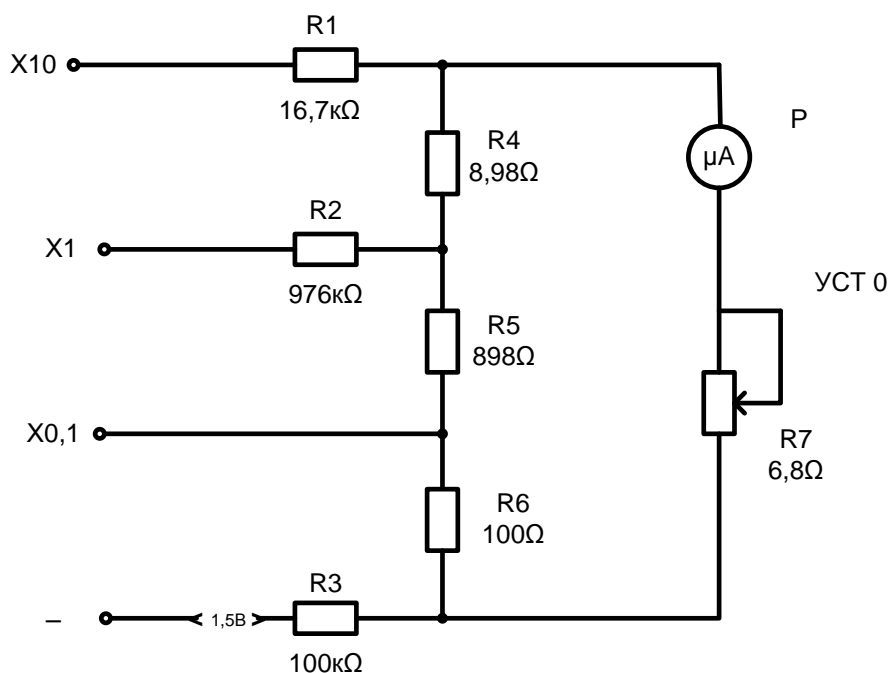


Рисунок 2.1 – Схема электрическая принципиальная

Примечания: 1) Резисторы R1...R6 – С2-14 -  $0,125\pm 0,5\%$ ; R7 – ППБ –  $1\text{A}\pm 10\%$ .  
 2) Прибор измерительный P собран на основе микроамперметра М42304, 0-50 $\mu\text{A}$  - □

### Указания мер безопасности

Во избежание нарушений и искр безопасности омметра М41070/2 запрещается:

- 1) Эксплуатировать омметр с неопломбированным батарейным отсеком;
- 2) Производить замеры сопротивления не обесточенных элементов и цепей;
- 3) Вскрывать омметр;
- 4) Производить замену элементов А332 другими источниками питания;
- 5) Эксплуатировать омметр при нарушении уплотнительных прокладок.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

Тема: Конструкции приводов ленточных конвейеров.

Цель: Изучить конструкции приводов ленточных конвейеров.

проводить позвонку жил контрольных кабелей

### Ход работы

*Оборудование:* лабораторный стенд с установленным на нем омметром М41070/2, контрольным кабелем, соединительные провода, зажимы, маркировочная поливинилхлоридная трубка.

- 1) Изучить инструкцию.
- 2) Вставить штекер одного соединительного провода в гнездо «-» , а штекер второго провода в гнездо, соответствующее выбранного диапазона измерения.
- 3) Установить корректором стрелку омметра на отметку «∞».
- 4) Замкнуть накоротко свободные концы проводника и вращением ручки УСТ.0 установить стрелку на нулевую отметку шкалы.
- 5) Один конец провода подсоединить с помощью зажима на одну из жил контрольного кабеля, а другим проводом подключенным к прибору поочередно касаться всех жил.
- 6) Если стрелка прибора изменила показание, отличное от нуля, эта жила маркируется.
- 7) Произвести позвонку остальных жил кабеля и все жилы маркировать с двух сторон.
- 8) Сделать вывод о выполненной работе.

Примечания:

- 1) Устанавливать стрелку на нулевую отметку шкалы необходимо при каждом переходе с одного диапазона измерений на другой.
- 2) Если не удастся установить стрелку на нулевую отметку шкалы, необходимо заменить источник питания новым элементом.

### Контрольные вопросы

1. Что называю вторичными цепями?
2. Для чего предназначен контрольный кабель?
3. Как маркируются контрольные кабели?
4. Приведите примеры марок контрольных кабелей.
5. Назначение и принцип работы омметра М 41070/2.
6. Для каких целей можно еще применить омметр М 41070/2?

### Содержание отчета

- 1) Номер, тема и цель работы.
- 2) Схема электрическая принципиальная омметра (рисунок 2.1).
- 3) Ход работы.
- 4) Ответы на контрольные вопросы.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

Тема: Знакомство с устройством основных металлорежущих станков

Цель: Научить учащихся определять правильность выполнения внутренних металлорежущих станков

### Справочный материал

В собранных электродвигателях как после монтажа, так и после ремонта неисправности в обмотке статора обычно выявляются при включении двигателя на обкаточном стенде. Все вновь отремонтированные двигатели должны иметь такое же обозначение (маркировку) выводов обмотки, как новые. Маркировка концов обмотки статора трехфазных асинхронных двигателей в соответствии с ГОСТ 183-74 приведена в таблицы 3.1.

Таблица 3.1 - Маркировка концов обмоток статора трехфазных асинхронных двигателей

Схема соединений обмотки	Число выводов	Название вывода	Обозначение вывода	
			начало	конец
Открытая схема	6	Первая фаза	C1	C4
		Вторая фаза	C2	C5
		Третья фаза	C3	C6
Соединение звездой	3 или 4	Первая фаза	C1	
		Вторая фаза	C2	
		Третья фаза	C3	
		Нулевая точка	0	
Соединение треугольником	3	Первый зажим	C1	
		Второй зажим	C2	
		Третий зажим	C3	

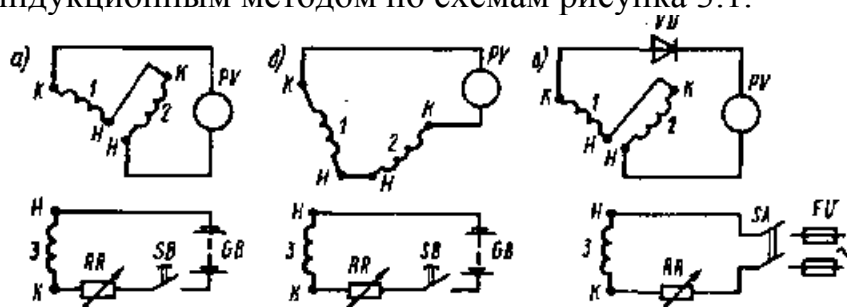
Обозначения выводов обмоток электрических машин наносят непосредственно на кабельных наконечниках, на шинных концах, на специальных обжимах, плотно закрепленных на проводах обмоток, или на вводной колодке рядом с выводами. В малых электрических машинах, где буквенные обозначения выводов наносить трудно, применяют обозначение выводов разноцветными проводами. Цвета проводов выводов приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 - Цвет проводов выводов для трехфазных асинхронных электрических машин

Схема соединения обмотки	Число выводов	Вид вывода	Цвет вывода	
			Начало	Конец
Открытая	6	Первая фаза	Желтый	Желтый с черным

схема		Вторая фаза Третья фаза	Зеленый Красный	Зеленый с черным Красный с черным
Соединение звездой	3 или 4	Первая фаза Вторая фаза Третья фаза Нулевая точка	Желтый Зеленый Красный Черный	- - -
Соединение треугольником	3	Первый вывод Второй вывод Третий вывод	Желтый Зеленый Красный	- - -

При отсутствии обозначений выводов обмоток или при их неправильном соединении и обозначении начала и концы обмоток могут быть определены индукционным методом по схемам рисунка 3.1.



*а, б* - на постоянном токе; *в* - на переменном токе

Рисунок 3.1 - Определение неправильных соединений в обмотке трехфазного статора

В одну из фазных обмоток рисунок 3.1, *а, б* включается источник постоянного или переменного тока, реостат *RR*, кнопка *SB*. Две другие обмотки соединяются последовательно и к ним подключается милливольтметр.

Если оказалось, что обмотки соединены разноименными выводами (начало *1* с концом *2* или конец *1* с началом *2*, рисунок 3.1, *а*), то при замыкании и размыкании кнопки *SB* индукционные токи вызовут резкие отклонения стрелки милливольтметра.

Если же обмотки соединены одноименными выводами (начало *1* с началом *2* или конец *1* с концом *2*) (рисунок 3.1, *б*), то при включении и выключении кнопки *SB* стрелка милливольтметра останется неподвижной так как индуцируемые в обмотках *1* и *2* напряжения окажутся приложенными навстречу друг другу и, следовательно, индукционный ток равен нулю.

Затем обмотку, включенную на милливольтметр, заменяют одной из обмоток, включенных под напряжение, и аналогичным способом находят какой ее вывод является одноименным с ранее определенным. После чего производят маркировку обмоток.

На рисунке 3.1, *в* приведена аналогичная схема, но с питанием от сети переменного тока. Индуктором служит тот же милливольтметр, последовательно с которым включен выпрямительный элемент *VD*.

При испытаниях обмоток нельзя допускать их перегрева, поэтому испытывают обмотки при напряжении 10...15 % номинального. Для этого можно использовать как реостат, так и лабораторный автотрансформатор,

В качестве индикатора можно использовать вместо милливольтметра обычную лампу накаливания на соответствующее напряжение. Загорание лампочки при включении кнопки *SB* свидетельствует о правильном соединении обмоток. Если при включении кнопки свидетельствует о встречном соединении обмоток.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

Тема: Знакомство с устройством основных металлорежущих станков

Цель: Научить учащихся определять правильность выполнения внутренних металлорежущих станков

### Ход работы

- 1) Собрать схему в соответствии с рисунком 3.2.
- 2) Убедиться, что рукоятка лабораторного автотрансформатора выведена до отказа.
- 3) Проверить установку переключателя *SA* в положении 0.
- 4) Установить переключки *C5-C3*; *C2-XG3*; *C6-XG4*; *C1-XG2*; *C4-XG2*.
- 5) Включить автомат *SF*, при этом загорается лампа *HL1*, свидетельствующая о наличии напряжении в сети.
- 6) Установить с помощью лабораторного автотрансформатора *TV* на вольтметре *FV* необходимое напряжение (10...15% от номинального напряжения двигателя).
- 7) Включить переключатель *SA* (в положение 1). Если при этом загорится лампочка *HL2*, значит проверяемые обмотки включены верно. Если лампа не загорится, то следует выключить переключатель *SA*, вывести ЛАТР, выключить автомат *SF* и поменять концы исследуемых обмоток. Повторить п. 1...7. Таким образом проверить правильность соединений и маркировку всех обмоток.
- 8) Составить отчет о работе.

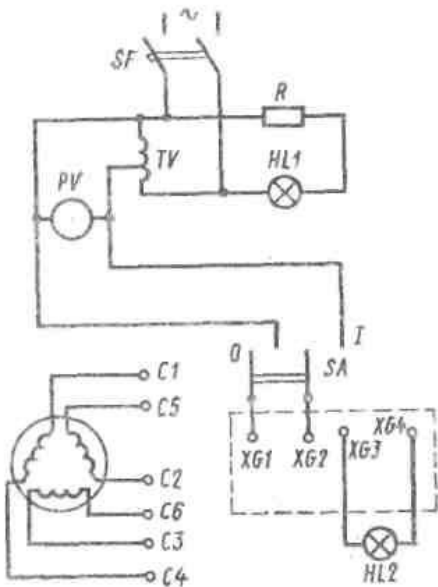


Рисунок 3.2 - Электрическая схема для проведения лабораторной работы

### Контрольные вопросы

- 1) Каким образом должны соединяться концы и начала обмоток в схеме «звезда»?
- 2) Каким образом должны соединяться обмотки в схеме «треугольник»?

- 3) Чем объясняется загорание лампочки при правильном соединении обмоток?
- 4) Как маркируются концы и начала обмоток в соответствии с ГОСТом?
- 5) В какой цвет окрашивают выводы проводов трехфазных асинхронных двигателей?

### **Содержание отчета**

- 5) Номер, тема и цель работы.
- 6) Схема для проведения лабораторной работы (рисунок 3.2).
- 7) Ход работы.
- 8) Ответы на контрольные вопросы.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

Тема: Знакомство с устройством основных металлорежущих станков

Цель: Научить учащихся определять правильность выполнения внутренних металлорежущих станков

### Ход работы

- 9) Собрать схему в соответствии с рисунком 3.2.
- 10) Убедиться, что рукоятка лабораторного автотрансформатора выведена до отказа.
- 11) Проверить установку переключателя *SA* в положение 0.
- 12) Установить переключки *C5-C3*; *C2-XG3*; *C6-XG4*; *C1-XG2*; *C4-XG2*.
- 13) Включить автомат *SF*, при этом загорается лампа *HL1*, свидетельствующая о наличии напряжении в сети.
- 14) Установить с помощью лабораторного автотрансформатора *TV* на вольтметре *FV* необходимое напряжение (10...15% от номинального напряжения двигателя).
- 15) Включить переключатель *SA* (в положение 1). Если при этом загорится лампочка *HL2*, значит проверяемые обмотки включены верно. Если лампа не загорится, то следует выключить переключатель *SA*, вывести ЛАТР, выключить автомат *SF* и поменять концы исследуемых обмоток. Повторить п. 1...7. Таким образом проверить правильность соединений и маркировку всех обмоток.
- 16) Составить отчет о работе.

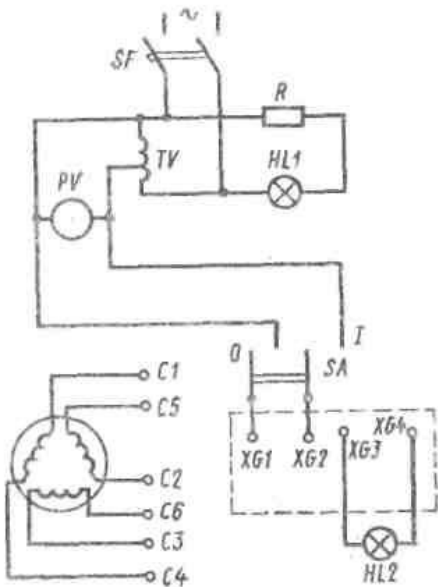


Рисунок 3.2 - Электрическая схема для проведения лабораторной работы

### Контрольные вопросы

- 6) Каким образом должны соединяться концы и начала обмоток в схеме «звезда»?
- 7) Каким образом должны соединяться обмотки в схеме «треугольник»?



- 8) Чем объясняется загорание лампочки при правильном соединении обмоток?
- 9) Как маркируются концы и начала обмоток в соответствии с ГОСТом?
- 10) В какой цвет окрашивают выводы проводов трехфазных асинхронных двигателей?

#### **Содержание отчета**

- 9) Номер, тема и цель работы.
- 10) Схема для проведения лабораторной работы (рисунок 3.2).
- 11) Ход работы.
- 12) Ответы на контрольные вопросы.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

Тема: Конструкции приводов токарных и токарно-карусельных станков. Регулирование скорости приводов.

Цель: Исследовать конструкции приводов токарных и токарно-карусельных станков. Регулирование скорости приводов.

### Справочный материал

Как известно, для зажигания люминесцентных ламп используется различная аппаратура: дроссели, компенсирующие конденсаторы для повышения коэффициента мощности и конденсаторы, блокирующие радиопомехи, накальные трансформаторы. Эти устройства объединяются под общим названием «пускорегулирующие аппараты (ПРА)». По способу зажигания ПРА подразделяют на три группы: стартерного (условное обозначение УБ), быстрого и мгновенного зажигания (условное обозначение всех схем бесстартерного зажигания АБ). В помещениях промышленных предприятий особенно широко применяются стартерные схемы включения как наиболее экономичные. Все ПРА имеют обозначения, состоящие из ряда цифр и букв, которые расшифровываются следующим образом:

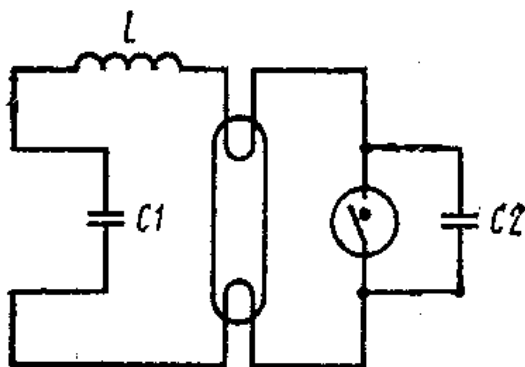
- на первом месте стоит цифра, указывающая количество ламп, включающееся аппаратом;
- на втором месте - буквенное обозначение УБ, АБ или ДБ (дроссель балластный для ламп ДРЛ, ДРИ, НЛВД);
- на третьем месте - буква, характеризующая сдвиг фаз потребляемого аппарата тока (И - индуктивный, Е - емкостный, К - компенсированный);
- на четвертом - дробь, числитель которой - мощность и тип лампы, знаменатель - напряжение питающей сети;
- буквенный индекс в конце маркировки дает дополнительную характеристику аппарата (Н - независимый, В - встроенный, П - с пониженным уровнем шума, ПП - с особо низким уровнем шума);
- три цифры после буквенного обозначения указывают номера серии и модификацию аппарата;
- в конце обозначения ПРА указывается климатическое исполнение, предназначенное для эксплуатации в районах с разными климатами (У - умеренным, ХЛ - холодным, ТБ - тропическим влажным, ТС - тропическим сухим, Т - как с сухим, так и с влажным тропическим, О - с любым на суше); категория размещения (1 - на открытом, воздухе; 2 - в помещениях, плохо изолированных от окружающего воздуха; 3 - в обычных естественных вентилируемых помещениях; 4 - в помещениях с искусственно регулируемым климатом; 4,1 - с кондиционированным воздухом; 4,2 - в лабораторных помещениях; 5 - в помещениях с повышенной влажностью).

Некоторые из основных типов ПРА приведены в приложении А и Б. Основные функции ПРА состоят в том, что аппараты должны обеспечивать:

- зажигание ламп, заключающееся в пробое межэлектродного промежутка и формировании в нем разряда;

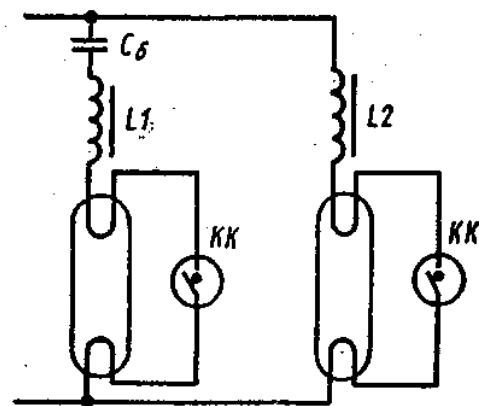
- разгорание ламп, т. е. установление в лампе рабочих характеристик после зажигания;
- устойчивость режима работы лампы, определяемая наличием балласта.

Тип балласта зависит от вольт-амперной характеристики лампы. В сетях переменного тока используется индуктивный либо емкостно-индуктивный балласт. Использование чисто активного балласта в сетях переменного тока неоправданно ввиду больших потерь мощности. Чисто емкостный балласт также не рекомендуется применять ввиду, резкого снижения светового потока, и срока службы лампы. Ёмкостно-индуктивный балласт практически по всем показателям уступает индуктивному и его использование оправданно (за исключением специальных случаев) лишь совместно с индуктивным в двухламповых схемах с расщепленной фазой для уменьшения пульсаций светового потока двухлампового светильника.



C1 - конденсатор для компенсации реактивной мощности; C2 - конденсатор для подавления радиопомех

Рисунок 4.1 - Одноламповая схема с индуктивным балластом



Cб- емкостной балласт;

L1, L2 - индуктивные балласты

Рисунок 4.2 - Двухламповая схема с емкостно-индуктивным балластом (с расщепленной фазой)

Кроме того, ПРА выполняют ряд дополнительных функций:

1) компенсацию реактивной мощности, необходимую для обеспечения рациональной загрузки трансформаторных подстанций и осветительных распределительных сетей. Увеличение коэффициента мощности схем, работающих с индуктивным балластом, может быть достигнуто включением параллельно сетевым выводам компенсирующего конденсатора - индивидуально для каждого ПРА (рисунок 4.1), или общего для группы индуктивных комплектов ГЛ-ПРА. Компенсация реактивной мощности в двухламповых комплектах (схемы с расщепленной фазой) достигается параллельным включением газоразрядной лампы (ГЛ) с индуктивным балластом и ГЛ с емкостно-индуктивным балластом (рисунок 4.2).

Необходимо помнить, что коэффициент мощности в компенсированных ПРА всегда принципиально меньше единицы из-за несинусоидальности формы тока ГЛ;

2) подавление радиопомех, которые создаются при работе комплекта ГЛ-ПРА, достигается введением в ПРА специальных, фильтров. Источником радиопомех являются наружные электромагнитные поля, создаваемые ГЛ и элементами контура, а также распределительная сеть, в которую попадают высшие гармонические составляющие тока лампы. В качестве фильтров применяются, как правило, конденсаторы очень малой емкости (сотые, тысячные доли микрофарады), которые подключаются параллельно лампе или сетевым выводам ПРА (см. рисунок 4.1);

3) снижение пульсаций светового потока лампы обычно осуществляется в двухламповых схемах при использовании ПРА с расщепленной фазой. Однако при малых значениях коэффициента использования напряжения питающей сети  $m = U_{\text{л}}/U$  ( $U_{\text{л}}$  - номинальное напряжение лампы, В;  $U$  - напряжение сети, В), которое обычно колеблется в пределах 0,45...0,7; сдвиг фаз в параллельных ветвях схемы достигает почти  $180^\circ$  и пульсация не снижается. В этих случаях наиболее распространенным способом снижения пульсации является включение ламп на разные фазы питающей сети.

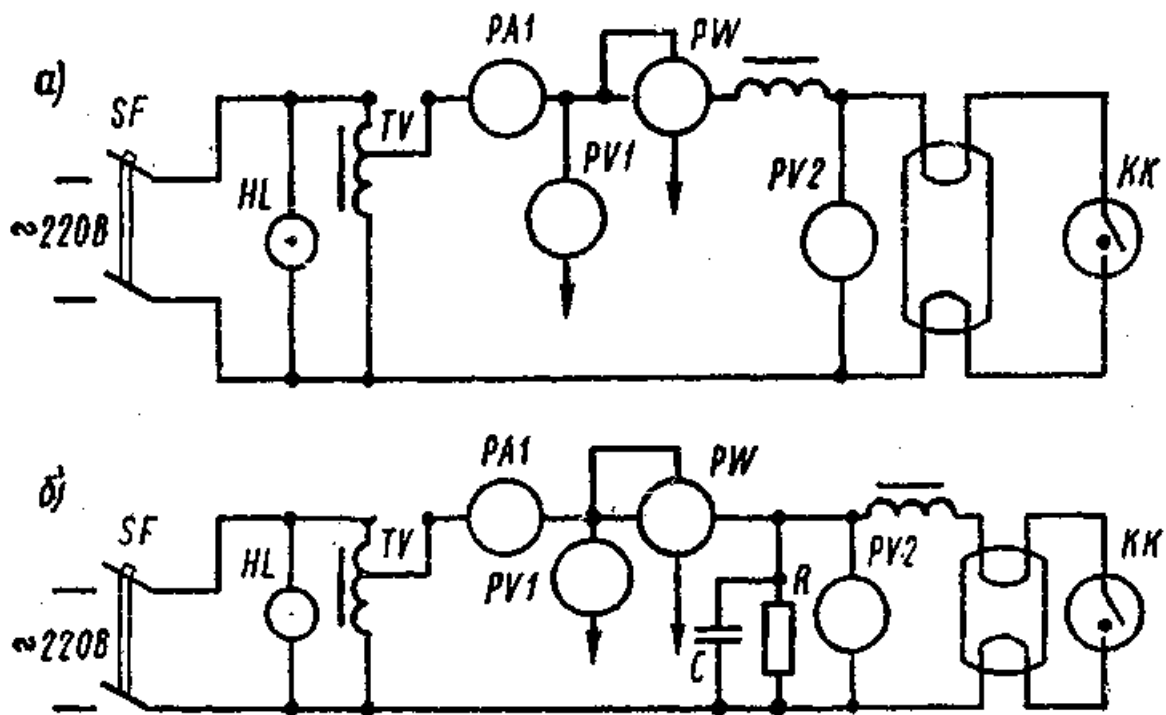
### Методические указания

При ознакомлении с лабораторной установкой записать технические (паспортные) данные приборов, аппаратов и лампы. Сборка электрической схемы включения лампы и измерительных приборов производится согласно схеме рисунку 4.3. После сборки схемы правильность выполнения сборки дать проверить преподавателю до включения в сеть. В момент включения схемы необходимо быть очень внимательным при снятии пусковых характеристик, так как время пуска очень мало (несколько секунд).

Все показания приборов для схем с компенсацией реактивной мощности и без компенсации реактивной мощности заносят в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Исследуемые параметры

Наименование опыта	Напряжение сети, $U_c$ , В	Напряжение лампы, $U_{\text{л}}$ , В	Напряжение дросселя, $U_{\text{др}}$ , В	Пусковой ток, $I_{\text{пуск}}$ , А	Установившийся ток, $I_{\text{уст}}$ , А	Мощность лампы $P_{\text{л}}$ , Вт	Мощность дросселя, $P_{\text{др}}$ , Вт
Схема без компенсации реактивной мощности							
Схема с компенсацией реактивной мощности							



а - с некомпенсированным балластным устройством;  
 б- с компенсированным балластным устройством (а) и диаграммы стартерного зажигания (б)

Рисунок 4.3 - Схемы включения люминесцентных ламп

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10

Тема: Конструкции приводов токарных и токарно-карусельных станков. Регулирование скорости приводов.

Цель: Исследовать конструкции приводов токарных и токарно-карусельных станков. Регулирование скорости приводов.

Все показания приборов для схем с компенсацией реактивной мощности и без компенсации реактивной мощности заносят в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Исследуемые параметры

Наименование опыта	Напряжение сети, $U_c$ , В	Напряжение лампы, $U_l$ , В	Напряжение дросселя, $U_{др}$ , В	Пусковой ток, $I_{пуск}$ , А	Установившийся ток, $I_{уст}$ , А	Мощность лампы $P_l$ , Вт	Мощность дросселя, $P_{др}$ , Вт
Схема без компенсации реактивной мощности							
Схема с компенсацией реактивной мощности							

### Ход работы

- 1) Собрать схему включения люминесцентной лампы с некомпенсированным ПРА согласно рисунка 4.3, а.
- 2) Включить автомат  $SF$ , предварительно убедившись, что рукоятка автотрансформатора  $TV$  выведена до отказа. Загорание сигнальной лампы  $HL$  свидетельствует о наличии напряжения на схеме.
- 3) Рукояткой  $TV$  установить напряжение  $U = 220$  В на вольтметре  $PVI$ .
- 4) Произвести необходимые измерения и занести их в таблицу 4.1.
- 5) Собрать схему включения люминесцентной лампы с компенсированным ПРА согласно рисунка 4.1, б.
- 6) Повторить выполнение пунктов 2...4.
- 7) Сравнить результаты измерений для компенсированной и некомпенсированной схем в пусковом и установившемся режимах и сделать соответствующие выводы.
8. Составить отчет по работе.

### Контрольные вопросы

- 1) Что такое ПРА и для чего они предназначены?
- 2) Из чего может состоять ПРА?
- 3) В чем отличие компенсированного ПРА от некомпенсированного?
- 4) В чем достоинства и недостатки стартерных схем?
- 5) Чем объясняется преимущественное применение индуктивных ПРА?

## **Содержание отчета**

- 1) Номер, тема и цель работы.
- 2) Схема опыта (Рисунок 4.3).
- 3) Ход работы.
- 4) Таблица результатов.
- 5) Ответы на контрольные вопросы.
- 6) Выводы.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 11

Тема: Конструкции приводов токарных и токарно-карусельных станков. Регулирование скорости приводов.

Цель: Исследовать конструкции приводов токарных и токарно-карусельных станков. Регулирование скорости приводов.

### Ход работы

- 1) Собрать схему включения люминесцентной лампы с некомпенсированным ПРА согласно рисунка 4.3, а.
- 2) Включить автомат  $SF$ , предварительно убедившись, что рукоятка автотрансформатора  $TV$  выведена до отказа. Загорание сигнальной лампы  $HL$  свидетельствует о наличии напряжения на схеме.
- 3) Рукояткой  $TV$  установить напряжение  $U = 220$  В на вольтметре  $PVI$ .
- 4) Произвести необходимые измерения и занести их в таблицу 4.1.
- 5) Собрать схему включения люминесцентной лампы с компенсированным ПРА согласно рисунка 4.1, б.
- 6) Повторить выполнение пунктов 2...4.
- 7) Сравнить результаты измерений для компенсированной и некомпенсированной схем в пусковом и установившемся режимах и сделать соответствующие выводы.
8. Составить отчет по работе.

### Контрольные вопросы

- 1) Что такое ПРА и для чего они предназначены?
- 2) Из чего может состоять ПРА?
- 3) В чем отличие компенсированного ПРА от некомпенсированного?
- 4) В чем достоинства и недостатки стартерных схем?
- 5) Чем объясняется преимущественное применение индуктивных ПРА?

### Содержание отчета

- 7) Номер, тема и цель работы.
- 8) Схема опыта (Рисунок 4.3).
- 9) Ход работы.
- 10) Таблица результатов.
- 11) Ответы на контрольные вопросы.
- 12) Выводы.



## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 12**

Тема: Конструкция электропривода сверлильных и расточных станков: привод главного движения; привод подачи. Специальные электромеханические устройства.

Цель: Конструкция электропривода сверлильных и расточных станков: привод главного движения; привод подачи. Специальные электромеханические устройства.

### **Справочный материал**

Люминесцентные лампы представляют собой газоразрядные источники света низкого давления, в которых ультрафиолетовое излучение ртутного разряда преобразуется люминофором в более длинноволновое видимое излучение. Люминесцентные лампы получили широчайшее распространение благодаря следующим характеристикам:

- высокая световая отдача - до 90 лм/Вт;
- большой срок службы – 18...20 тыс.ч;
- благоприятный спектр излучения, обеспечивающий высокое качество цветопередачи;
- низкая яркость;
- низкая температура колбы.

По характеру разряда люминесцентные лампы подразделяют на лампы дугового разряда с горячими катодами и лампы тлеющего разряда с холодными электродами. Лампы дугового разряда, зажигаемые с предварительным подогревом катодов, наиболее просты и экономичны в эксплуатации, поэтому наиболее широко применяются.

В зависимости от многочисленных световых оттенков, которые можно получить у люминесцентных ламп, в помещениях промышленных предприятий применяют следующие типы ламп:

ЛБ - лампа белого света;

ЛТБ - лампа тепло-белого света;

ЛХБ - лампа холодно-белого света;

ЛД - лампа дневного света;

ЛЕ - лампы естественно-белого света;

ЛБЦ, ЛТБЦ, ЛДЦ, ЛЕЦ - те же лампы с улучшенной цветностью. Улучшенная цветность ламп достигается добавками различных люминофоров, излучающих главным образом в красной области спектра.

На сегодняшний день наилучшими экономическими характеристиками (наибольшая световая отдача) и наименьшей степенью пульсации светового потока обладают лампы ЛБ, поэтому в большинстве случаев (за исключением жестких требований к цветопередаче) им следует отдавать предпочтение в осветительных установках. Параметры некоторых люминесцентных ламп приведены в приложении А.

Для стабилизации разряда и ограничения тока люминесцентных ламп применяются балластные сопротивления, чаще всего дроссели (катушки с железным сердечником), к которым предъявляются следующие требования:

- во время работы дроссель не должен нагреваться выше  $60^{\circ}\text{C}$ ;
- по габаритам и массе он должен быть как можно меньше;
- магнитопровод дросселя должен быть собран так, чтобы во время работы не было гудения.

В качестве зажигающего устройства, входящего в состав ПРА люминесцентных ламп, применяются стартеры тлеющего разряда. Стартер выполняет следующие функции:

- замыкает цепь пускового тока лампы, в результате чего электроды лампы должны нагреваться пусковым током, а напряжение сети падать на балластном сопротивлении и электродах лампы;
- по возможности быстро размыкать контакты, шунтирующие лампу после разогрева электродов и при этом за счет энергии, запасенной в индуктивном балласте, на разомкнутых контактах стартера возникает импульс высокого напряжения (около 1000 В), который прикладывается к лампе и зажигает ее;
- поддерживать контакты разомкнутыми в течение всего времени горения лампы, в противном случае контакты стартера вновь шунтируют лампу и она погаснет.

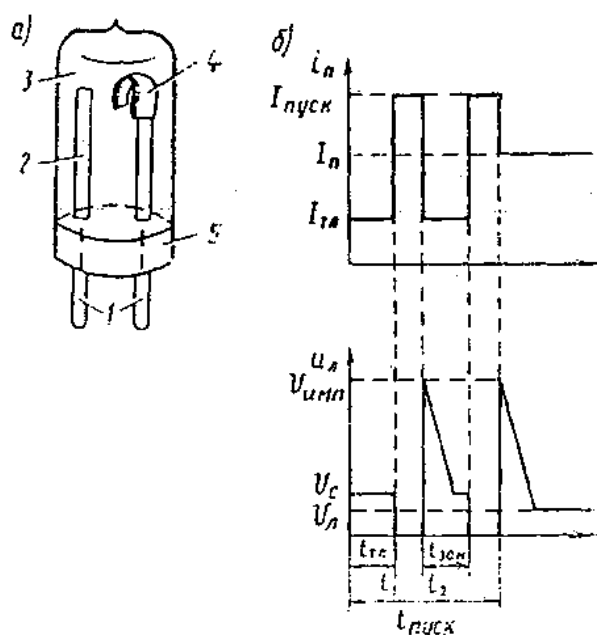


Рисунок 5.1 – Схема устройства стартера тлеющего разряда

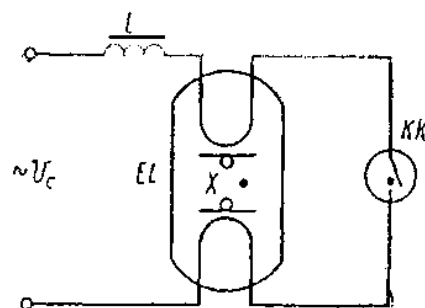


Рисунок 5.2 – Схема работы стартера

Стартер (рисунок 5.1) состоит из стеклянного баллона 3, наполненного инертным газом. В баллон впаяны металлический неподвижный электрод 2 и биметаллический электрод 4, имеющие выводы 1, проходящие через цоколь 5. баллон заключен в металлический или пластмассовый корпус с отверстием в верхней части.

Стартеры выпускаются для включения люминесцентных ламп в сеть на напряжение 127 и 220 В. При подаче напряжения на схему (рисунок 5.2) на

электроды стартера и одновременно на лампу подается напряжение сети  $U_c$ . Это напряжение значительно ниже напряжения сети зажигания лампы с холодными электродами, но достаточно для образования тлеющего разряда между разомкнутыми электродами стартера. По цепи дроссель - электрод лампы - стартер - второй электрод лампы течет ток тлеющего разряда стартера ( $0,01 \dots 0,04$  А). Этот ток не может обеспечить необходимый нагрев электродов лампы, но теплоты, образуемой в баллоне, стартера, достаточно для разогрева биметаллической пластины 4. В результате этого она изгибается в направлении неподвижного электрода 2 и через  $0,2 \dots 0,4$  с контакты стартера замыкаются (момент времени  $t_1$  показан на рисунке 6.1,б) и в цепи начинает протекать ток нагрева электродов. Значение этого тока определяются значениями напряжения сети, сопротивления балластного дросселя и электродов лампы. Пусковой ток, проходя по замкнутым контактам стартера, нагревает электроды лампы. Одновременно в стартере прекращается тлеющий разряд и происходит остывание биметаллического электрода. Через время  $t_{\text{зам}}$  электроды стартера размыкаются, на лампе возникает импульс напряжения (момент времени  $t_2$ ), который и зажигает лампу. Время подогрева электродов определяется временем замыкания электродов стартера и составляет  $0,2 \dots 0,8$  с.

В ряде случаев этого времени недостаточно для разогрева электродов лампы и существенного снижения напряжения зажигания. Поэтому лампа при первом импульсе может не зажечься, тогда процесс зажигания повторяется. Общая длительность пускового режима зависит от параметров зажигания лампы и стартера, а также от напряжения сети и находится в пределах  $3 \dots 15$  с. Длительность пускового импульса составляет  $1 \dots 2$  мкс и недостаточна для надежного сжигания лампы, так как за это время межэлектродное пространство в лампе не успевает достигнуть необходимой степени ионизации. Поэтому параллельно контактам стартера включают конденсатор емкостью  $5 \dots 10$  нФ, что увеличивает длительность импульса в  $50 \dots 100$  раз.

При эксплуатации ламп встречаются различные неисправности, которые необходимо уметь обнаруживать и устранить. Чаще всего встречаются следующие неисправности:

- новая люминесцентная лампа не загорается (причиной этого может быть плохой контакт в патроне, разрыв приводов в электродах, наличие воздуха в лампе);
- новая лампа при включении мигает и не загорается. В этом случае ее рекомендуется несколько раз включить и выключить, это может устранить мигание. Если же лампа продолжает мигание. То причиной может быть неисправность стартера, рекомендуется его заменить;
- у лампы наблюдается потемнение концов трубки с одной или с обеих сторон на  $50-70$  мм от основания. Это означает, что срок службы лампы подходит к концу;
- концы лампы при включении светятся, а лампа не зажигается. Причина либо неисправность стартера, либо короткое замыкание в конденсаторе;

- дроссель сильно гудит. В этом случае его необходимо укрепить на резиновых или других звукоизолирующих прокладках;
- сильный нагрев дросселя может быть следствием плохой изоляции пластин. При этом дроссель необходимо заменить;
- сгорание электродов. Причины - поломка патронов, короткое замыкание проводов на корпус осветительной арматуры.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 13

Тема: Особенности выполнения электропривода и автоматизация работы компрессоров и вентиляторов.

Цель: изучить особенности выполнения электропривода и автоматизация работы компрессоров и вентиляторов.

Справочный материал

Выбору метода определения зоны повреждения кабелей предшествует выяснение характера повреждений, определяемых путем измерения мегомметром на 1000...2500 В.

При этом измеряют сопротивление изоляции каждой токоведущей жилы относительно земли, сопротивление изоляции между каждой парой токоведущих жил, проверяют целостность токоведущих жил. Для обнаружения обрыва жил испытание следует проводить с обоих концов, закорачивая все три фазы на конце, противоположном подключению мегомметра.

При наличии короткого замыкания определяют переходное сопротивление. Если оно в месте повреждения велико (более 5 МОм), а кабель не выдержал испытания, то для более точного определения места неисправности производят прожигание кабеля. Прожигание кабелей производят как на постоянном токе от специальных установок, так и на переменном токе от трехфазных повышающих трансформаторов. Целью прожигания кабелей является создание переходного сопротивления определенного значения в месте повреждения кабеля.

Выбор метода отыскания мест повреждения кабелей зависит от вида повреждения, пробивного напряжения в месте повреждения и переходного сопротивления. Отыскание места повреждения производят обычно в два этапа. На первом этапе отыскивают зону повреждения, для чего применяют импульсный метод, метод колебательного разряда, емкостный метод и метод петли. На втором этапе определяют точное место повреждения: для чего применяют метод накладной рамки, акустический и индукционный методы. Область применения различных методов приведена в приложении А.

**Метод колебательного разряда** является одним из наиболее применимых методов при «заплывающих пробоях», которые часто наблюдаются в кабельных муфтах. Суть «заплывающего пробоя» заключается в том, что при имеющейся мощности выпрямительной установки при прожиге кабеля с увеличением его длины для заряда емкости кабеля до напряжения пробоя потребуется большее время. В результате этого частота разряда уменьшается, и место повреждения успевает «заплывать». Для определения места повреждения при большой длине кабеля необходимы выпрямительные установки большой мощности, которые и используются при использовании метода колебательного разряда. Суть метода заключается в измерении периода (полупериода) свободных колебаний, возникающих в заряженной кабельной линии при пробое изоляции в месте повреждения. При измерении на жилу кабеля подается высокое напряжение, но не выше допустимого, отрицательной последовательности (рисунок 6.1).

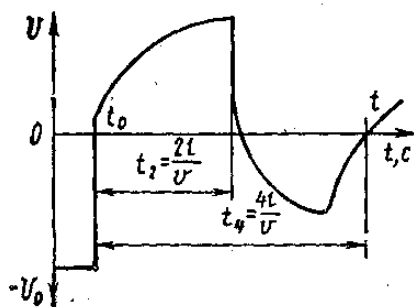


Рисунок 6.1 – Напряжение на зажимах кабеля при пробое изоляции

В месте повреждения в момент пробоя напряжение падает до нуля, что соответствует моменту времени

$$t_1 = \frac{l_x}{v} \quad (6.1)$$

где  $t_1$  - время прохождения волны до места повреждения;

$l_x$  - расстояние от конца кабеля до места повреждения;

$v$  - скорость распространения волны, равная для силовых кабелей  $60 \pm 1$  м/мкс.

Затем потенциал жилы резко возрастает и возникает волна напряжения положительной полярности, которая приходит к концу кабеля и, не меняя

знака, возвращается к месту повреждения. В момент времени  $t_2 = \frac{2l_x}{v}$  волна достигает места пробоя, потенциал жилы вновь резко падает до нуля и волна

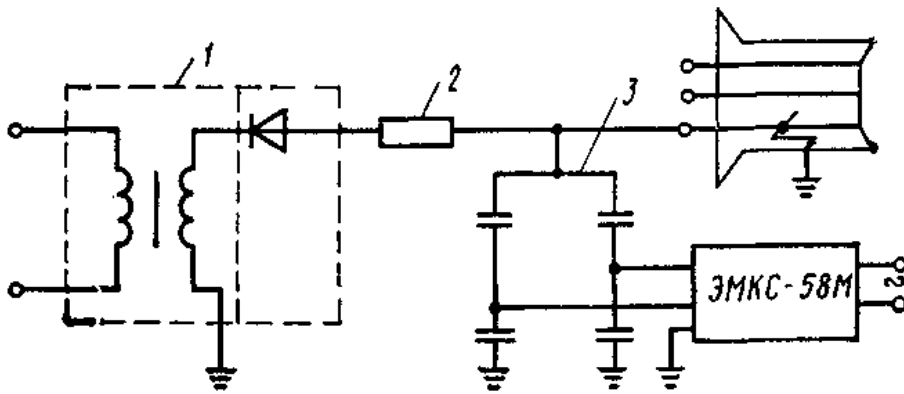
уходит к концу линии с переменной знака. В момент времени  $t_3 = \frac{3l_x}{v}$  волна отрицательной полярности приходит к концу линии, возвращаясь к месту

пробоя с тем же знаком. В момент  $t_4 = \frac{4l_x}{v}$  и волна приходит к месту повреждения и в момент пробоя напряжения опять падает до нуля. На этом завершается полный период, за время которого волна 4 раза проходит расстояние от конца кабеля (места подключения кабеля к испытательной установке) до места повреждения. Поэтому

$$t_x = \frac{T l_x}{v} = 40 T \quad (6.2)$$

где  $T$  - период колебаний.

Для повышения точности обычно измеряют время первого полупериода, так как в связи с затухающим характером колебаний форма и значение напряжения сильно искажаются на экране осциллографа. Шкала прибора проградуирована в километрах, измерение времени (обычно полупериода  $t_2$ ) производится по электросекундомеру. Схема подключения прибора ЭМКС-58М, позволяющего определять расстояния от 40 м до 10 км для кабелей до 10 кВ, изображена на рисунке 6.2.



1 – выпрямитель высокого напряжения; 2 – зарядное сопротивление;  
3 – делитель высокого напряжения

Рисунок 6.2 - Схема включения прибора ЭМКС-58М

**Индукционный метод** применяют для отыскания мест пробоя изоляции жил между собой или на землю, а также при обрыве линии с одновременным пробоем изоляции жил между собой или на землю.

При пропускании по кабелю однофазного переменного тока вокруг кабеля образуется магнитное поле, значение которого зависит от значения тока. Если в поле кабеля внести рамку (антенну) из проволоки, то изменяющееся поле будет наводить в ней ЭДС и при замыкании контура рамки в телефоне возникнет ток и появится звучание. Чем выше частота тока, тем отчетливее звук. Чтобы звучание от испытуемого кабеля отличалось от звучания других кабелей, по испытуемому кабелю с помощью генератора звуковой частоты пропускают ток частотой 800-1200 Гц.

Отыскание мест повреждения по цепи жила-земля является особенно сложным из-за растекания тока в месте повреждения по оболочке кабеля в обе стороны на десятки метров. Поэтому практически однофазные повреждения путем прожига переводят в двух-трехфазные и определяют повреждение по цепи жила-жила или искусственно создают цепь жила-оболочка кабеля, разземляя последнюю с двух сторон и подключая генератор к жиле и оболочке. Наводимая в рамке ЭДС зависит от токораспределения в кабеле и взаимного пространственного положения рамки и кабеля. Зная характер распределения поля для данного токораспределения в кабеле и при соответствующей ориентации рамки, по изменению силы звука в телефоне можно определить место повреждения.

**Метод накладной рамки** применяют для определения непосредственно на кабеле при открытой прокладке места короткого замыкания жила-жила или жила-оболочка. Сущность метода аналогична индукционному. После подключения генератора на кабель накладывают рамку с телефоном и поворачивают вокруг оси. Если измерение производится до места повреждения, то за один поворот рамки будет прослушиваться два максимума и два минимума сигналов от ноля пары токов: жила-жила или жила-оболочка. За местом повреждения поле создается одиночным током и в телефоне при повороте рамки будет слышен монотонный звук.

**Импульсный метод** применяют для определения зоны таких неисправностей, как одно-, двух- или трехфазное короткое замыкание, замыкание жил на землю, обрыв жил.



## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 14

Тема: Электропривод насосов.

Цель: Изучить порядок отбора электропривод насосов.

### Справочный материал

При эксплуатации трансформаторных масел должны обеспечиваться:

- надежная работа маслонаполненного оборудования;
- повышение эксплуатационных свойств масел;
- сбор отработавшего свой срок масла;
- регенерация масла и повторное его использование.

В процессе работы свойства изоляционных масел меняются. В маслах накапливаются механические примеси, образуются нерастворимые вещества (шлам), увеличивается кислотное число масла, появляются водорастворимые кислоты, увеличивается тангенс угла диэлектрических потерь, поэтому в эксплуатации требуется периодический контроль (отбор и анализ проб) масла, залитого в электрооборудование.

Основными показателями, определяющими физико-химические свойства масла, является:

- плотность и вязкость;
- температура вспышки;
- температура затвердения;
- содержание воды, кислот, щелочей, механических примесей;

Качественными характеристиками масла как диэлектрика являются диэлектрические потери и электрическая прочность.

Если в ходе отбора проб масла, его уровень находится ниже минимального, то необходимо произвести доливку до необходимой отметки. Масло для доливки должно выбираться в зависимости от номинального напряжения электрооборудования.

При необходимости, допускается смешивание свежих масел, предназначенных для одного или близких областей применения. При смешивании масел следует руководствоваться рекомендациями ОАА.647.001.70 «Масла трансформаторные» или эксплуатационного циркуляра Э14/73 «Об условиях смешения трансформаторных масел».

Смесь масел, предназначенных для разных классов напряжения, должна заливаться только в оборудование низшего класса напряжения;

Специальные масла, предназначенные для маслонаполненных выключателей, не допускается смешивать с маслами других марок.

Не допускается смешивание масел без присадки ДБК с маслами, содержащими эту присадку; смешивание указанных масел допускается при условии добавления присадки, при этом концентрация присадки в смеси должна быть равна концентрации ее в масле, содержащем присадку.

Трансформаторное масло, находящееся в эксплуатации, должно подвергаться сокращенному анализу и измерению тангенса угла диэлектрических потерь согласно «Нормам испытания электрооборудования».

В объем сокращенного анализа трансформаторного масла входят:

- определение температуры вспышки;
- определение пробивного напряжения;
- определение кислотного числа;
- определение реакции водной вытяжки;
- визуальное определение механических примесей.

При обнаружении в маслах шлама или механических примесей во время визуального контроля должны проводиться внеочередные сокращенные анализы масла.

### **Подготовка к работе.**

Выполнить подготовку посуды для взятия проб:

- мытье посуды производится тринатрийфосфатом и порошком «Лотос» до тех пор, пока не будут удалены со стенок всякие загрязнения и масло, затем посуда ополаскивается;
- вода должна стекать по стенкам промытого стеклянного сосуда ровными струями, не оставляя характерных для масляной посуды не смачиваемых участков;
- промытая посуда сушится в сушильном шкафу в опрокинутом вверх дном состоянии;
- после сушки посуда охлаждается и сразу же закрывается пробками;
- контроль качества подготовки посуды, направляемой для взятия проб, осуществляется лабораторией СВИИЗотП.

Во избежание увлажнения запрещается открывать посуду до отбора пробы. Посуда, предназначенная для сбора проб, для других целей не используется.

Для отбора проб масла из оборудования заблаговременно следует подготовить:

- чистые, сухие стеклянные сосуды емкостью 1л с притертыми пробками;
- ящик с гнездами, соответствующими размерам для стеклянных сосудов;
- чистую, сухую ветошь.

### **Порядок отбора проб масла из маслонаполненного оборудования.**

Отбор проб масла из электрооборудования на анализ производится персоналом сетевых районов и бригад производственных служб Управления энергетического хозяйства.

Взятые готовые пробы масла направляются в лабораторию СВИИЗотП на анализ.

К посуде с пробой трансформаторного масла необходимо прикрепить бланк направления - заказ, в который включаются следующие данные:

- заводской номер;
- тип аппарата;
- место установки;
- причина отбора пробы;
- подпись лица, отобравшего пробу;
- дата отбора пробы масла.

Включение аппарата в работу после ремонта должно производиться только после получения удовлетворительного результата анализа масла. При неудовлетворительных результатах анализа масла оборудование немедленно выводится из работы для выяснения причин, принятия мер по ремонту оборудования или замены масла.

После замены масла в электрооборудовании (кроме баковых выключателей) необходимо выполнить внеочередные испытания масла.

Пробы масла из маслonaполненного оборудования, установленного на открытом воздухе, отбираются летом в сухую погоду, зимой - в морозную.

Отбор проб, как правило, производится через имеющееся на аппарате маслоотборное устройство.

Существуют следующие виды проб:

- низовая донная проба;
- нижняя боковая проба;
- проба из маслопровода.

Низовая проба берется для определения содержания в масле посторонних примесей, а также для оценки состояния масла в неработающем оборудовании. Для работающей аппаратуры можно пользоваться баковой пробой. В случае отсутствия крана для отбора низовой пробы масла пользуются стеклянным сифоном или трубкой.

При поступлении нового оборудования порядок отбора проб и периодичность производится согласно заводской сопроводительной документации.

Отбор проб масла из электрооборудования находящегося в эксплуатации производится согласно годовым графикам ремонта подстанций, и трансформаторов 6/0,4кВ.

На предприятии должен быть организован сбор грязного масла в специальные емкости герметичного исполнения, оборудованные воздухо-осушительными фильтрами для последующей его регенерации и очистки.

Технология отбора масла из маслonaполненного оборудования заключается в следующем:

- 1) количество масла, забираемого для испытания на пробой, должно быть не менее 0,5л.
- 2) при отборе масла до взятия пробы протереть краны; от пыли и грязи чистой, сухой ветошью;
- 3) перед взятием пробы необходимо промыть спускное отверстие, для этого следует спустить 2...3 л масла в предварительно подставленную под кран емкость, желательно чтобы емкость была герметичного исполнения для возможности транспортировать слитое масло на базу УЭХ.
- 4) для вводов объем спускаемого масла равен 1...1,5 л, при этом необходимо наблюдать за количеством в масле воды и загрязнений.
- 5) при наличии воды объем спускаемого масла должен быть увеличен;
- 6) после предварительной промывки, новая прочистка отверстий перед взятием пробы не допускается;

- 7) затем заполнить посуду примерно на  $\frac{1}{3}$  объема маслом и прополоскать два раза;
- 8) посуду заполнить до краев, струя масла должна быть непрерывной, без разбрызгивания и всплесков, причем, маслоотборный кран нельзя открывать до упора, во избежание образования резкой струи масла;
- 9) сразу же после заполнения посуды маслом закрыть ее пробкой, промытой тем же маслом;
- 10) после отбора пробы масла проверить его уровень по маслоуказателю, при необходимости - долить масло согласно инструкции по эксплуатации для конкретного типа оборудования.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 15**

Тема: Электропривод насосов.

Цель: Изучить порядок отбора электропривод насосов.

### **Указания мер безопасности.**

Для проведения отбора проб масла необходимо выполнить организационные и технические мероприятия согласно требованиям «Межотраслевых правил по охране труда (правил безопасности) при эксплуатации электроустановок», работы выполняются по наряду.

По степени воздействия на человека трансформаторное масло относится к четвертому классу опасности (ГОСТ 12.1.007-78).

Согласно ГОСТ 12.1.017-80 температурные пределы воспламенения трансформаторного масла составляют:

верхний .....163° С;

нижний .....122° С;

Помещение, в котором производятся работы с маслом, должно быть оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией.

Пролитое масло необходимо собрать в отдельную тару, место разлива протереть сухой тканью. На открытой площадке место разлива надо засыпать песком, после чего песок удалить лопатой.

При попадании масла на кожу и слизистую оболочку глаза промыть кожу теплой мыльной водой, глаза - теплой водой.

При загорании масла необходимо применить меры для предотвращения распространения огня и горящего масла.

Тушение огня производить согласно инструкции при тушении пожаров в электроустановках ИПБ-08.

### **Ход работы**

- 1) Изучить Справочный материал.
- 2) Описать подготовительные операции и технологию отбора масла из маслonaполненного оборудования.
- 3) Провести отбор масла из маслonaполненного трансформатора напряжения.
- 4) Составить отчет о проделанной работе.
- 5) Ответить на контрольные вопросы.

### **Контрольные вопросы**

- 1) Что должно обеспечиваться при эксплуатации трансформаторных масел?
- 2) По каким свойствам судят о состоянии и качестве трансформаторного масла?
- 3) Какие требования предъявляются к трансформаторному маслу?
- 4) Перечислите основные показатели, определяющие физико-химические свойства масла.
- 5) Что входит в объем сокращенного анализа трансформаторного масла?
- 6) Перечислите виды проб масла.

7) Периодичность взятия проб масла из трансформатора.

### **Содержание отчета**

- 1) Номер, тема и цель работы.
- 2) Подготовка к работе.
- 3) Порядок отбора проб масла из маслонаполненного оборудования.
- 4) Ответы на контрольные вопросы.
- 5) Вывод о проделанной работе.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 16

Тема: Определение класса защиты электрооборудования по взрыва- и пожаробезопасности.

Цель: Изучить класса защиты электрооборудования по взрыве- и пожаробезопасности.

### Справочный материал

При внутренних повреждениях трансформаторов, связанных с высоким нагревом, происходит разложение масла и твердой изоляции с образованием легких углеводородов и газов, которые растворяются в масле и выделяются из него, накапливаясь в газовом реле трансформатора.

Образование и растворение легких углеводородов в масле вызывает понижение температуры вспышки масла, что свидетельствует о наличии повреждения в трансформаторе.

По объему выделяющихся газов можно судить о размере повреждения. По составу газов и разложений масла или твердой изоляции, а также по температуре нагрева - об ориентировочном месте повреждения. По этому отбору пробы газа следует уделять должное внимание.

### Порядок взятия газа из газового реле.

Для отбора и хранения проб газа наиболее удобен прибор, который состоит из газовой пипетки - 1, емкостью 250...500 мл, с кранами - 5 и уравнивающей склянки - 2, соединенной с пипеткой резиновой трубкой.

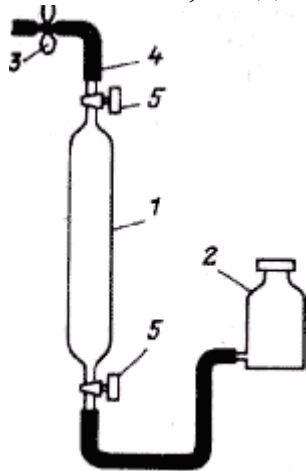


Рисунок 8.1 - Прибор для отбора газа из газового реле

Для удобства транспортировки прибор помещен в деревянный ящик.

Перед отбором пробы пипетку и резиновую трубку, надетую на верхний кран пипетки, заполняет запирающей жидкостью с помощью уравнивающей склянки.

Для этого уравнивательную склянку поднимают вверх, открывают краны и снимают зажим 3.

Необходимо следить, чтобы в верхней части пипетки и трубки не оставалось пузырьков воздуха. Если появились пузырьки, необходимо уравнивательную склянку опустить вниз, тем самым слить жидкость из пипетки и вновь заполнить пипетку до тех пор, пока из верхней резиновой трубки появится

жидкость, после этого закрыть нижний и верхний краны и на верхнюю резиновую трубку 4 надеть зажим 3.

Прибор готов и можно приступать к отбору газа из газового реле. Для этого свободный конец резиновой трубки надевают на штуцер газового реле и открывают кран газового реле и краны на пипетке, уравнительную склянку опускают вниз.

Газ набирают до тех пор, пока уровень масла в реле не достигнет верха смотрового стекла, или пока пипетка заполнится газом.

После этого закрывают кран газового реле, поднимают уравнительную склянку на высоту верхнего крана пипетки для создания в пипетке избыточного давления, затем закрывают нижний и верхний краны пипетки. Снимают резиновую трубку со штуцера газового реле и пробу газа доставляют на анализ. В качестве запирающей жидкости в летнее время может быть использован 22%-ный раствор поваренной соли (NaCl), подкисленный серной кислотой (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) – 5...6 капель и подкрашенный метилоранжем.

В зимнее время лучше использовать водный раствор глицерина (1:1 по объему). Раствор для запирающей жидкости готовит химгруппа.

#### **Указания мер безопасности.**

Взятие проб газа из газового реле следует производить на отключенном оборудовании с соблюдением организационных и технических мер безопасности.

#### **Новые технологии взятия газа из газового реле.**

В связи с появлением и активным внедрением в энергосистемы Российской Федерации газоплотныхпробоотборных устройств существующая методика отбора проб газов из газового реле может быть пересмотрена. Вместо громоздких и плохо приспособленных для перемещения проб газов на большие расстояния устройств в соответствии с РД 34.035.518-2001 целесообразно применение специализированных газоплотныхпробоотборных пакетов «ЭЛХРОМ».

В этом случае упрощается процедура отбора проб газов из газового реле; сокращается время отбора; обеспечивается представительность пробы и отсутствует необходимость специальной подготовки персонала.

Важно отметить, что для качественного отбора как жидкой, так и газообразной пробы необходимы специальные переходники, позволяющие повышать качество пробоотбора.

В дополнение к сказанному представляется интересным применение индикаторных трубок (ИТ) для оценки наличия горючих газов в газовом реле.

Применение ИТ позволяет получить первичную информацию при минимуме затрат на её получение. В ряде случаев первичной информации бывает достаточно для принятия решения. Например, если при помощи ИТ не обнаруживаются горючие газы в газовом реле силового трансформатора, то отбор пробы газа для проведения хроматографического анализа в лаборатории становится неостребованным. Таким образом, достигается экономия средств и времени на перенос образцов в лабораторию и выполнение анализа. К другим



преимуществам газового анализа с применением ИТ относятся малый вес и габариты, достаточная чувствительность и точность анализа, простота подготовки и выполнения анализа, что позволяет проводить газовый анализ лицам без специальной подготовки.



Рисунок 8.2 - Пробоотборное устройство с индикаторной трубкой для оценки газа на горючесть

ИТ могут быть приспособлены для работы с пробоотборным устройством (рисунок 8.2). Предлагаемое диагностическое обеспечение позволяет снизить стоимость анализа, т.к. в этом случае отпадает необходимость применять специальные аспираторы для прокачки исследуемого газа через ИТ и, следовательно, отбора проб газа из газового реле силовых трансформаторов, а вместо аспираторов используются газоплотные шприцы «ЭЛХРОМ», применяемые для отбора проб ТМ.

Примерный порядок работы с индикаторными трубками (ИТ):

- надрезаются и обламываются концы ИТ;
- в шприц набирается порция исследуемого вещества;
- с помощью гибкой трубки шприц присоединяется к ИТ;
- исследуемое вещество пропускается через ИТ;
- измеряется длина переокрашенных зон;
- с помощью формул или по цвету переокрашенных зон определяется содержание исследуемых веществ.

## **Информационное обеспечение обучения**

### **Печатные и электронные издания**

#### **Основные печатные издания**

1. Диагностика оборудования систем электроснабжения : учебное пособие / Е. Е. Привалов, А. В. Ефанов, С. С. Ястребов, В. А. Ярош ; под редакцией Е. Е. Привалова. — Ставрополь : Параграф, 2020. — 236 с. — Текст : электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование : [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/109376>

2. Шлейников, В. Б. Электроснабжение цеха промышленного предприятия : учебное пособие для СПО / В. Б. Шлейников. — Саратов : Профобразование, 2020. — 115 с. — ISBN 978-5-4488-0719-0. — Текст : электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование : [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/92214>

3. Абрамова, Е. Я. Электроснабжение промышленных предприятий. Курсовое проектирование : учебное пособие для СПО / Е. Я. Абрамова. — Саратов : Профобразование, 2020. — 121 с. — ISBN 978-5-4488-0538-7. — Текст : электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование : [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/922114.2.2>

#### **Дополнительные учебные издания:**

4. Шеховцов В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования. - М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2019. –214с.

#### **Интернет ресурсы:**

5. <http://www.minenergo.com/> Министерство энергетики Российской Федерации

6. <http://eprussia.ru/lib/> Энергетика и промышленность России

7. <http://forca.ru/> Энергетика, оборудование, документация

#### **Электронно-библиотечная система:**

8. ЭБС «elibrary», ООО «РУНЭБ»
9. ЭБС «IPRbooks», ООО «Ай Пи Ар Медиа»
10. ЭБС «Лань», ООО «Издательство Лань»
11. ЭБС «PROФобразование
12. ЭБС «Book.ru