



Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Электроснабжение»

**Д. Р. Мороз, Ю. А. Рудченко**

## **НАЛАДКА И ИСПЫТАНИЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ**

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ  
по одноименному курсу для студентов  
специальности 1-43 01 02 «Электроэнергетические  
системы и сети» дневной формы обучения**

Гомель 2011

УДК 621.311(075.8)  
ББК 31.27я73  
М80

*Рекомендовано научно-методическим советом  
энергетического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого  
(протокол № 10 от 30.06.2010 г.)*

Рецензент: канд. техн. наук, доц. каф. «Автоматизированный электропривод»  
ГГТУ им. П. О. Сухого *А. В. Козлов*

**Мороз, Д. Р.**

М80      Наладка и испытание электрооборудования : лаборатор. практикум по одноим. курсу для студентов специальности 1-43 01 02 «Электроэнергетические системы и сети» днев. формы обучения / Д. Р. Мороз, Ю. А. Рудченко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2011. – 57 с. Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц; 32 Mb RAM; свободное место на HDD 16 Mb; Windows 98 и выше; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://lib.gstu.local>. – Загл. с титул. экрана.

Даны краткие теоретические сведения, описание приборов и оборудования, порядок и правила техники безопасности, необходимые для выполнения лабораторных работ по курсу «Наладка и испытание электрооборудования».

Для студентов специальности 1-43 01 02 «Электроэнергетические системы и сети» дневной формы обучения.

**УДК 621.311(075.8)  
ББК 31.27я73**

© Учреждение образования «Гомельский  
государственный технический университет  
имени П. О. Сухого», 2011

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

### Изучение конструкции лабораторного стенда НТЦ-15

**Цель:** Познакомиться с оборудованием лабораторного стенда, приобретение общих навыков работы.

**Приборы и инструмент:** лабораторный стенд НТЦ-15.

#### Назначение стенда

Учебный лабораторный стенд (рис. 1.1) предназначен для проведения лабораторных работ по монтажу, наладке и эксплуатации отдельных видов электрооборудования и электрических сетей, используемых на предприятиях и в гражданских зданиях.



*a*

*б*

Рис. 1.1. Лабораторный стенд: *a* – лицевая панель;  
*б* – вторая сторона

#### Устройство стенда

Стенд работает при температуре окружающего воздуха от +10 до +35 градусов °С при относительной влажности воздуха 80 %.

Для сборки исследуемых схем следует монтажными проводами произвести соединение соответствующих элементов согласно принципиальным схемам, приведенным в описании лабораторных работ.

На лицевой панели (рис. 1.1, *a*) расположены: асинхронный электродвигатель М1, двигатель постоянного тока М2 и тахогенератор G1, силовой трансформатор Т2, предохранители FU1...FU3 и нагрузочные резисторы R1, R2, амперметры А1-А2, вольтметры V1-V2, двухэлементный ваттметр W, измеритель скорости n, ЛАТр Т1 и тумблер «Сеть» для включения стенда. Пределы измерения приборов указаны на панели.

Валы всех электрических машин механически соединены между собой посредством соединительных муфт.

Измерение скорости вращения валов исследуемых электродвигателей осуществляется с помощью тахогенератора G1 и регистрируется по прибору п.

С помощью ЛАТРа Т1 производится регулировка подводимого переменного напряжения в требуемых пределах.

На лицевой панели стенда расположена пускорегулирующая аппаратура и коммутационные гнезда. Их расположение позволяет визуально наблюдать за работой этих аппаратов и познакомиться с их внешним видом. С помощью индикаторных ламп производится контроль подачи на стенд трехфазного напряжения по фазам А, В, С после включения тумблера «Сеть».

На второй стороне панели (рис. 1.1, б) расположено необходимое оборудование для монтажа схемы электроосвещения квартиры: вводной выключатель, ответвительные коробки, выключатели, розетка, осветительные патроны. Питание на вводной выключатель подается тумблером «Сеть», который находится на лицевой панели, в верхнем левом углу.

Типы и паспортные данные используемого силового электрооборудования приведены ниже.

1. Автоматический выключатель АП50Б:

Номинальный ток  $I_n = 1,6 \text{ А}$ ;

Кратность тока срабатывания отсечки  $k = 10$ .

2. Кнопочная станция на 2 кнопки: «Пуск» и «Стоп».

3. Тепловое реле ТРН:

Номинальный ток  $I_n = 10 \text{ А}$ .

4. Пускатель магнитный ПМЛ-1101.

5. Реле времени ВЛ-64:

Номинальное напряжение катушки  $U_n = 110 \text{ В}$ ;

Диапазон уставки по времени срабатывания  $t = 1 \dots 10 \text{ сек}$ .

6. Предохранитель автоматический ПАР 10:

Номинальный ток  $I_n = 10 \text{ А}$ .

7. Патрон осветительный.

8. Трансформатор ОСМ1-0,16:

Номинальная мощность  $S_n = 160 \text{ В} \cdot \text{А}$ ;

Номинальное первичное напряжение  $U_{н1} = 220 \text{ В}$ ;

Номинальное вторичное напряжение первой обмотки  
 $U_{н2.1} = 42 \text{ В}$ ;

Номинальное вторичное напряжение второй обмотки  
 $U_{н2.2} = 5 \text{ В}$ .

9. Латр АОСН-2-220:

Номинальный ток  $I_{н} = 2 \text{ А}$ ;

Номинальное первичное напряжение  $U_{н1} = 220 \text{ В}$ ;

Диапазон регулирования напряжения  $U = 5 \dots 240 \text{ В}$ .

10. Реле промежуточное РП-21 (монтажная схема реле представлена на рис. 1.2).

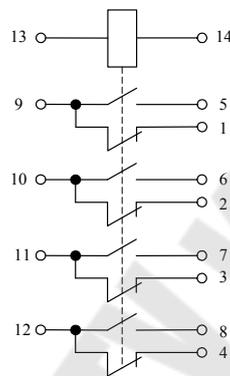


Рис.1.2. Монтажная схема промежуточного реле РП-21

11. УЗО У362:

Номинальный ток  $I_{н} = 16 \text{ А}$ ;

Номинальный отключающий дифференциальный ток  
 $I_{\Delta} = 30 \text{ мА}$ .

12. Звуковой извещатель.

13. Переключатель трехпозиционный SA1.

14. Конденсаторы МБГО-2:

Номинальная емкость  $C = 4 \text{ мкФ} \pm 10\%$ ;

Номинальное напряжение  $U_{н} = 300 \text{ В}$ .

15. Измерительные приборы.

16. Тахогенератор.

17. Резисторы ПЭВР-100.

18. Люминесцентная лампа.

19. Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором АИР56А4У3:

Номинальная мощность  $P_{н} = 120 \text{ Вт}$ ;

Номинальная скорость вращения  $n = 1350$  об/мин ;  
Номинальный КПД 57 %  
Номинальный коэффициент мощности  $\cos\varphi = 0,66$  ;  
Схемы соединения обмоток –  $\Delta/Y$  ;  
Номинальный ток  $I_H = 0,8/0,5$  А ;  
Номинальное напряжение  $U_H = 220/380$  В .

20. Электродвигатель постоянного тока коллекторный СЛ-369:  
Тип возбуждения – параллельное  
Номинальное напряжение питания постоянного тока  $U_H = 110$  В ;  
Номинальный ток  $I_H = 0,9$  А ;  
Номинальная мощность  $P_H = 55$  Вт ;  
Номинальная частота вращения  $n = 3600$  об/мин ;  
Номинальный вращающий момент на валу  $M_H = 0,147$  Н·м .

### **Меры безопасности**

1. При выполнении лабораторных работ необходимо соблюдать «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Межотраслевые правила по охране труда при работе в электроустановках».
2. При проведении лабораторных работ, сборка схем и изменения в исследуемых схемах проводятся при отключенном напряжении питания.
3. Запрещается включать стенд без разрешения преподавателя.
4. К обслуживанию стенда допускаются лица, изучившие конструкцию стенда, правила техники безопасности при работе со стендом и прошедшие инструктаж по технике безопасности.

### **Общий порядок выполнения работ на стенде НТЦ-15**

1. Установите на лицевой панели все тумблеры в нижнее положение "выключено".
2. Соберите схему лабораторной работы с помощью соединительных проводников и после проверки схемы преподавателем включите стенд.
3. Включите тумблер питания стенда. Произведите необходимые исследования и измерения в зависимости от выполняемой работы.

4. Отключение стенда производится в обратной последовательности.

### **Порядок выполнения данной работы**

1. Найти на стенде оборудование, описанное в данной лабораторной работе.
2. Познакомиться с особенностями подключения магнитных пускателей ПМЛ. Определить зажимы катушки магнитного пускателя, силовые и блокировочные контакты.
3. Познакомиться с особенностями подключения теплового реле ТРН. Определить зажимы нагревательных элементов и блокировочного контакта.
4. Познакомиться с особенностями подключения реле времени ВЛ-64. Вывинтить шуруп, снять реле, определить зажимы катушки реле и зажимы контактов. Определить тип контактов и составить монтажную схему реле времени.
5. Познакомиться с особенностями подключения асинхронного двигателя. Снять крышку клемной коробки, определить по какой схеме соединены обмотки статора.
6. Познакомиться с особенностями подключения измерительных приборов. Определить тип измерительных приборов и пределы измерения. Составить монтажную схему включения ваттметра в сеть.
7. Снять крышку автоматического выключателя АП50Б и познакомиться с особенностями его подключения.
8. Познакомиться с особенностями монтажа схемы квартирной проводки на второй стороне стенда. Снять крышки с ответвительных коробок, разобрать и собрать выключатель, розетку и осветительный патрон.

### **Содержание отчета**

1. Тема и цель работы.
2. Перечень и паспортные данные оборудования.
3. Требуемые в порядке выполнения работы монтажные схемы.
4. Требования правил охраны труда при выполнении лабораторных работ.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2**

### **Испытание электродвигателя с коммутационными аппаратами после монтажа**

#### **Цель работы:**

- 1) получение навыков монтажа электрооборудования по монтажным чертежам;
- 2) изучить методику проверки электрооборудования для управления работой электродвигателя.

#### **Приборы и инструмент:**

лабораторный стенд НТЦ-15, отвертка, тестер.

#### **Краткие теоретические сведения**

Наиболее широкое распространение во всех отраслях промышленности, строительства и сельского хозяйства имеют асинхронные электродвигатели трехфазного тока с короткозамкнутым ротором. Электродвигатели характеризуются номинальными данными, которые указаны в их паспортах: мощностью, напряжением, током статора, кратностью пускового тока, коэффициентом мощности, частотой вращения ротора, номинальным вращающим моментом.

Смонтированный и установленный на рабочее место электродвигатель проверяют при работе вхолостую и под нагрузкой; при необходимости подвергают испытанию. Управление, регулирование и защиту электрических машин осуществляют с помощью электрических аппаратов. Аппараты, применяемые для управления электрическими цепями, подразделяются на неавтоматические и автоматические. К автоматическим аппаратам относятся: контакторы, магнитные пускатели, автоматические выключатели, которые управляются дистанционно или действуют автоматически при изменении установленного режима работы электродвигателей или питающей сети.

Учащемуся необходимо уметь хорошо разбираться в схемах, знать устройство электродвигателей и аппаратов и уметь осуществлять сборку схем управления, а при необходимости производить соответствующие испытания и измерения.

#### **Порядок проведения работы**

Записать паспортные данные асинхронного электродвигателя (см. табличку на корпусе электродвигателя) и ознакомиться с пусковой аппаратурой (записать их полное обозначение и основные данные).

Для выполнения работы необходимо смонтировать электрическую схему, приведенную на рис. 2.1.

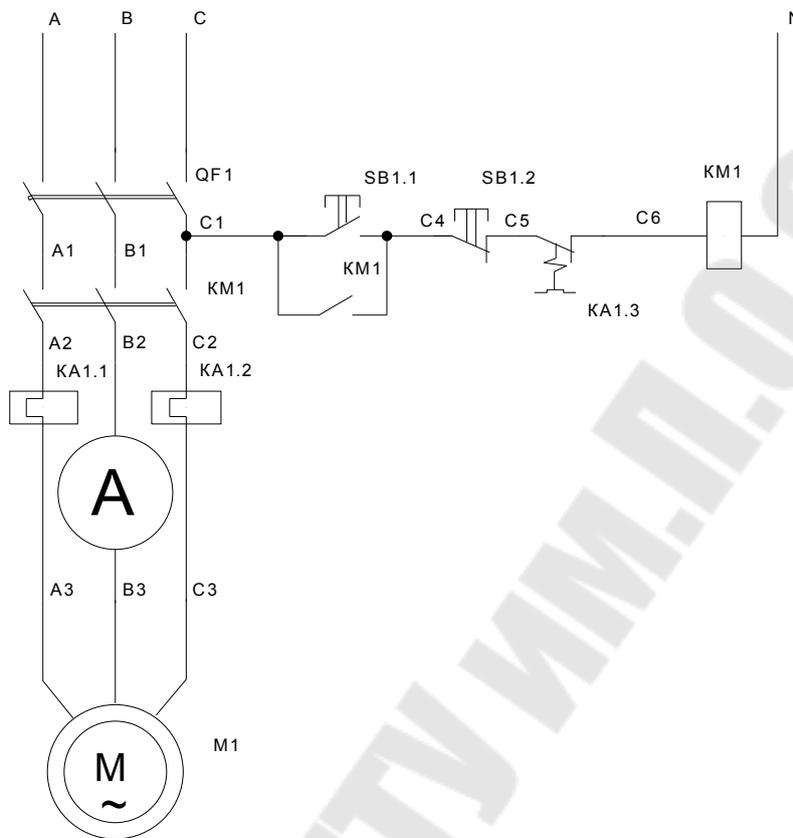


Рис.2.1. Электрическая принципиальная схема

Исследования в данной работе производятся на основе асинхронного электродвигателя М1. Для управления работой электродвигателя используются следующие коммутационные аппараты: автоматический выключатель QF1 – для подключения схемы управления к питающему напряжению и защиты от токов короткого замыкания; магнитный пускатель KM1 – для подключения обмотки статора двигателя к питающему напряжению; тепловое реле КА1 – для защиты двигателя от длительных перегрузок; кнопки кнопочного поста SB1.1 и SB1.2 – для пуска и останова двигателя.

Контроль за током в фазах, фазным напряжением, потребляемой активной мощностью и скоростью вращения вала электродвигателя производится по приборам: А1, V1, W1 и п. Контроль за работой коммутационных аппаратов производится визуально.

Сборка схемы выполняется по монтажной схеме рис. 2.2.

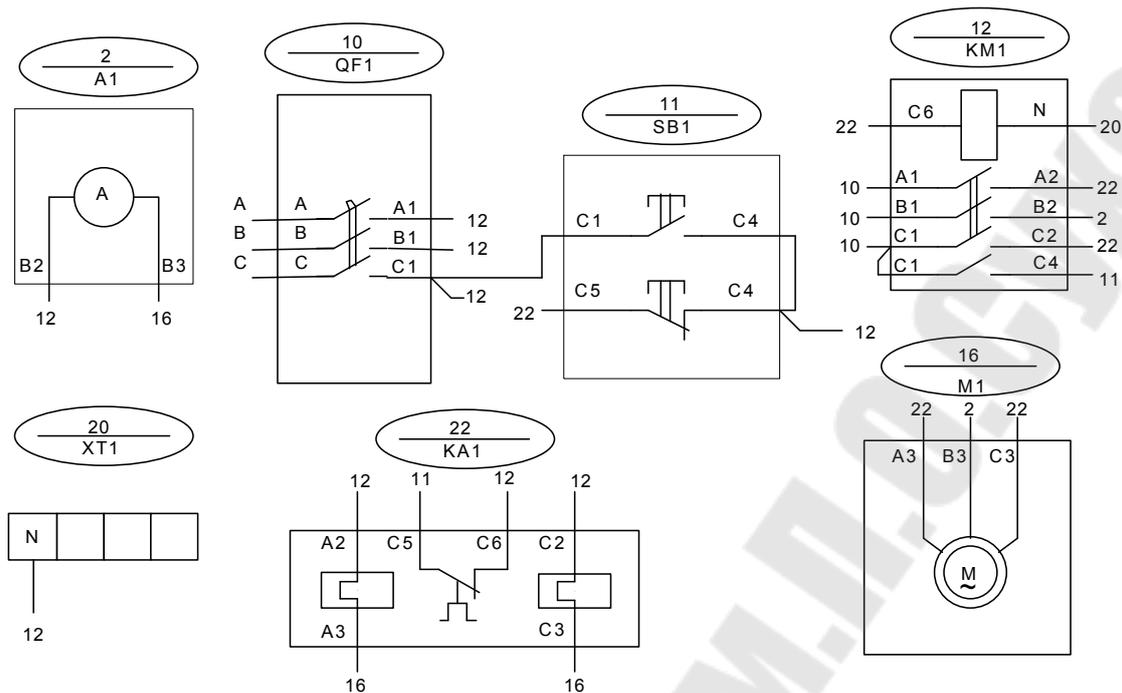


Рис.2.2. Монтажная схема

Ознакомьтесь с расположением аппаратов на панели стенда. По схеме монтажной на рис. 2.2 смонтировать схему управления двигателем М1. С помощью тестера проверить монтаж схемы по схеме электрической принципиальной при отключенном питании стенда. После проверки преподавателем произвести проверку работы схемы при поданном напряжении питания. Снять показания амперметра. Тестером измерить все фазные и линейные напряжения. Зафиксировать показания. Сделать заключение о правильности выбора пуско-регулирующей аппаратуры и аппаратов защиты. Обосновать выводы.

### Содержание отчета

1. Название и цель проведения лабораторной работы.
2. Схема проведения измерений и ее описание.
3. Результаты измерений.
4. Выводы.

### Контрольные вопросы

1. Какие аппараты относятся к пуско-регулирующей аппаратуре. Перечислите их.
2. В каких режимах проверяют электродвигатель после монтажа.
3. Каково назначение автоматического выключателя QF1 и теплового реле КА1 в схеме рис. 2.1.
4. Опишите принцип работы схемы по рис. 2.1

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

### Испытание конденсаторов для повышения коэффициента мощности

#### Цель работы:

- 1) изучить влияние конденсаторов на коэффициент мощности электрической цепи;
- 2) изучить методику расчета коэффициента мощности.

#### Приборы и инструмент:

лабораторный стенд НТЦ-15, отвертка, тестер.

#### Краткие теоретические сведения

Прохождение реактивной мощности, пульсирующей между источниками питания и электроприемниками, сопровождается увеличением тока. Это вызывает дополнительные затраты на увеличение сечений проводников сетей и мощностей трансформаторов, создает дополнительные потери электроэнергии. Кроме того, увеличиваются потери напряжения за счет реактивной составляющей, пропорциональной реактивной нагрузке и индуктивному сопротивлению, что понижает качество электроэнергии по напряжению.

Вследствие этого важное значение имеет компенсация реактивных нагрузок и повышение коэффициента мощности в системах электроснабжения промпредприятий. Под компенсацией имеется в виду установка местных источников реактивной мощности, благодаря которым повышается пропускная способность сетей и трансформаторов, а также уменьшаются потери электроэнергии.

Для сохранения нормального напряжения при максимальной нагрузке необходимо соблюдение баланса реактивных мощностей, который достигается за счет мероприятий, снижающих потребление реактивной мощности предприятиями от энергосистемы.

Эти мероприятия разбиваются на: мероприятия, не требующие специальных компенсирующих устройств и целесообразные во всех случаях, и требующие установки специальных компенсирующих устройств для выработки реактивной мощности.

Наибольшее распространение на промпредприятиях получили конденсаторные батареи. Мощность конденсатора пропорциональна квадрату напряжения, что следует учитывать при расчетах уровней напряжения сети:

$$Q = 2\pi \cdot f \cdot C \cdot U^2,$$

где  $Q$  – реактивная мощность конденсатора;  
 $f$  – частота сети;  
 $C$  – емкость конденсатора;  
 $U$  – напряжение сети.

Конденсаторы включаются в сеть параллельно электроприемникам, вследствие чего такая компенсация носит название поперечной (параллельной) в отличие от продольной, при которой конденсаторы включаются в сеть последовательно.

Возможна также индивидуальная компенсация, когда конденсаторы наглухо подключаются к обмоткам отдельных электродвигателей или трансформаторов и коммутируются вместе с ними. Она может применяться для электроприводов, работающих в длительном режиме. Мощность конденсаторов в этом случае выбирается по реактивной мощности холостого хода.

Наряду с большими достоинствами (статические устройства, малые потери активной мощности) конденсаторы имеют следующие недостатки:

- зависимость мощности от квадрата напряжения, что снижает устойчивость, а при особо неблагоприятных условиях может привести к лавине напряжения;
- сложность регулирования мощности;
- большие размеры при больших батареях;
- перегрев при повышении напряжения и наличии в сети высших гармоник, ведущих к выходу конденсатора из строя.

### **Порядок проведения работы**

Собрать электрическую схему согласно рис. 3.1. для исследования повышения коэффициента мощности с использованием батареи конденсаторов (схема индивидуальной компенсации мощности). В качестве активно-индуктивной нагрузки используется асинхронный электродвигатель М1. Подключение батареи конденсаторов производится выключателем SA1. Ваттметр W1, W2 индицирует активную трехфазную мощность, потребляемую электродвигателем.

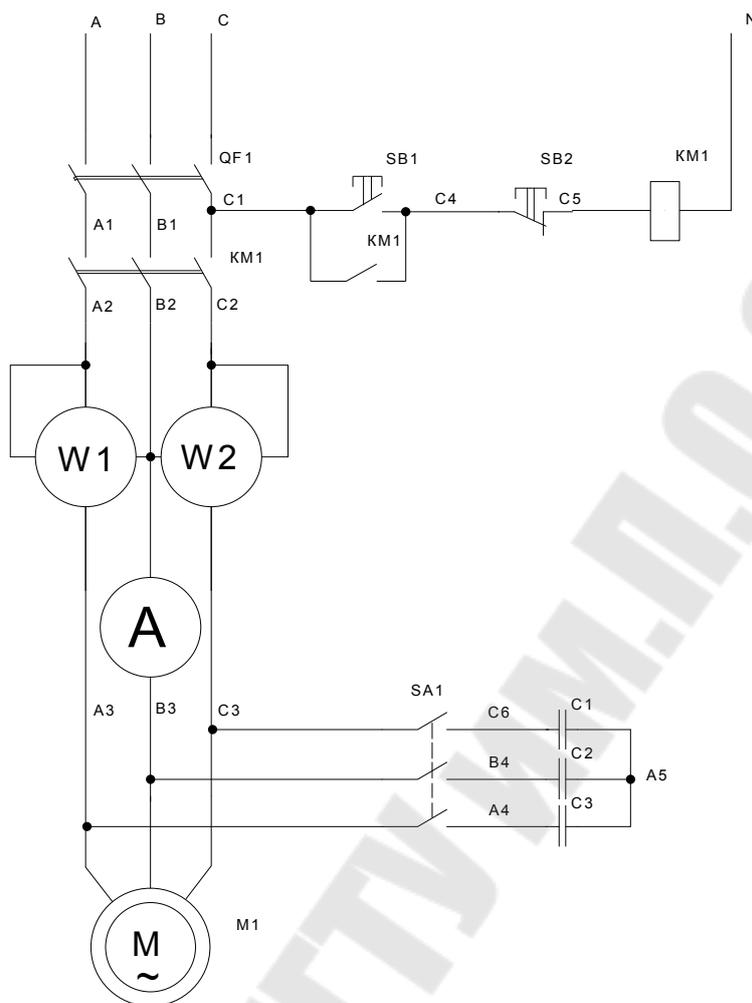


Рис. 3.1. Электрическая принципиальная схема

По монтажной схеме рис. 3.2 собрать опытную схему.

Проверить с помощью тестера правильность сборки. После проверки преподавателем подать напряжение на стенд и включить автомат QF1. При выключенном выключателе SA1 (рычажок в среднем положении) произвести запуск двигателя M1 черной кнопкой кнопочного поста SB1. Зафиксировать показания амперметра A1 и трехфазного ваттметра W1, W2. Тестером измерить фазное напряжение. Данные занести в таблицу (см. таблицу 3.1.). Не отключая двигателя подключить батарею конденсаторов C1-C3 выключателем SA1 (рычажок в нижнем положении) и отметить уменьшение величины тока на амперметре A1. Снять данные с амперметра и ваттметра и занести в таблицу. Отключить электродвигатель красной кнопкой кнопочного поста SB1. Отключить автомат QF1 и обесточить стенд. Провести вычисления в таблице и сравнить значения коэффициента мощности в опыте без батареи конденсаторов и с ней.

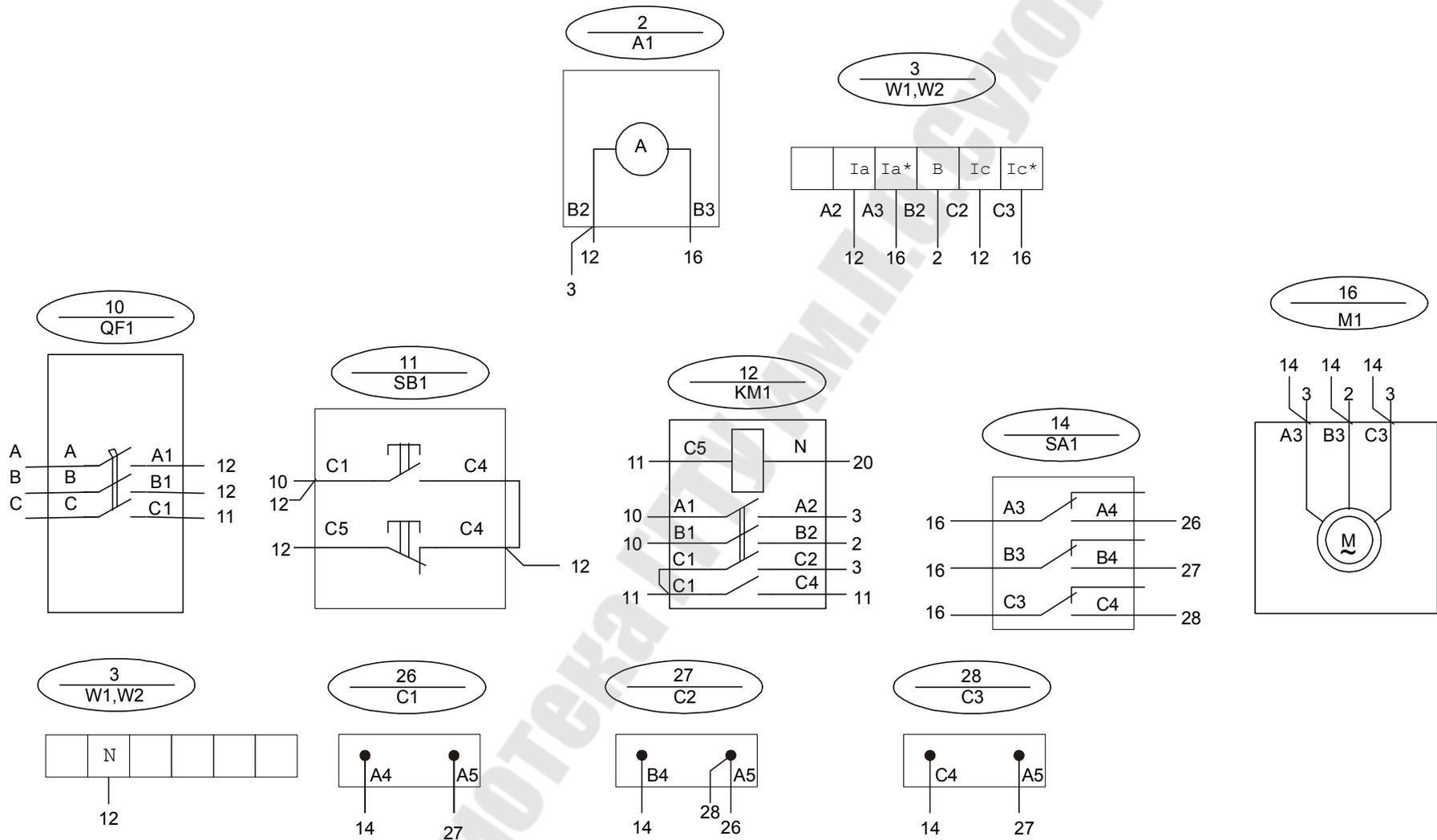


Рис.3.2. Монтажная схема

Расчет коэффициента мощности ведется по следующим формулам:

А) Полная мощность

$$S = 3 \cdot U_{\phi} \cdot I_{\phi}, \text{ В} \cdot \text{А};$$

Б) Коэффициент мощности

$$K_M = P/S.$$

Таблица 3.1

#### Результаты измерений

Опыт	$U_{\phi}$ , В	$I_{\phi}$ , А	$P$ , Вт	$S$ , В·А	$K_M$
Без С1-С3					
С С1-С3					

#### Содержание отчета

1. Название и цель проведения лабораторной работы.
2. Схема проведения измерений и ее описание.
3. Результаты измерений.
4. Выводы.

#### Контрольные вопросы

1. Для чего применяют компенсацию реактивной мощности.
2. Что такое коэффициент мощности.
3. Какие устройства применяют для повышения коэффициента мощности.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

### Контроль состояния изоляции по тангенсу угла диэлектрических потерь

#### Цель работы:

- 1) получение навыков проведения измерений тангенса угла диэлектрических потерь;
- 2) изучить методику определения состояния изоляции электрооборудования по значению тангенса угла диэлектрических потерь.

#### Приборы и инструмент:

имитатор неоднородной изоляции, мост переменного тока Р-595.

#### Краткие теоретические сведения

Схема замещения изоляции электрооборудования может быть представлена как параллельное соединение конденсатора  $C_p$  и резистора  $R$  (рис. 4.1), не зависимо от того, является ли изоляции однослойной или многослойной, так как накопление зарядов на границе раздела двух слоев на переменном напряжении отсутствует.

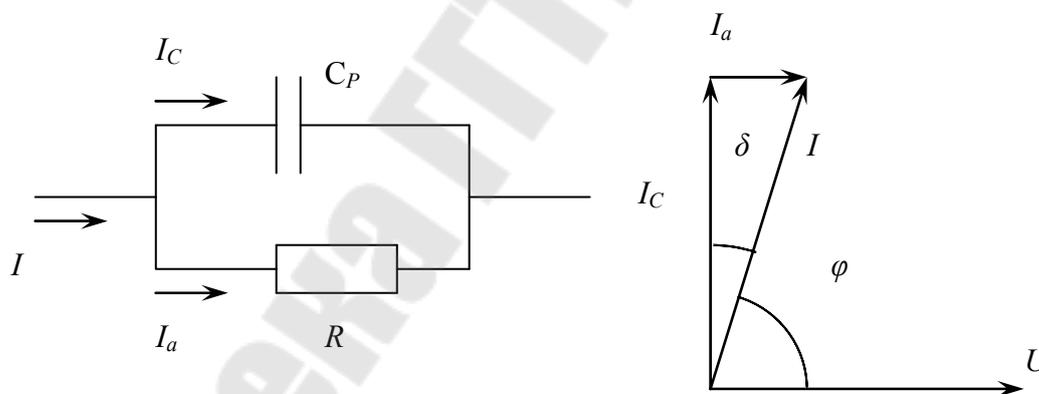


Рис. 4.1. Схема замещения изоляции электрооборудования и векторная диаграмма

Из рисунка видно, что угол диэлектрических потерь  $\delta$  дополняет угол сдвига  $\varphi$  между током и напряжением до  $90^\circ$ . Тогда тангенс угла диэлектрических потерь определится по выражению:

$$\operatorname{tg}\delta = \frac{I_a}{I_c} = \frac{U/R}{U/X_C} = \frac{g}{b} = \frac{1}{\omega C \cdot R} = \frac{1}{\omega \epsilon_0 \cdot \epsilon \cdot \rho}. \quad (4.1)$$

Из формулы видно, что тангенс диэлектрических потерь не зависит от размеров изоляции и является косвенным показателем, характеризующим ее состояние. Поэтому измерение тангенса диэлектрических потерь при частоте 50 Гц является одним из наиболее распространенных способов контроля состояния изоляции электрооборудования высокого напряжения.

Измерение величины тангенса диэлектрических потерь производят с помощью измерительного моста переменного тока Р-595. В мосте применена схема Шеринга (рис. 4.2) позволяющая производить:

1. Измерение емкости на высоком и низком напряжении;
2. Измерение тангенса угла диэлектрических потерь диэлектриков.

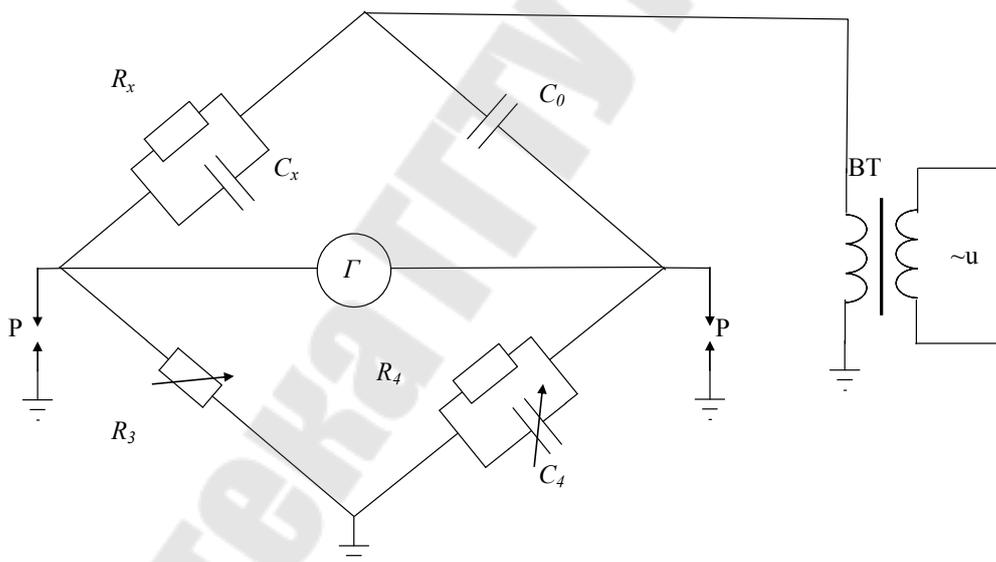


Рис. 4.2. Принципиальная схема работы измерительного моста

Плечами моста переменного тока являются:  $C_x$  и  $R_x$  – емкость и сопротивление испытуемой изоляции;  $C_0$  – эталонный конденсатор с малыми потерями;  $R_3$  – регулируемый образцовый резистор;  $R_4$  и  $C_4$  – нерегулируемый образцовый резистор и регулируемый образцовый конденсатор.

К одной из диагоналей моста подводится переменное напряжение (до 10 кВ). В другую диагональ включен гальвонометр Г, служащий индикатором моста. Защитные разрядники Р предохраняют измерительные плечи моста в случае пробоя изоляции. Изменяя величину сопротивления  $R_3$  и емкости  $C_4$  добиваются равновесия моста при котором индикатор Г отклонен от нулевого значения на минимальную величину.

В условиях эксплуатации обеспечить хорошую экранировку испытываемой конструкции практически невозможно. Поэтому для уменьшения погрешности измерения производят два измерения с изменением фазы испытательного напряжения на  $180^\circ$ , а величину тангенса диэлектрических потерь определяют, как среднее двух измерений по выражению:

$$tg\delta = \frac{C_{x1} \cdot tg\delta_1 + C_{x2} \cdot tg\delta_2}{C_{x1} + C_{x2}}. \quad (4.2)$$

Измерения с изменением фазы испытательного напряжения на  $180^\circ$  сопровождаются ошибками с разными знаками, которые при усреднении результата частично компенсируются.

### **Порядок проведения работы**

Измерение емкостных характеристик изоляции и тангенса угла диэлектрических потерь производится на низком напряжении (до 60 В, при частоте 50 Гц).

1. При помощи соединительных проводов собрать схему проведения измерения изображенную на испытательном мосте Р-595. В качестве испытуемой изоляции подключить эталонный конденсатор установленный на имитаторе неоднородной изоляции.

2. Установить на измерительном мосте:

Ручку «Чувствительность» – в положение «Выкл»;

Ручки магазина сопротивлений « $R_3$ » – в положение 50 Ом;

Ручки «Тангенс диэлектрических потерь» – в положение 5 %;

Ручка «А» – в положение «+ тангенс»;

Ручка «В» – в положение указывающий на диапазон соответствующий предполагаемому значению измеряемой емкости. Измерения проводятся на низком напряжении, поэтому необходимо использовать положения обозначенные черным цветом.

3. Включить тумблер «Сеть», при этом должна загореться лампочка освещения шкалы гальванометра.

4. Установить ручку «Чувствительность» в такое положение, при котором стрелка гальванометра отклонится на 30-35 мкА.

5. Регулируя сопротивление « $R_3$ » добиться положения, при котором стрелка гальванометра максимально приблизится к нулевому значению. По мере необходимости регулировать чувствительность указателя равновесия ручкой «Чувствительность». Чувствительность нужно выбирать такую, при которой изменение сопротивления « $R_3$ » на величину порядка 2 % от набранного отсчетного значения вызывает отклонение конца стрелки гальванометра на 1 мкА.

6. Регулируя ручки «Тангенс диэлектрических потерь» добиться положения, при котором стрелка гальванометра максимально приблизится к нулевому значению.

7. Записать измеренные значения « $R_3$ » и «Тангенс диэлектрических потерь», а так же положение переключателя полярности ручки «А» на мосте. Записать формулу для расчета емкости испытуемого объекта указанную у ручки «В» переключателя пределов измерения.

8. Снизить чувствительность Указателя равновесия и перевесит переключатель полярности «А» в противоположное значение.

9. Повторить измерения по пунктам 2 – 7 и отключить измерительный мост.

10. Произвести усреднение результатов измерений по выражению (4.2). Сравнить измеренные характеристики конденсатора с паспортными.

11. Подключить в схему измерения имитируемую изоляцию параметры которой задает преподаватель. Произвести измерения по пунктам 1 – 9.

12. Произвести усреднение результатов измерений по выражению (4.2). Из выражения 1 определить сопротивление изоляции.

13. По измеренным характеристикам сделать выводы о состоянии испытуемой изоляции.

### **Содержание отчета**

1. Название и цель выполнения лабораторной работы.
2. Принципиальная схема работы измерительного моста Р-595 и описание ее работы.
3. Результаты измерений.
4. Результаты вычислений емкостных характеристик испытуемых объектов.
5. Выводы о состоянии изоляции испытуемых объектов.

## Контрольные вопросы

1. Что такое угол диэлектрических потерь?
2. Изобразите параллельную схему замещения изоляции электрооборудования и векторную диаграмму.
3. Что характеризует тангенс угла диэлектрических потерь?
4. Докажите, что тангенс угла диэлектрических потерь не зависит от размеров изоляции.
5. Как по значению тангенса угла диэлектрических потерь оценить состояние изоляции?
6. Опишите принцип работы схемы Шеринга.
7. Для чего в схеме работы измерительного моста установлены разрядники R?
8. Для чего при измерении тангенса угла диэлектрических потерь на измерительном мосту Р-595 производится изменение фазы испытательного напряжения на  $180^\circ$ ?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

### Изучение методов определения мест повреждения в кабельных линиях

#### Цель работы:

- 1) Изучить методы определения повреждений в кабельных линиях;
- 2) изучить особенности индукционного метода поиска мест повреждения кабеля;
- 3) на модели кабельной линии определить характер повреждения.

#### Приборы и инструмент:

лабораторный стенд НТЦ-15, тестер, комплект штеккеров, датчик для поиска обрывов в кабелях.

#### Краткие теоретические сведения

Выбору метода определения зоны повреждения кабелей предшествует выяснение характера повреждений, определяемых путем измерений 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 отыскивания мест повреждения кабелей зависит от вида повреждения, пробивного напряжения в месте повреждения и переходного сопротивления. Поиск 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 рамы,

акустический и индукционный методы. Область применения различных методов приведена в таблице 5.1.

**МЕТОД КОЛЕБАТЕЛЬНОГО РАЗРЯДА** является одним из наиболее применяемых 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 "заплыть".

Для определения места повреждения при большей длине кабеля необходимы выпрямительные установки большей мощности, которые и используются при проведении места повреждения методом 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 (рис. 5.1). В месте повреждения в момент пробоя напряжение падает до нуля, что соответствует моменту времени

$$t_1 = l_x / v,$$

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

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

$v$  – скорость распространения волны (равна для силовых кабелей  $160 \pm 1$  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  $t_2 = 2l_x / v$  волна достигает места пробоя, потенциал жилы резко падает до нуля и волна уходит к концу линии с переменной знака. В момент времени  $t_3 = 3l_x / v$  волна отрицательной полярности приходит к концу линии, возвращаясь к месту пробоя с тем же знаком. В момент  $t_4 = 4l_x / v$  волна приходит к месту повреждения и в момент пробоя напряжение опять падает до нуля. На этом завершается полный период, за время которого волна четыре раза проходит расстояние от конца кабеля (места подключения кабеля к испытательной установке) до места повреждения. Поэтому

$$l_x = Tv/4,$$

где  $T$  – период колебаний.

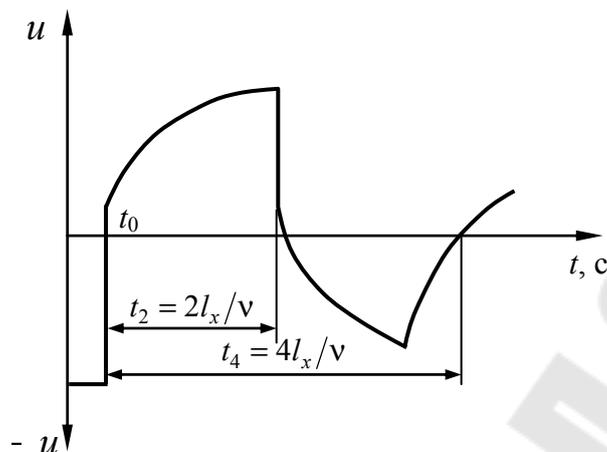


Рис. 5.1. Напряжение на зажимах при пробое

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 секундомеру. Схема подключения прибора ЭМКС-58М, позволяющего определять расстояния от 40 м до 10 км для кабелей до 10 кВ, изображена на рис. 5.2.

**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 тока 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 низкой частоты пропускают ток частотой 800-1200 Гц. Отыскание мест повреждения по цели 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, заземляя последнюю с обеих сторон и подключая генератор к жиле и оболочке. Наводимая в рамке ЭДС зависит от токораспределения в кабеле и взаимного пространственного расположения 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.

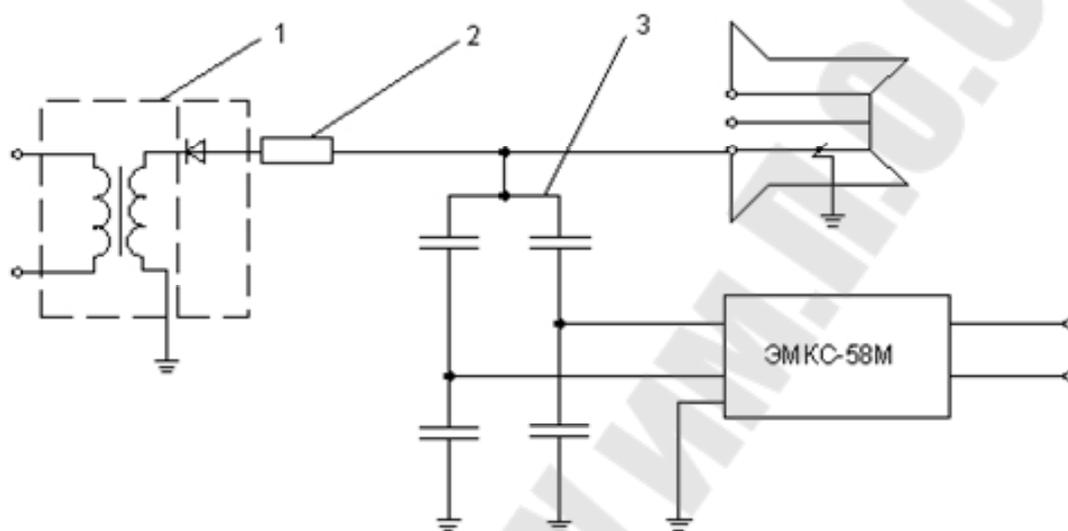


Рис. 5.2. Схема подключения прибора ЭМКС-58М: 1 – выпрямитель высокого напряжения; 2 – зарядное сопротивление; 3 – делитель высокого напряжения.

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 поля 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, обрыва жил.

## Порядок проведения работы

1. Ознакомиться с принципиальной электрической схемой лабораторной установки, изображенной на рис. 5.3.

Таблица 5.1

### Область применения методов определения мест повреждения кабельных линий

Вид повреждения	Напряжение пробоя, В	Переходное сопротивление в месте повреждения, Ом	Метод определения	
			зоны повреждения	точного места повреждения
Замыкание жилы на землю	От нуля испытательного	0-40	Импульсный и петлевой	Индукционный метод накладной рамки
		40-200	Импульсный, колебательного разряда, петлевой	Акустический
		200-5000	Колебательного разряда, петлевой	-//-
Замыкание жил между собой или на землю в одном месте		0-40	Импульсный, петлевой (при наличии целой жилы)	Индукционный
		40-200	Импульсный, колебательного разряда	Индукционный, акустический
		200-5000	Колебательного разряда	То же
	0-200	Импульсный	Акустический (с предварительным разрушением мостика)	
Двойное замыкание на землю в разных местах		200-5000	Петлевой, колебательного разряда	То же
Обрывы жил без замыкания на землю	При напряжении до испытательного нет пробоя	Выше $10^6$	Импульсный, емкостный, колебательного разряда	Акустический
Обрывы жил с замыканием на землю	Меньше испытательного	0-200	Импульсный	Индукционный
		Выше 200	Колебательного разряда	Акустический
Заплывающий пробой изоляции			Выше $10^6$	То же

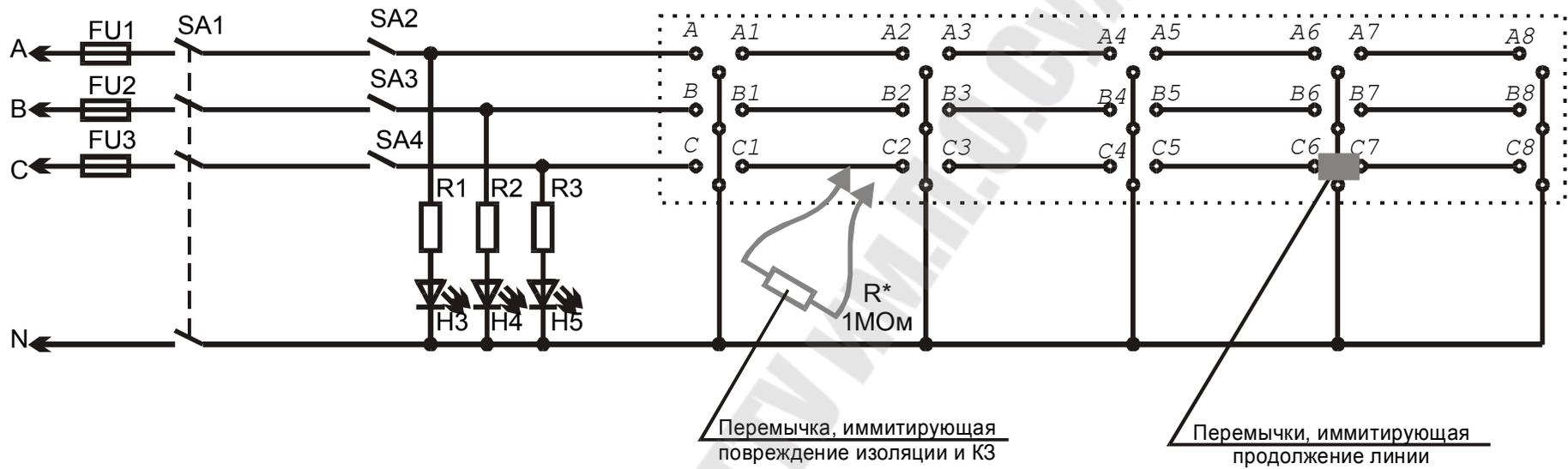


Рис.5.3. Принципиальная схема лабораторной установки

- По заданию преподавателя собрать заданную схему с повреждением кабеля (на модели повреждение изоляции и КЗ в линии имитируется перемычкой, содержащей резистор 1-2 МОм!; при КЗ линии на землю – перемычкой с резистором 1-2 МОм! соединяют фазу и нейтраль; при КЗ между линиями – перемычку с резистором 1-2 МОм! устанавливают между фазами; обрыв в линии имитируется отсутствием перемычки между участками кабеля).

### Поиск обрыва в линии

- По заданию преподавателя собрать схему с обрывом в линии. Предварительно проводится проверка линии на обрыв: для этого все линии на конце кабеля объединяются с нейтралью и затем поочередно прозваниваются омметром (используется тестер). Пример см. рис. 5.4. Для усложнения задачи для учащихся допускается применение перемычек со скрытым разрывом соединительного провода, тем самым визуально нельзя обнаружить место обрыва и учащемуся необходимо проделать всю цепочку измерений для вынесения заключения о месте обрыва.

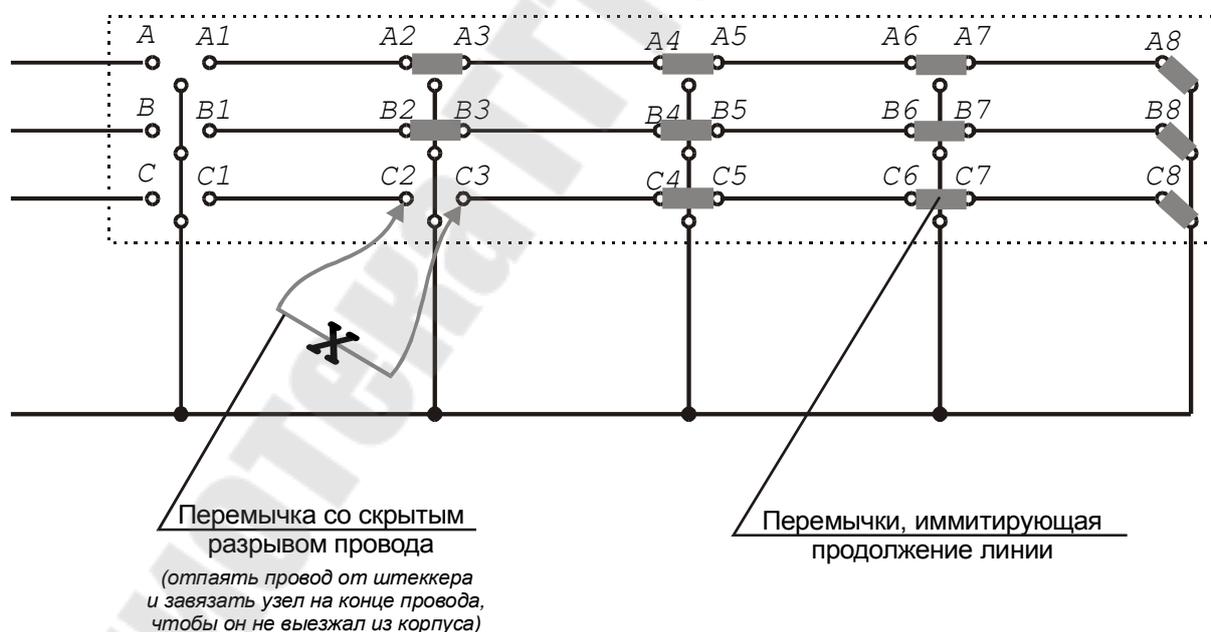


Рис.5.4. Схема поиска обрыва линии

- После определения линии, содержащей обрыв, ее вывод на конце кабеля соединяют с нейтралью. Пример см. рис. 5.5.

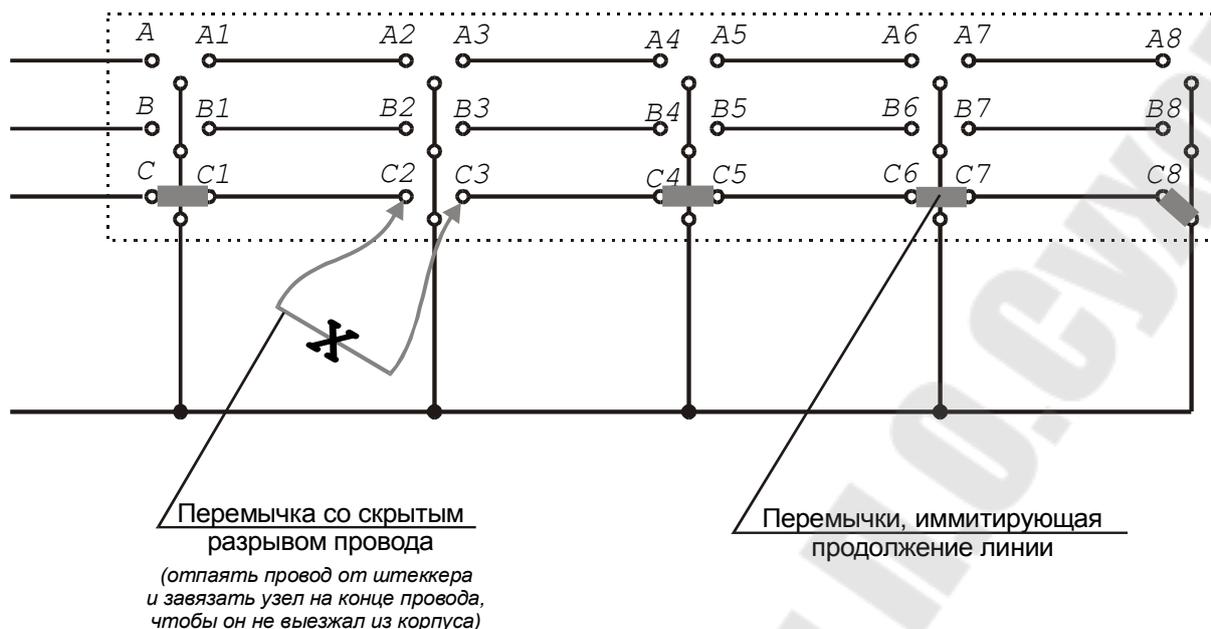


Рис.5.5. Схема поиска обрыва линии

3. Запитать стенд от сети. Подать напряжение на ввод поврежденной линии.
4. С помощью датчика поиска обрывов кабеля произвести поиск места обрыва. Для этого подключить наушники к датчику через соответствующее гнездо. Приблизить датчик к вводу линии на котором присутствует напряжение на расстояние до 5мм – в наушниках будет слышен 50Гц «фон», который существенно ослабляется при приближении к нейтральному проводу и отрезку линии, соединенном с нейтралью. Следуя вдоль линии, но не касаясь ее, определить место, где происходит резкое снижение уровня звука «фона». Это и есть место обрыва.

### Проверка сопротивления изоляции и КЗ в линии

1. Произвести проверку сопротивления изоляции линии. По заданию преподавателя собрать схему модели для проверки кабельной линии с поврежденной изоляцией. (на модели повреждение изоляции и кз в линии иммитируется перемишкой, содержащей резистор 1-2МОм!). Концы линий соединяют с нейтралью. Пример см. рис. 5.6.

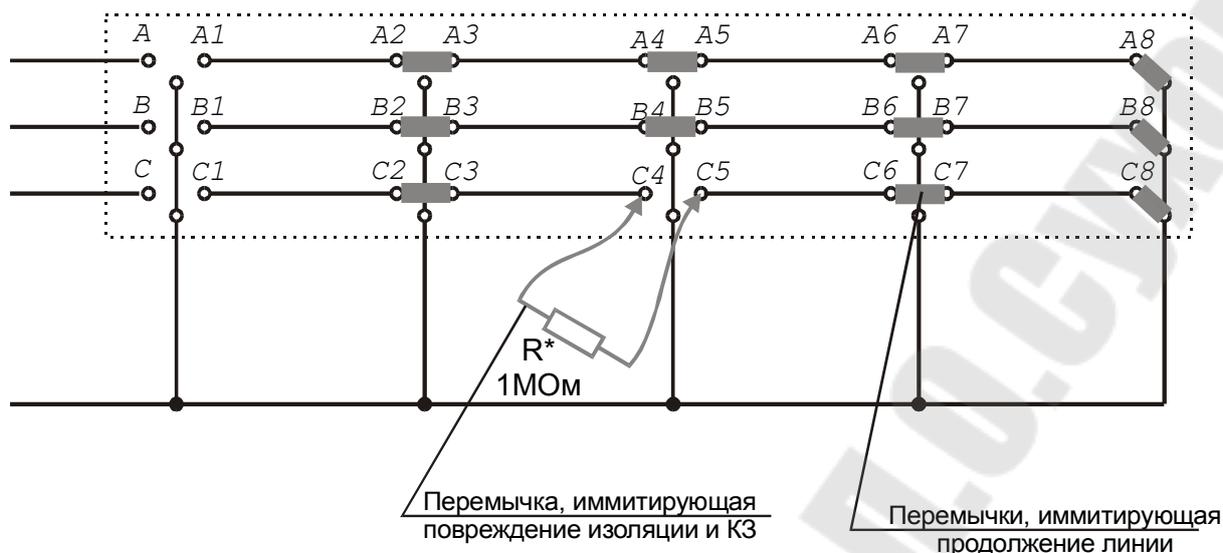


Рис. 5.6. Схема проверки повреждения изоляции и КЗ линии

2. Измерить сопротивление изоляции между линиями, линиями и землей (на модели взамен промышленного мегометра применяется цифровой тестер). **Работу проводят при отключенном питании стенда!**
3. После обнаружения поврежденной линии стенд подключают к сети и на ее ввод подают напряжение. Пример см. рис. 5.7.

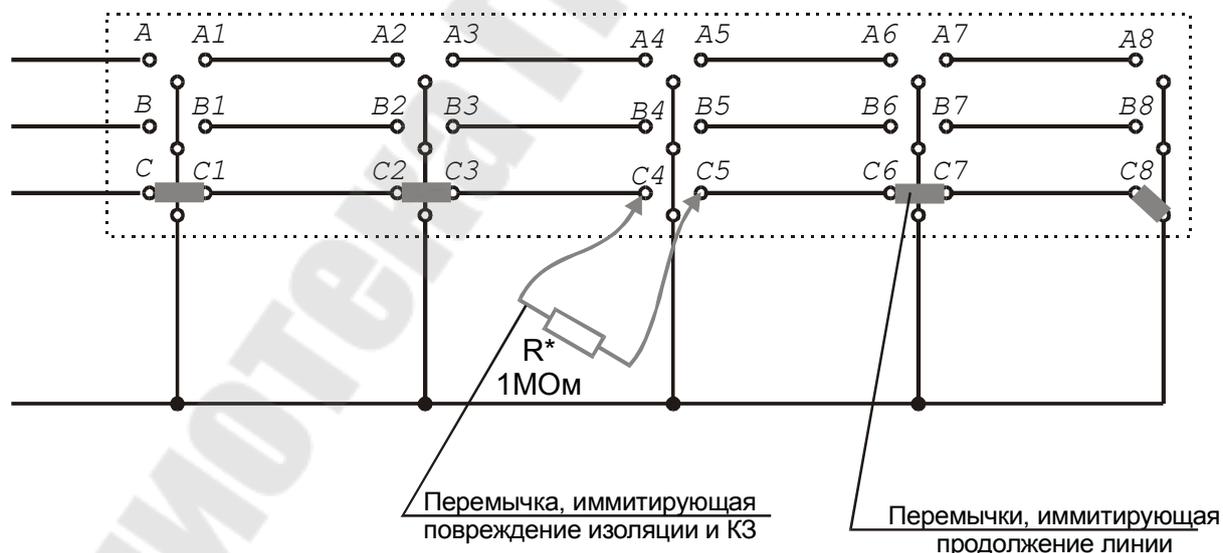


Рис.5.7. Схема проверки повреждения изоляции и КЗ линии

4. С помощью датчика поиска обрывов кабеля произвести поиск места повреждения. Для этого подключить наушники к

датчику через соответствующее гнездо. Приблизить датчик к вводу линии на котором присутствует напряжение на расстоянии до 5мм – в наушниках будет слышен 50Гц «фон», который существенно ослабляется при приближении к нейтральному проводу и отрезку линии, соединенном с нейтралью. Следуя вдоль линии, но не касаясь ее, определить место, где происходит существенное снижение уровня звука «фона». Это и есть место повреждения.

### **Содержание отчета**

5. Название и цель проведения лабораторной работы.
6. Схема проведения измерений и ее описание.
7. Результаты измерений.
8. Выводы.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие существуют способы поиска обрывов кабелей.
2. На каком принципе основан индукционный метод поиска обрыва кабеля.
3. Какие существуют виды неисправностей кабельных линий.
4. В чем суть «заплывающего пробоя».

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

### Исследование работы люминесцентных ламп и защита осветительной сети

#### Цель работы:

1. изучить устройство светильника на основе люминесцентной лампы;
2. исследовать основные ее характеристики;
3. изучить аппараты защиты осветительной сети

#### Приборы и инструмент:

лабораторный стенд НТЦ-15, отвертка, тестер.

#### Краткие теоретические сведения

В качестве аппаратов защиты в осветительных сетях широко применяются предохранители (типа ПРС-10, в которые устанавливаются плавкие вставки типа ПВД) и автоматические выключатели различных типов. Разновидностью автоматического выключателя можно считать и автоматическую пробку. Но в отличие от автоматов она имеет лишь тепловой расцепитель, в то время как автоматы также еще имеют и электромагнитный расцепитель, который обеспечивает защиту от токов короткого замыкания. Автоматическая пробка применяется в бытовых осветительных сетях с традиционными электрическими щитками в комплекте со счетчиком электроэнергии. В современных бытовых сетях со все возрастающими нагрузками, обусловленными внедрением в быт огромного количества бытовой техники автоматические выключатели завоевывают все большее применение ввиду их невысокой стоимости и большого выбора по номинальным токам, что обеспечивает эффективную селективную защиту от перегрузок и коротких замыканий.

Автоматический воздушный выключатель (автомат) – аппарат, предназначенный для автоматического размыкания электрических цепей. Как правило, автоматические выключатели выполняют функции защиты при коротких замыканиях, перегрузках, снижении или исчезновении напряжения, изменения направления передачи мощности или тока и т.п. Независимо от назначения, автоматы состоят из следующих основных узлов:

- а) контактной системы;
- б) дугогасительной системы;
- в) привода;

- г) механизма свободного расцепления расцепителей;
- д) коммутатора с блок-контактами.

Контактная система автоматов должна находиться под током не отключаясь весьма длительное время и быть способной выключать большие токи короткого замыкания. Широкое распространение получили двухступенчатые (главные и дугогасительные) и трехступенчатые (главные, промежуточные и дугогасительные) контактные системы.

Дугогасительная система должна обеспечивать гашение дуги больших токов короткого замыкания в ограниченном объеме пространства. Задача дугогасительного устройства заключается в том, чтобы ограничить размеры дуги и обеспечить ее гашение в малом объеме. Распространение получили камеры с широкими щелями и камеры с дугогасительными решетками.

Привод в автомате служит для включения автомата по команде оператора. Отключение автоматов осуществляется отключающими пружинами.

Механизм свободного расцепления предназначен:

- а) исключить возможность удерживать контакты автомата во включенном положении (рукояткой, дистанционным приводом) при наличии ненормального режима работы защищаемой цепи;
- б) обеспечить моментальное отключение, т.е. не зависящую от операторов, рода и массы привода скорость расхождения контактов.

Механизм представляет собой систему шарнирно-связанных рычагов, соединяющих привод включения с системой подвижных контактов, которые связаны с отключающей пружиной. Механизм свободного расцепления позволяет автомату отключаться в любой момент времени, в том числе и в процессе включения, когда включающая сила воздействует на подвижную систему автомата.

При отключении автомата первыми размыкаются главные контакты и весь ток перейдет в параллельную цепь дугогасительных контактов с накладками из дугостойкого материала. На главных контактах дуга не должна возникать, чтобы они не обгорели. Дугогасительные контакты размыкаются, когда главные контакты расходятся на значительное расстояние. На них возникает электрическая дуга, которая выдувается вверх и гасится в дугогасительной камере.

*Расцепители* – элементы, контролирующие заданный параметр цепи и воздействующие через механизм свободного расцепления на

отключение автомата при отклонении заданного параметра за установленные пределы.

В зависимости от выполняемых функций защиты расцепители бывают:

- а) токовые максимальные мгновенного или замедленного действия;
- б) напряжения – минимальное, для отключения автомата при снижении напряжения ниже определенного уровня;
- в) обратного тока – срабатывает при изменении направления тока;
- г) тепловые – работают в зависимости от величины тока и времени его протекания (применяются обычно для защиты от перегрузок)
- д) комбинированные – срабатывают при сочетании ряда факторов.

Блок-контакты служат для производства переключения в цепях управления блокировки, сигнализации в зависимости от коммутационного положения автомата. Блок-контакты выполняются нормально открытыми (замыкающие) и нормально закрытыми (размыкающие).

Номинальный ток, защищающего от перегрузки электромагнитного теплового или комбинированного расцепителя автоматов  $I_{нз}$  выбирается по длительному расчетному току линии  $I_{нз} \geq I_{дл}$ ; ток срабатывания (отсечки) электромагнитного расцепителя  $I_{ср}$  определяется из соотношения:

$$I_{ср} \geq 1,25 \cdot I_{кр},$$

где  $I_{кр}$  – максимальный кратковременный ток линии, который при ответвлении к одиночному электродвигателю равен его пусковому току. Коэффициент 1,25 учитывает неточность в определении максимального кратковременного тока линии и разброс характеристик расцепителей.

Автоматические выключатели серии АЗ700 рассчитаны на напряжение до 440В постоянного тока и до 660 В переменного тока и номинальную силу тока 160, 250, 400 и 630 А. Уставки токов срабатывания выключателей составляют десятикратную величину их номинальных токов. Серийно изготавливаются также автоматические выключатели типов АЕ2000 на номинальный ток до 100 А; АК63 на номинальный ток до 63 А; А63 на номинальный ток до 25 А и т. п.

Люминесцентная лампа это газоразрядный источник света низкого давления, световой поток которого определяется в основном свечением люминофоров под воздействием ультрафиолетового излучения электрического разряда. Световая отдача до 85 лм/Вт, срок службы более 10 тыс.ч. Применяются главным образом для общего и местного освещения.

Принцип действия люминесцентных ламп состоит в использовании электролюминесценции (свечения паров металлов и газов при прохождении через них электрического тока) и фотолюминесценции (свечение вещества люминофора при его облучении другим, например, невидимым УФ светом). В люминесцентной лампе электрический разряд происходит при низком давлении ртути и некоторых инертных газов; электролюминесценция характеризуется очень слабым видимым и сильным УФ излучением. Световой поток лампы создаётся главным образом за счёт фотолюминесценции – преобразования УФ излучения в видимый свет слоем люминофора, покрывающим изнутри стенки трубчатой стеклянной колбы. Таким образом, лампа является своеобразным трансформатором невидимого света в видимый. Энергоэкономичность – это основное преимущество люминесцентных ламп. Их световая отдача, в зависимости от цветности, качества цветопередачи, мощности и типа ПРА находится в пределах от 50 до 90 лм/Вт. Наименее экономичны лампы небольшой мощности и высоким качеством цветопередачи.

Поскольку лампа не предназначена для непосредственного включения в сеть, значение напряжения на лампе при её маркировке не приводится. В комплекте с ПРА лампы обычно рассчитаны на питание от сети переменного тока промышленной частоты. Для питания от сети постоянного тока требуются специальные ПРА.

Лампы отличаются высоким сроком службы, достигающим 15000 ч. Некоторые производители приводят с учётом оптимизации расходов на освещение рентабельный срок службы, который может быть в два раза меньше. Указанные в технической документации значения срока службы значительно меньше продолжительности жизни лампы до полного отказа. В режиме частых включений срок службы лампы сокращается.

Люминесцентные лампы – наиболее массовый источник света для создания общего освещения в помещениях общественных зданий: офисах, школах, учебных и проектных институтах, больницах, магазинах, банках, предприятиях текстильной и электронной промышлен-

ности и др.. Весьма целесообразно их применение в жилых помещениях: для освещения рабочих поверхностей на кухне, общего или местного (около зеркала) освещения прихожей и ванной комнаты. Нецелесообразно применение ламп в высоких помещениях, при температуре воздуха ниже 5°С и при затруднённых условиях обслуживания.

Люминесцентный светильник состоит из арматуры и источника света. Источник света находится внутри арматуры, которая обеспечивает требуемое распределение светового потока и защиту от механических повреждений и воздействий окружающей среды.

В люминесцентном светильнике в качестве источника света служит люминесцентная лампа. Светильник представляет собой корпус, в котором смонтированы пуско-регулирующее устройство, лампы-держатели, стартеродержатели и соединительные провода. Корпус обычно имеет отражатель для увеличения отдачи светового потока от лампы и защитную прозрачную крышку, который обеспечивает равномерное рассеивание светового потока.

### **Порядок проведения работы**

В работе исследуются стартерная схема включения лампы. Исследование производится по схеме, представленной на рис. 6.1., которую необходимо смонтировать по монтажной схеме рис. 6.2.

Проверить правильность монтажа при помощи тестера. Подготовить стенд к работе от сети: вывести регулятор ЛАТРа в положение, соответствующее минимальному выходному напряжению, убедиться, что остальные аппараты, неиспользуемые в работе не попадут под напряжение при включении стенда.

После проверки схемы преподавателем запитать стенд от сети и подать в схему напряжение. Проверить работу схемы. Затем плавно увеличивая подводимое напряжение с помощью ЛАТРа, определяют напряжение устойчивого включения лампы, а также ток розжига лампы и его величину в рабочем режиме. Эксперимент повторяют несколько раз. Данные заносят в таблицу 6.1. .

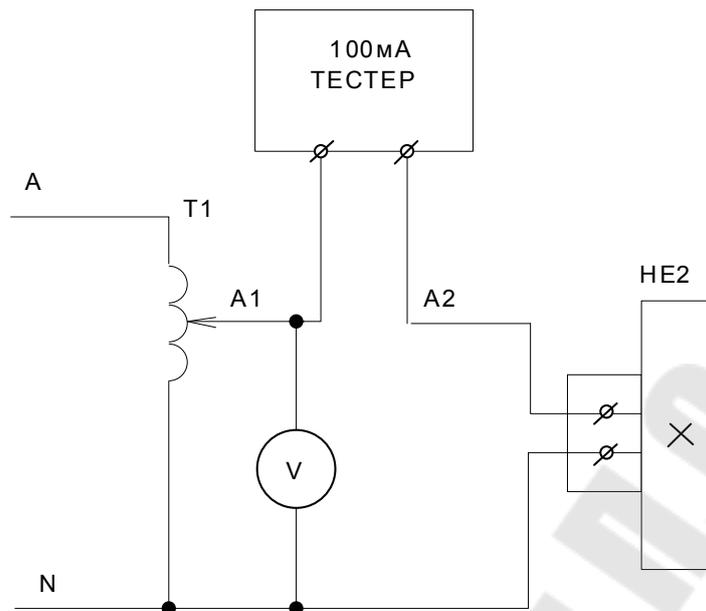


Рис. 6.1

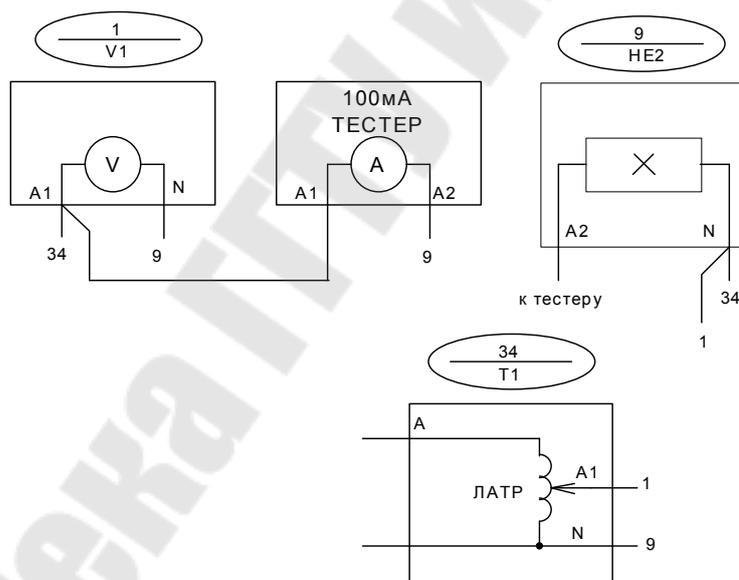


Рис. 6.2

Затем, плавно понижая напряжение, определяют величину напряжения гашения лампы. Опыт повторяют несколько раз. Затем, вновь плавно понижая напряжение от номинального, снимают значения рабочего тока лампы в режиме свечения в нескольких фиксированных точках.

Таблица 6.1

### Результаты измерений

№ опыта	1	2	3	4	5	Среднее значение
Опыт розжига лампы						
$U_{\text{розжига}}, \text{В}$						
$I_{\text{розжига}}, \text{мА}$						
Опыт гашения лампы						
$U_{\text{гашения}}, \text{В}$						
Зависимость $I_{\text{раб}} = f(U_{\text{раб}})$						
$U_{\text{раб}}, \text{В}$						
$I_{\text{раб}}, \text{мА}$						

По данным эксперимента рассчитывают средние значения иско-  
мых величин  $U_{\text{розжига}}$ ,  $I_{\text{розжига}}$ ,  $U_{\text{гашения}}$ ,  $U_{\text{ном}}$ ,  $I_{\text{ном}}$ , и сравнивают  
опытные данные для номинального режима с паспортными.

### Содержание отчета

1. Название и цель проведения лабораторной работы.
2. Схема проведения измерений и ее описание.
3. Результаты измерений.
4. Выводы.

### Контрольные вопросы

5. Какие аппараты применяют для защиты осветительной сети.
6. Какие виды расцепителей автоматических выключателей существуют. Каково их назначение.
7. Опишите принцип действия электромагнитного расцепителя.
8. Опишите принцип действия теплового расцепителя.
9. Каковы условия выбора аппаратов защиты осветительной сети.
10. Каков принцип работы люминесцентной лампы.
11. Каковы преимущества люминесцентных ламп.
12. Какие существуют схемы включения люминесцентных ламп.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

### Определение и устранение неисправностей автоматизированных электроприводов

#### Цель работы:

изучить методику поиска и устранения неисправностей автоматизированных электроприводов.

#### Приборы и инструмент:

лабораторный стенд НТЦ-15, отвертка, тестер.

#### Краткие теоретические сведения

При эксплуатации электроприводов могут возникнуть различные неисправности от простых очевидных неполадок до сложных, требующих значительных временных затрат на поиск повреждений, которые следует устранять.

При ремонте сетей электропитания, замене распределительных щитов, замене кабелей и пр. возможно подключение привода на неверное чередование фаз, следовательно, двигатель будет вращаться в другую сторону, что в некоторых механизмах может привести к выходу оборудования из строя. Для устранения этого в наиболее удобном и безопасном для этого месте необходимо поменять любые две фазы местами.

Если при включении двигатель начинает вращаться, но гудит, не набирает оборотов и греется, то причинами могут быть: обрыв в цепи статора (чаще обрыв фазы возникает из-за срабатывания предохранителей, реже из-за неисправности выключателя, а также обрыва в обмотке статора. При обрыве фазы в двух других фазовых обмотках резко увеличивается ток в 1,7 раза, что и вызывает нагрев двигателя); обрыв или слабый контакт в цепи ротора (нарушение контакта стержней с торцевыми кольцами в обмотке ротора – для двигателя с кз-ротором); а также тривиальное заедание в рабочем механизме или механическое повреждение в двигателе; неправильное соединение концов обмоток после ремонта – одна фаза перевернута.

Если при пуске двигателя срабатывает максимальная защита или защита от перегрузки (тепловая), то причиной может оказаться неверно выбранный аппарат защиты или замыкание в цепи питания двигателя, равно как неисправность самого двигателя, как механическая так и электрическая пробой изоляции в результате перегрева от перегрузок. Повторное включение автоматического выключателя по-

сле его срабатывания при пуске двигателя производят только после тщательной проверки исправности двигателя.

При возникновении неисправностей в автоматическом цикле работы привода поиск неисправности можно провести при отключенном двигателе, оставив включенными цепи управления. Следует моделировать работу механизма путем нажатия концевых выключателей, командных кнопок и др. и по-этапно контролировать состояние аппаратов цепей управления. Как только обнаружится отклонение от цикла (см. принципиальную схему и циклограмму работы), то в нерабочей цепочке при отключенном питании следует прозвонить всю ветвь от начала до конца, либо при поданном напряжении на сбойном участке вольтметром определить место обрыва цепи. Поиск таких неисправностей следует производить лишь после тщательного изучения циклограммы работы привода в составе оборудования и полной ясности очередности работы аппаратов. Для четкой ориентации в работе электрической схемы полезно составить таблицу состояний всех аппаратов цепи управления на каждом этапе циклограммы. При проверке цепей под напряжением следует соблюдать особую осторожность во избежание поражения электрическим током.

### **Порядок проведения работы**

По заданию преподавателя разрабатывается принципиальная схема автоматизированного электропривода. На рисунке 7.1 представлен пример принципиальной схемы реверсивного автоматизированного электропривода.

На основе разработанной принципиальной схемы разрабатывается монтажная схема. На рисунке 7.2 представлена монтажная схема для принципиальной схемы изображенной на рисунке 7.1.

При отключенном питании стенда проверить схему с помощью тестера. Прозвонить сначала силовые цепи: сами цепочки по потенциальным точкам и на предмет КЗ между фазами, фазой и нейтралью. Затем проверить цепи управления (как при ненажатых кнопках, так и при нажатии кнопки). После проверки преподавателем подключить стенд к сети и включить автомат QF1. Опробовать работу схемы: сначала «пуск» кнопочным постом SB1 (включится пускатель KM1), затем «стоп».

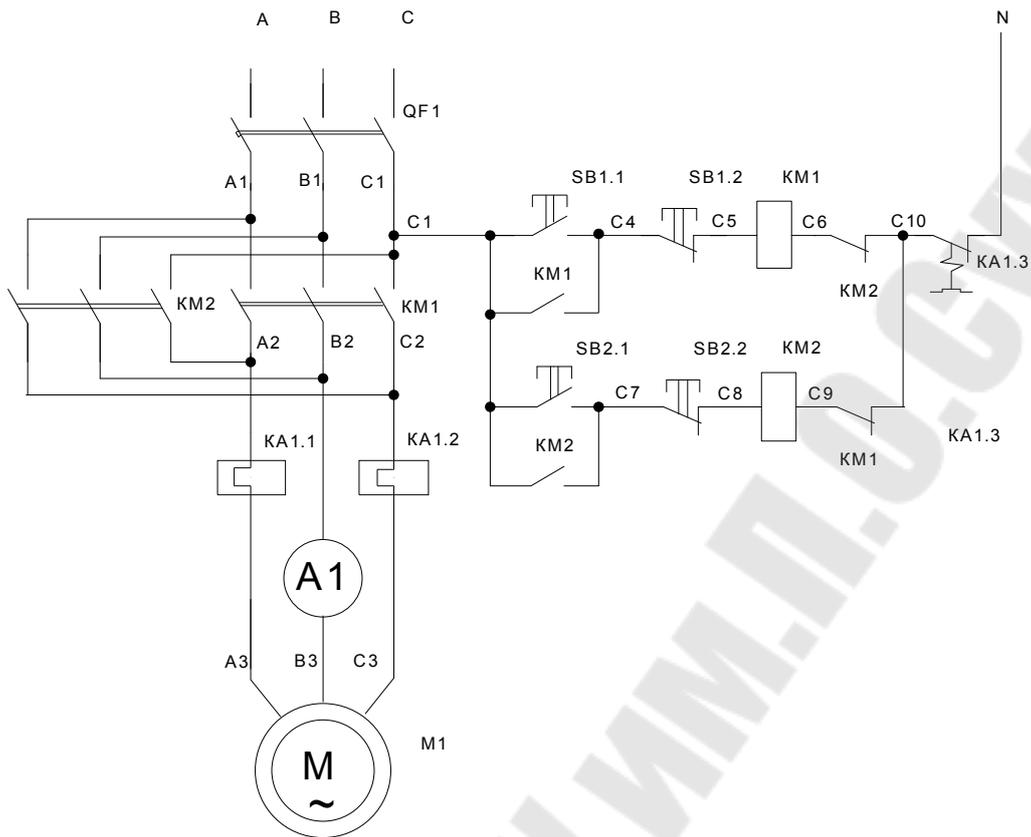


Рис. 7.1. Принципиальная схема

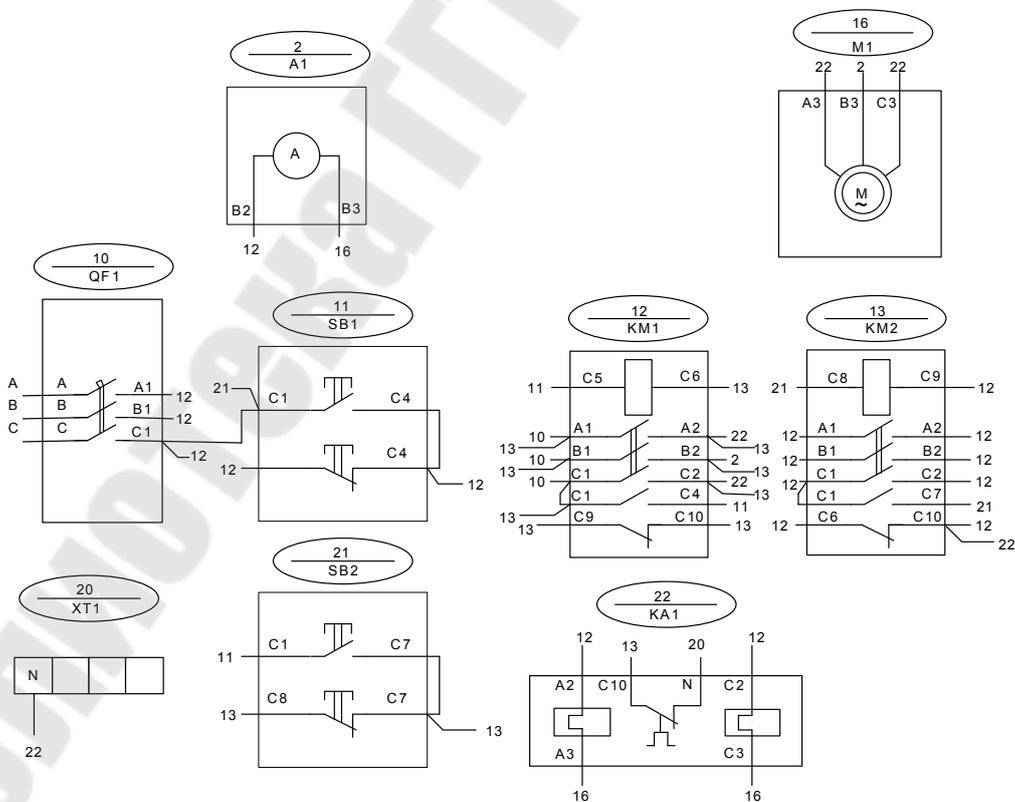


Рис. 7.2. Монтажная схема

Далее включить пускатель КМ2 кнопочным постом SB2 и вновь «стоп». Далее проверить работу блокировки реверса находку: при включенном пускателе КМ1 нажать черную кнопку кнопочного поста SB2(изменений не должно быть). Преподавателем вводятся ошибки в схему управления (обрыв в цепи блок-контакта магнитного пускателя, обрыв в цепи питания схемы управления и т.д.) и предлагается учащимся отыскать и устранить их. Исследуется работа схемы и электропривода в целом при указанных неисправностях. Изучаются методы устранения данных неисправностей. По результатам опыта составить таблицу основных неисправностей и методов их проверки и устранения.

### **Содержание отчета**

1. Название и цель проведения лабораторной работы.
2. Принципиальная схема автоматизированного электропривода.
3. Монтажная схема автоматизированного электропривода и результаты ее проверки.
4. Выводы.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие наиболее частые неисправности встречаются в автоматизированных электроприводах.
2. Какие существуют виды элементной базы для схем автоматики.
3. В чем заключается методика проверки исправности схемы автоматизированного электропривода?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

### Испытание электродвигателя переменного тока после ремонта

#### Цель работы:

- 1) ознакомиться с устройством асинхронного электродвигателя с КЗ-ротором;
- 2) изучить методику испытания электродвигателя после ремонта.

#### Приборы и инструмент:

лабораторный стенд нтц-15, отвертка, кусачики, тестер.

#### Краткие теоретические сведения

В промышленности асинхронные электродвигатели с КЗ-ротором получили наибольшее распространение. Их преимущества состоят в простоте изготовления и эксплуатации, а также большей, чем у двигателей постоянного тока надежности за счет отсутствия коллектора и низкой стоимости.

Двигатель состоит из статора – неподвижной части и ротора – вращающейся части. Статор представляет собой полый цилиндр, набранный из стальных пластин, имеющих вид кольца и изолированных друг от друга. Они образуют неподвижную часть магнитопровода. Пластины стягиваются болтами. Выполнение магнитопровода из отдельных пластин уменьшает потери мощности в стали, вызываемые вихревыми токами. Стальной сердечник магнитопровода статора закрепляется в стальном или алюминиевом корпусе, охватывающем его со всех сторон. С торцов сердечник магнитопровода закрывается крышками, в которых имеются места для установки подшипников. В пазы на внутренней стороне магнитопровода закладывается обмотка статора, которая у трехфазных двигателей состоит из трех по числу фаз обмоток, смещенных по окружности статора друг относительно друга на 120 градусов. Начала и концы фаз выводят наружу в клеммную коробку. По схеме соединения обмоток статора двигателя выпускаются в исполнении «звезда» (Y) и «звезда/треугольник» (Y/Δ). Схема (Y/Δ) позволяет использовать двигатель в сетях с различными напряжениями либо применять в схемах ступенчатого пуска с переключением схемы соединения обмоток (при этом отпадает необходимость в использовании реакторов. На паспортной пластинке, укрепленной на корпусе двигателя, указывают два номинальных линейных

напряжения, различающиеся в 1,73 раза. Если номинальное линейное напряжение сети равно большему напряжению на пластинке, то обмотку статора включают в «звезду», если меньшему – в «треугольник».

Ротор асинхронного двигателя также набирают из стальных штампованных листов в форме диска. Насаженные на вал, они образуют ротор, имеющий форму цилиндра. По окружности диска размещены пазы, в которые закладывают обмотку. Короткозамкнутая обмотка образуется неизолированными алюминиевыми стержнями, помещенными в пазы ротора. По торцам стержни соединяются кольцами. Получается обмотка, не имеющая никаких выводов.

Простота конструкции и отсутствие скользящего электрического контакта, как у двигателей постоянного тока, значительно упрощает обслуживание и ремонт асинхронных двигателей с кз-ротором. Внимания требуют лишь осмотр состояния клемм подключения двигателя (из-за окислов контакт ухудшается и может приводить к нагреву клеммы и даже расплавлению изоляции питающих проводов, что в свою очередь может вызвать замыкание на корпус двигателя) и состоянию подшипников (при длительной эксплуатации необходима замена смазки), а также обязательное измерение сопротивления изоляции между фазами (для двигателей со схемой «звезда/треугольник») и фазой и корпусом. Изоляция обмоток электрических машин и проводов относительно легко подвергается изменениям под влиянием температуры, влажности, загрязнения и т.д. Происходит старение изоляции, что отрицательно влияет на ее качество, электрическую прочность. По этой причине контроль за ее качеством должен быть периодическим.

Согласно ПУЭ измерение сопротивления изоляции силовых и осветительных электроустановок, работающих при номинальном напряжении 127-660 В, производят мегомметром с напряжением 1000В. Допустимые нормы сопротивления изоляции для электрических машин, проводов и кабелей указывают в технических условиях или ГОСТах. Для электрических машин напряжением до 1000В сопротивление изоляции обмоток должно составлять **не более 0,5 МОм**. Двигатели, имеющие пониженное сопротивление изоляции подвергают сушке горячим воздухом или путем электрического подогрева обмоток.

Проверка соответствия параметров двигателя после ремонта проводится на опыте холостого хода.

## Порядок проведения работы

В данной работе исследуется асинхронный электродвигатель переменного тока М1 (см. электрическую схему рис. 8.1). **При выключенном стенде** с помощью измерительных приборов производится замер сопротивлений обмоток статора электродвигателя (тестером) и сопротивлений изоляции измеряется мегомметром или при его отсутствии с помощью тестера и сравнивается с требуемыми.

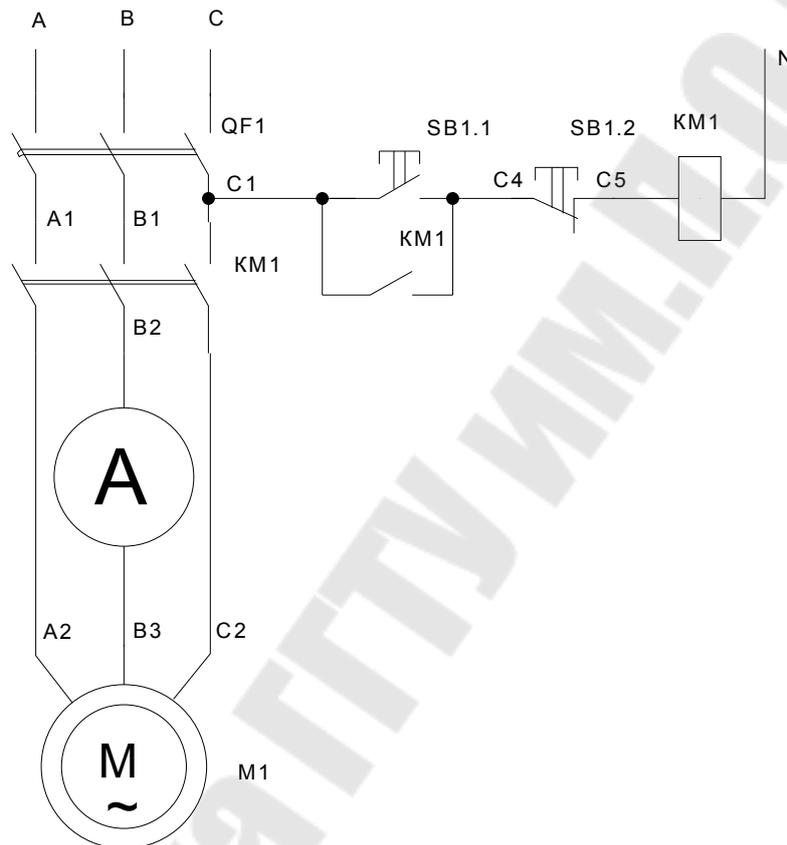


Рис.8.1. Электрическая принципиальная схема

Для проверки параметров работы на холостом ходу смонтировать схему управления двигателем по рис. 8.2.

Проверить правильность монтажа при помощи тестера. После проверки схемы преподавателем запитать стенд от сети и подать в схему напряжение (поочередно включить сетевой выключатель стенда, затем автомат QF1). Проверить работу схемы. Нажатием черной кнопки кнопочного поста SB1 запустить двигатель. Замерить ток двигателя и его скорость. Останов двигателя производится нажатием красной кнопки поста SB1. Записать показания приборов.

Эти значения должны соответствовать паспортным значениям.

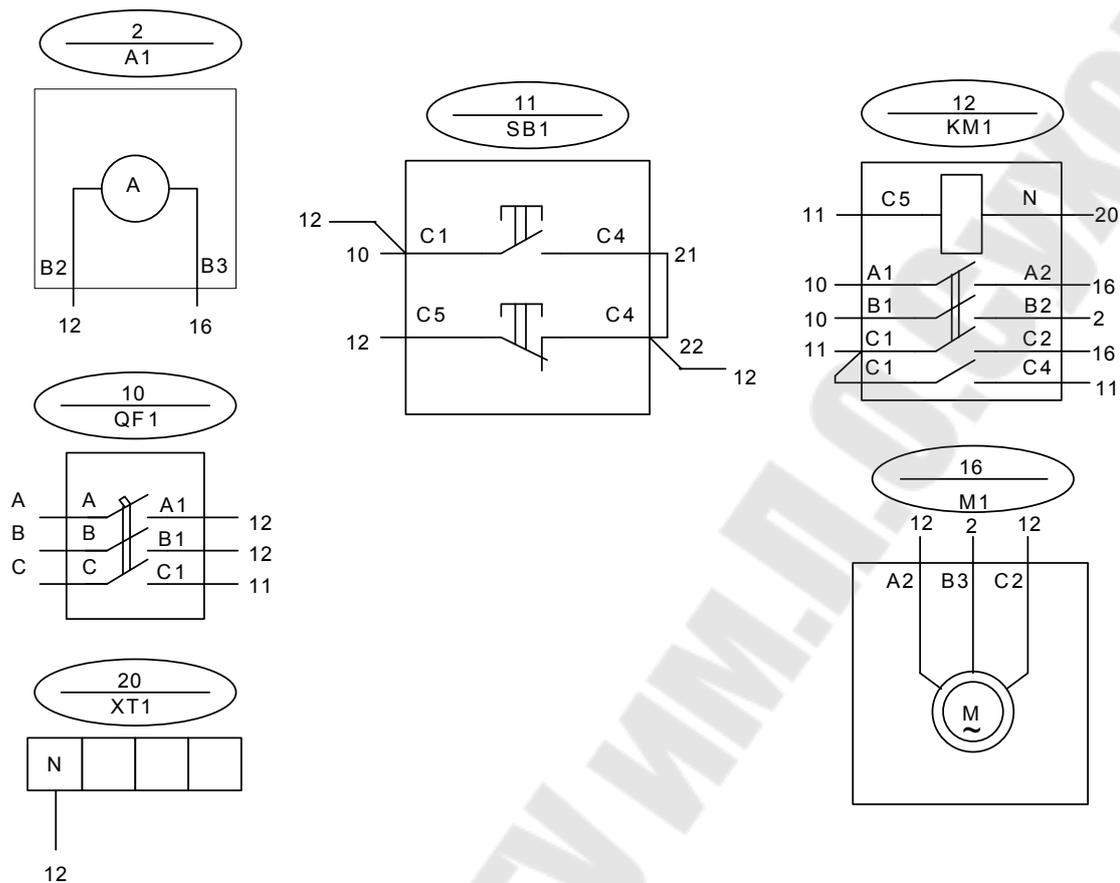


Рис.8.2. Монтажная схема

### Содержание отчета

1. Название и цель проведения лабораторной работы.
2. Схема проведения измерений и ее описание.
3. Результаты измерений.
4. Выводы.

### Контрольные вопросы

1. Каков принцип работы двигателя переменного тока.
2. В чем преимущества двигателей переменного тока по сравнению с двигателями постоянного тока.
3. Каково основное отличие характеристик двигателей переменного тока от двигателей постоянного тока.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

### Испытание электродвигателя постоянного тока после ремонта

#### Цель работы:

- 1) изучить методику испытания электродвигателя после ремонта.

#### Приборы и инструмент:

лабораторный стенд НТЦ-15 отвертка, кусачики, тестер.

#### Краткие теоретические сведения

Электродвигатель постоянного тока с независимым и параллельным возбуждением широко применяют в промышленности, транспортных, крановых и других установках для привода механизмов, где требуется широкое плавное регулирование частоты вращения. Одна и та же электрическая машина может работать как в режиме двигателя, так и в режиме генератора. Это свойство электрической машины называют обратимостью.

Обмотка якоря электродвигателя (выводы Я1 и Я2 на стенде) имеет малое сопротивление, и если подать напряжение на нее без подключения обмотки возбуждения (выводы М1 и М2 на стенде), то произойдет короткое замыкание. Прямой пуск двигателя вызывает резкий бросок тока и следовательно резкий рывок вала, что неблагоприятно воздействует на рабочие механизмы. Поэтому при пуске электродвигателей обычно применяют либо плавный пуск (в регулируемых приводах плавно увеличивается напряжение) либо ступенчатый (в цепи якоря с выдержками времени шунтируются добавочные резисторы).

В процессе эксплуатации электродвигателя постоянного тока его узлы изнашиваются и требуют периодического обслуживания и ремонта. Двигатели постоянного тока имеют коллектор, на котором происходит коммутация секций обмоток якоря под напряжением, что вызывает искрение при переходе щетки на соседнюю ламель. Работа в таких условиях вызывает быстрый износ щеток и поверхности ламелей коллектора. Поэтому периодически необходимо производить осмотр коллектора и проверку состояния щеток. Изношенные и поврежденные щетки необходимо немедленно менять, а загрязнение коллектора угольным налетом от щеток может стать причиной роста тока потребления двигателем и следовательно скорейшему износу

коллектора. Немаловажное значение имеет и состояние механических узлов двигателя: целостность подшипников, наличие и своевременная замена в них смазки, а также чистота и отсутствие окислов на зажимах выводов двигателя и подводимых к нему проводов.

Обязательна и проверка сопротивления изоляции двигателя во избежание поражения электрическим током обслуживающего персонала. Изоляция обмоток электрических машин и проводов относительно легко подвергается изменениям под влиянием температуры, влажности, загрязнения и т.д. Происходит старение изоляции, что отрицательно влияет на ее качество, электрическую прочность. По этой причине контроль за ее качеством должен быть периодическим.

Согласно ПУЭ измерение сопротивления изоляции силовых и осветительных электроустановок, работающих при номинальном напряжении 127-660В, производят мегомметром с напряжением 1000В. Допустимые нормы сопротивления изоляции для электрических машин, проводов и кабелей указывают в технических условиях или ГОСТах. Для электрических машин напряжением до 1000В сопротивление изоляции обмоток должно составлять не более 0,5 Мом. Сопротивление изоляции обмоток измеряют между отдельными обмотками, а также между каждой обмоткой и корпусом электрической машины.

Поэтому после ремонта двигатель подвергают тщательному осмотру и проверке по всем этим пунктам.

### Порядок проведения работы

В данной работе исследуется электродвигатель постоянного тока с параллельным возбуждением. Для этого **при выключенном стенде** с помощью измерительных приборов производится замер сопротивлений обмоток якоря и возбуждения и сопротивление изоляции этих обмоток. Измерения проводятся с помощью тестера (или мегомметра при его наличии в лаборатории).

Для проверки рабочих параметров двигателя собирается схема рис. 9.1.

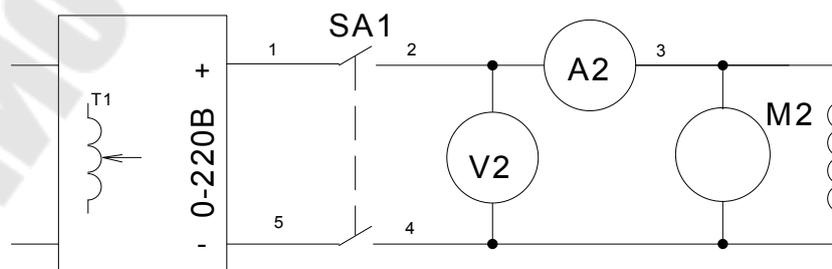


Рис. 9.1. Электрическая принципиальная схема

Схема монтируется по монтажной схеме рис. 9.2. Проверить правильность монтажа при помощи тестера. Подготовить стенд к работе от сети: вывести регулятор ЛАТРа в положение, соответствующее минимальному выходному напряжению, убедиться, что остальные аппараты, неиспользуемые в работе не попадут под напряжение при включении стенда.

После проверки схемы преподавателем запитать стенд от сети и подать в схему напряжение. Затем плавно увеличить выходное напряжение регулируемого источника постоянного напряжения с помощью ЛАТРа до номинальной величины (см. табличку) на двигателе (110 В).

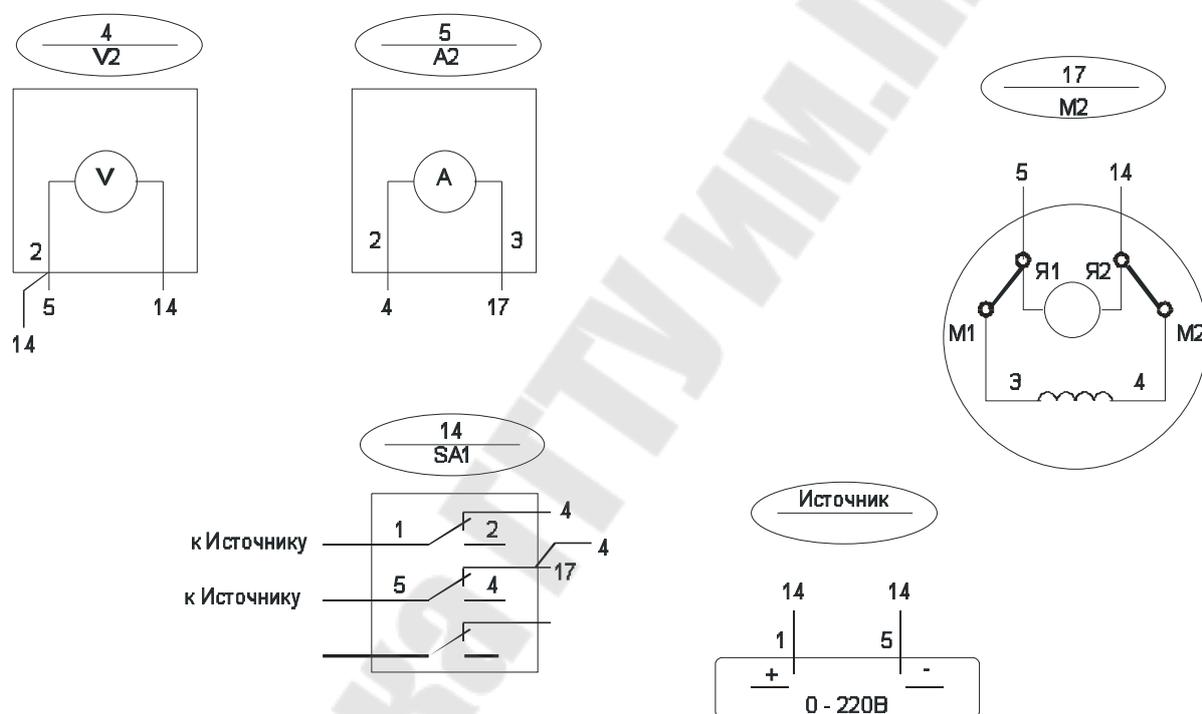


Рис.9.2. Монтажная схема

При номинальном значении питающего напряжения контролируется потребляемый ток и скорость вращения вала электродвигателя. Эти значения сравниваются с паспортными данными электродвигателя.

### Содержание отчета

1. Название и цель проведения лабораторной работы.
2. Схема проведения измерений и ее описание.
3. Результаты измерений.
4. Выводы.

### **Контрольные вопросы**

1. Каков принцип работы двигателя постоянного тока.
2. Каково их основное применение.
3. Каков их основной недостаток.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10

### Испытание силовых трансформаторов после ремонта

#### Цель работы:

- 1) изучить назначение и устройство трансформатора;
- 2) изучить методику испытания трансформатора.

#### Приборы и инструмент:

лабораторный стенд НТЦ-15, отвертка, тестер.

#### Краткие теоретические сведения

Трансформатор – это устройство, имеющее две или более индуктивно-связанных обмоток и предназначенных для преобразования посредством электромагнитной индукции одной системы переменного тока в другую (с другим значением номинального напряжения). Область применения трансформаторов очень широка, чем и объясняется их конструктивное разнообразие и большой диапазон мощностей.

Трансформатор состоит из магнитопровода, на котором размещен каркас, с навитыми на него обмотками (две и более). Обмотка на которую подают напряжение питания называется первичной. Остальные обмотки, с которых снимается преобразованное напряжение называются вторичными.

Магнитопровод трансформаторов изготавливается из стальных листов, изолированных друг от друга лаковой изоляцией или окисными пленками. Это позволяет понизить потери мощности от вихревых токов, вызывающих нагрев магнитопровода.

По конфигурации магнитопровода трансформаторы подразделяют на стержневые и броневые. В стержневых трансформаторах обмотки размещены на стержнях магнитопровода и охватывают его. В броневых трансформаторах магнитопровод охватывает обмотки, как бы «бронирует» их. Горизонтальные части магнитопровода, не охваченные обмотками, называют нижним и верхним ярмом.

Трансформаторы большой и средней мощности обычно изготавливают стержневыми, так как они проще по конструкции, имеют лучшие условия охлаждения обмоток, что особенно важно в мощных трансформаторах, имеющих большие габариты.

Броневые магнитопроводы используются в маломощных трансформаторах.

Первичную обмотку располагают как можно ближе к магнитопроводу для повышения его к.п.д., а вторичные обмотки через изоляционную пропитанную бумагу (для исключения вероятности электрического контакта первичной обмотки со вторичными цепями) вплотную к первичной для улучшения магнитной связи между ними.

По способу охлаждения трансформаторы делятся на сухие и масляные. Сухие трансформаторы имеют естественное воздушное охлаждение, которое может быть использовано только для трансформаторов малой мощности. При увеличении мощности увеличивается интенсивность тепловыделения и нагрев обмоток. Чтобы обеспечить допустимую для изоляции температуру нагрева, применяют более интенсивные способы отвода тепла. Для этого магнитопровод с обмотками помещают в специальный бак, заполненный трансформаторным маслом. Масло является одновременно и изолятором и теплоносителем, т.е. изолирующей и охлаждающей средой. Интенсивность охлаждения обеспечивается за счет большей по сравнению с воздухом теплопроводности. Это пример естественного масляного охлаждения. В трансформаторах большой мощности масло принудительно охлаждаются. Такие системы называют принудительным масляным охлаждением. Для масляных трансформаторов характерно применение расширителей (они обеспечивают отвод излишков масла в свободную полость, ограничивающую его взаимодействие с влажным атмосферным воздухом), вызванное зависимостью объема масла от температуры т.е. от величины нагрузки трансформатора.

В процессе эксплуатации трансформаторов они требуют периодического обслуживания. Для сухих трансформаторов ввиду простоты их конструкции обслуживание заключается в удалении пыли с клеммных колодок и проверке состояния контактов. Обязательным является проверка сопротивления изоляции обмоток между ними и каждой обмоткой и корпусом, так как изоляция обмоток трансформаторов относительно легко подвергается изменениям под влиянием температуры, влажности, загрязнения и т.д. Происходит старение изоляции, что отрицательно влияет на ее качество, электрическую прочность. По этой причине контроль за ее качеством должен быть периодическим.

Согласно ПУЭ измерение сопротивления изоляции силовых и осветительных электроустановок, работающих при номинальном напряжении 127-660 В, производят мегомметром с напряжением 1000 В. Допустимые нормы сопротивления изоляции трансформаторов ука-

зывают в технических условиях или ГОСТах. Для электрических машин напряжением до 1000 В сопротивление изоляции обмоток должно составлять не более 0,5 Мом. Сопротивление изоляции обмоток измеряют между отдельными обмотками, а также между каждой обмоткой и корпусом электрической машины.

Трансформаторы прошедшие ремонт должны быть подвергнуты тщательной проверке на сопротивление изоляции и соответствие паспортным данным. Замер сопротивления изоляции проводится при отключенных первичных и вторичных цепях, а проверка рабочих параметров исследуется в опытах холостого хода и при работе под нагрузкой. Отклонения от паспортных значений не должны быть значительными.

### Порядок проведения работы

В работе исследуется однофазный силовой трансформатор Т2. При выключенном стенде, с помощью измерительных приборов производится замер сопротивлений обмоток трансформатора и сопротивление изоляции этих обмоток. Эти значения сравниваются с паспортными данными. Затем собирается схема рис. 10.1 и включается трансформатор. На холостом ходу и при номинальной нагрузке определяются напряжения и токи в первичной и вторичной обмотках и сравниваются с паспортными данными. При необходимости строится нагрузочная характеристика трансформатора.

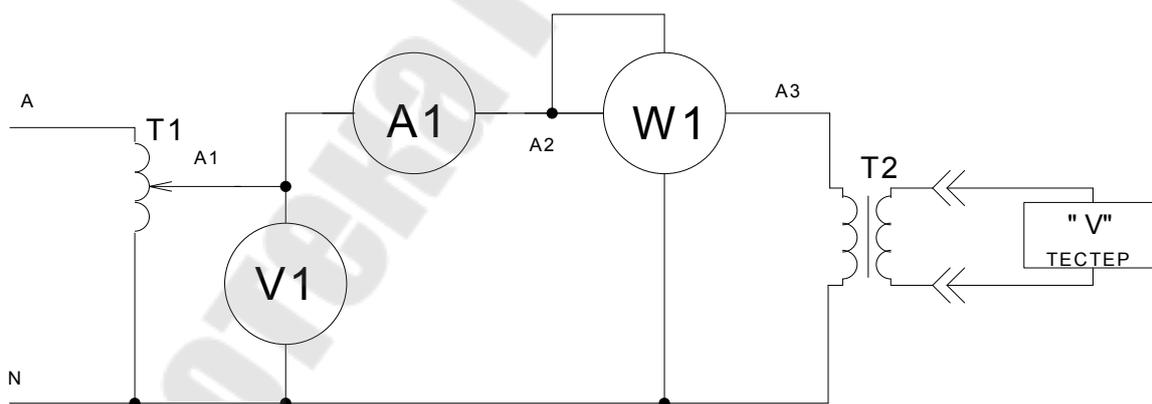


Рис. 10.1. Исследование трансформатора на холостом ходу

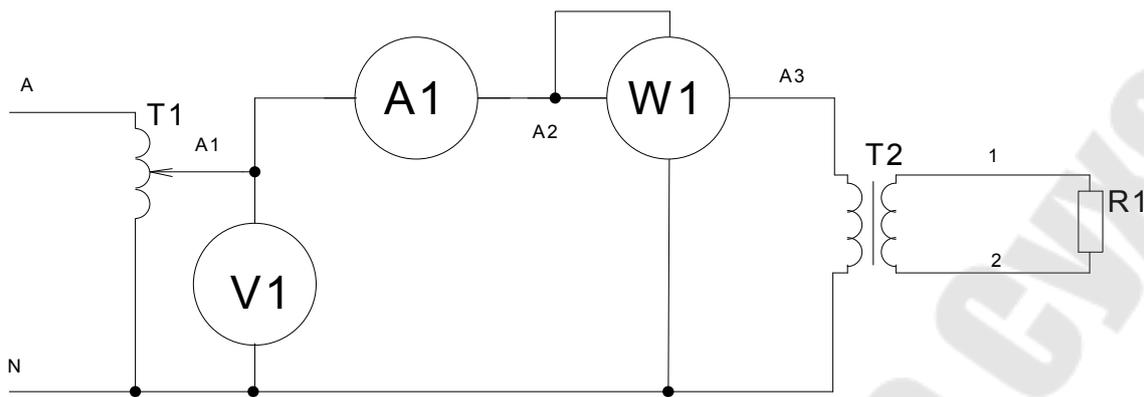


Рис. 10.2. Исследование трансформатора под нагрузкой (1-я обмотка)

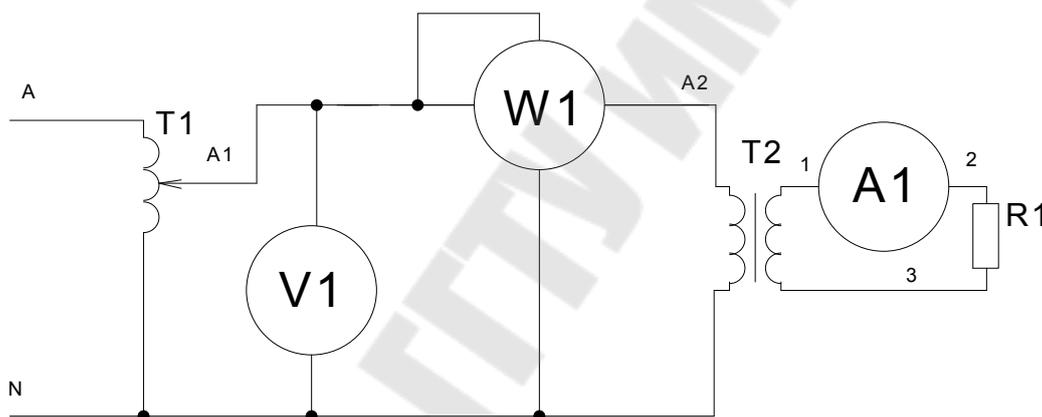


Рис. 10.3. Исследование трансформатора под нагрузкой (2-я обмотка)

Схему рис. 10.1 собрать по монтажной схеме рис. 10.4. Проверить правильность монтажа при помощи тестера. Перед подключением стенда к сети вывести регулятор ЛАТРа в положение, соответствующее минимальному выходному напряжению. Запитать стенд и плавно увеличивая напряжение на выходе ЛАТРа установить его величину, соответствующую номинальному. Снять показания приборов.

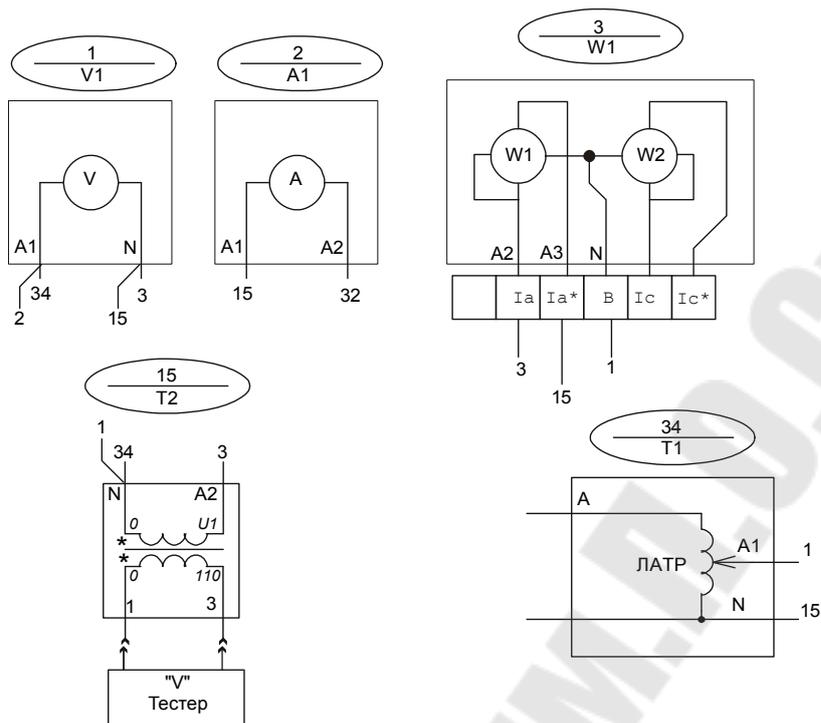


Рис.10.4. Исследование трансформатора на холостом ходу

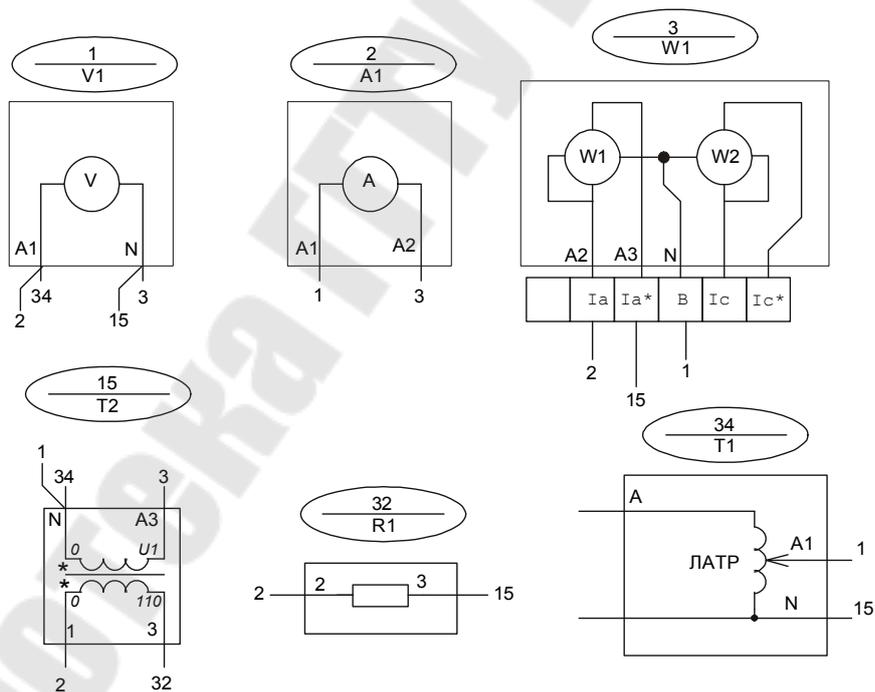


Рис. 10.5. Исследование трансформатора под нагрузкой (1-я обмотка)

Схему рис. 10.2 работы трансформатора под нагрузкой (1-я обмотка) собрать по монтажной схеме рис. 10.5. Проверить правильность монтажа при помощи тестера. Перед подключением стенда к

сети вывести регулятор ЛАТРа в положение, соответствующее минимальному выходному напряжению. Запитать стенд и плавно увеличивая напряжение на выходе ЛАТРа установить его величину, соответствующую номинальному. Снять показания приборов.

Схему рис. 10.3 работы трансформатора под нагрузкой (2-я обмотка) собрать по монтажной схеме рис. 10.5. Проверить правильность монтажа при помощи тестера. Перед подключением стенда к сети вывести регулятор ЛАТРа в положение, соответствующее минимальному выходному напряжению. Запитать стенд и плавно увеличивая напряжение на выходе ЛАТРа установить его величину, соответствующую номинальному. Снять показания приборов.

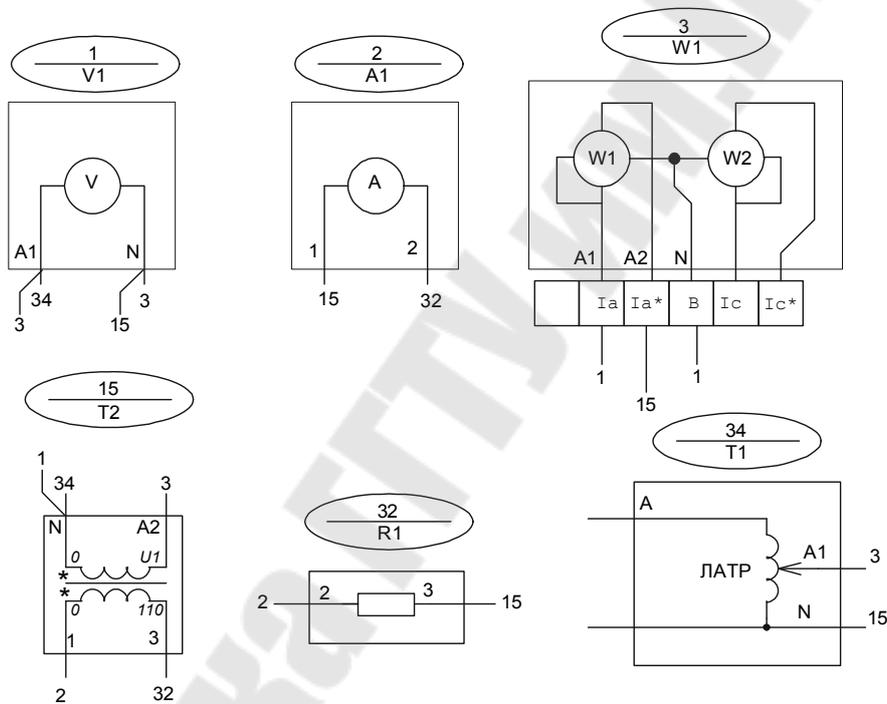


Рис. 10.6. Исследование трансформатора под нагрузкой (2-я обмотка)

Данные занести в таблицу 10.1.

Таблица 10.1

**Результаты измерений**

Режим работы	$U_n, В$	$I, А$	$P, Вт$
Х.Х.			
Нагрузка 1-я обмотка			
Нагрузка 2-я обмотка			

Сделать заключение об исправности трансформатора после ремонта, на основании соответствия его параметров паспортным данным.

### **Содержание отчета**

1. Название и цель проведения лабораторной работы.
2. Схема проведения измерений и ее описание.
3. Результаты измерений.
4. Выводы.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие параметры трансформатора подлежат проверке после ремонта?
2. В каких режимах следует проверять трансформатор?
3. Что такое напряжение короткого замыкания?
4. Расскажите методику проверки трансформатора после ремонта.

**Мороз Денис Равильевич  
Рудченко Юрий Александрович**

**НАЛАДКА И ИСПЫТАНИЕ  
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ**

**Лабораторный практикум  
по одноименному курсу для студентов  
специальности 1-43 01 02 «Электроэнергетические  
системы и сети» дневной формы обучения**

Подписано к размещению в электронную библиотеку  
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного  
учебно-методического документа 15.02.11.

Рег. № 57Е.

E-mail: [ic@gstu.by](mailto:ic@gstu.by)

<http://www.gstu.by>