



**Некоммерческое  
акционерное  
общество**

**АЛМАТИНСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ЭНЕРГЕТИКИ И  
СВЯЗИ ИМЕНИ  
ГУМАРБЕКА ДАУКЕЕВА**

Кафедра электроснабжения  
и возобновляемых  
источников энергии

## **ПУСКО - НАЛАДОЧНЫЕ РАБОТЫ И ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Методические указания по выполнению лабораторных работ  
для студентов  
образовательной программы 6В07101 – Электроэнергетика

Алматы 2021

СОСТАВИТЕЛИ: В.И. Дмитриченко, И.В. Казанина. Пуско-наладочные работы и обслуживание электротехнического оборудования. Методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов всех форм обучения образовательной программы 6В07101 –Электроэнергетика. – Алматы: АУЭС, 2021. – 34 с.

В описание включены пять лабораторные работ по курсу «Пусконаладочные работы и обслуживание электротехнического оборудования», в которых рассмотрены вопросы: тепловой защиты асинхронных двигателей, устройства защитного отключения электроустановок, монтаж схем соединения обмоток трансформатора и схемы управления, ревизии асинхронного двигателя и изучение методов определения места повреждения линий электропередачи.

Ил. 14, библиогр. - 16 назв.

Рецензент: Н.А. Генбач

Печатается по плану издания НАО «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева» на 2020 год.

© НАО «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева», 2021 г.

## Содержание

Введение	стр
1 Лабораторная работа №1 . Монтаж и наладка асинхронного двигателя, блока управления и защиты.	4
2 Лабораторная работа № 2. Изучение конструкции и наладка схем соединения обмоток силового трансформатора	13
3 Лабораторная работа № 3. Изучение способов определения характера и места повреждения кабельных линий	19
4 Лабораторная работа № 4. Изучение, исследование и наладка устройства защитного отключения.	25
5 Лабораторная работа № 5. Изучение, исследование и наладка тепловая защиты электродвигателя	30
Список литературы	32

# **1 Лабораторная работа № 1. Монтаж и наладка асинхронного двигателя, блока управления и защиты**

## **1.1 Цель работы**

Целью данной работы является изучение методов ревизии асинхронного двигателя, изучение схем управления и приобретение навыков по наладке.

## **1.2 Теоретические сведения**

### *Ревизия высоковольтных двигателей.*

Осмотр статора. При осмотре активной стали статора следует убедиться в плотности прессовки ее и проверить прочность крепления распорок в каналах. При слабой прессовке возникает вибрация листов, которая приводит к разрушению межлистовой изоляции стали и затем к местному нагреву ее и обмотки. Вибрирующими листами стали зубцов истирается изоляция обмотки статора. Уплотнение листов стали производится закладкой листочков слюды с лаком или забивкой гетенаксовых клиньев.

При осмотре ротора проверяется состояние вентиляторов и их крепления. Проверяется также плотность посадки стержней обмотки в пазах, отсутствие трещин, обрыва стержней, следов нагрева и нарушения пайки в местах выхода их из короткозамыкающих колец.

При осмотре подшипников скольжения обращают внимание на то, как работал вкладыш, а также на отсутствие торцевой выработки, трещин, отставания, подплавления или натаскивания баббита.

При осмотре подшипников качения после их промывки бензином проверяются легкость и плавность вращения, отсутствие заеданий, притормаживания и ненормального шума, нет ли обрыва заклепок, трещин в сепараторе, не имеет ли он чрезмерного люфта, не касается ли колец, нет ли недопустимого радиального или осевого люфта наружного кольца.

При обнаружении дефектов в деталях подшипника, в том числе малейших раковин, точечных подплавлений от электросварки, этот подшипник должен быть заменен. Подшипники, работающие в особо тяжелых условиях, например в крупных двигателях на 3000 об/мин, следует заменить независимо от их состояния по истечении 5000—8000 ч работы.

### *Наладка машин большой мощности*

Перед началом монтажа электрических машин, проверяют: соответствие машины ее проектной документации; комплектность машины и сохранность крепежных деталей; наличие возможных повреждений за время транспортировки и хранения (предварительный осмотр после расконсервации); состояние подшипников, коробки выводов, коллектора, контактных колец, щеточного механизма и др.; сопротивление изоляции обмоток, подшипников и щеточных траверс; зазоры в подшипниках

скольжения и уплотнения валов; воздушный зазор между статором и ротором; отсутствие задевания ротора о статор (ротор должен свободно вращаться в подшипниках).

Особенность монтажа крупных электрических машин, поступающих в собранном состоянии, состоит в том, что он начинается с установки отдельной фундаментной плиты, на которую устанавливают машину и проводят центровку валов. Ряд машин имеет на конце вала фланец, через который она соединяется с механизмом. Кроме того, при большой длине ротора под действием его веса  $P$  происходит прогиб вала в вертикальной плоскости. Поэтому при горизонтальном положении соединяемых машин плоскости полумуфт (или фланцев) оказываются расположены под углом друг к другу, как показано на рисунке 1.2 а.

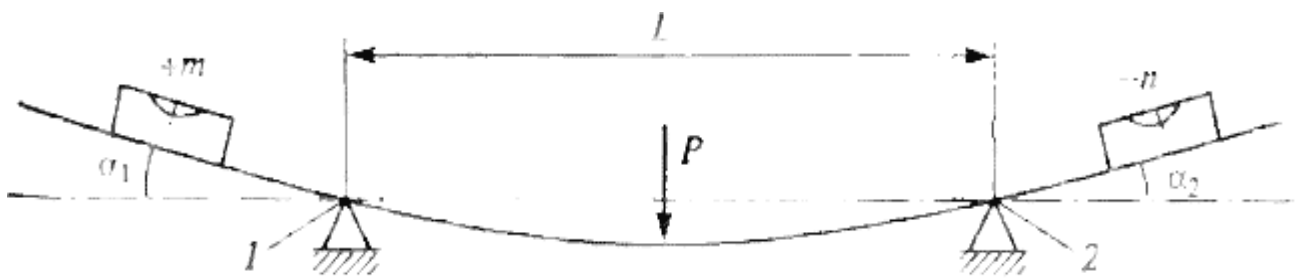


Рисунок 1.1 – Прогиб вала: 1 и 2 — подшипники; 3 — уровень

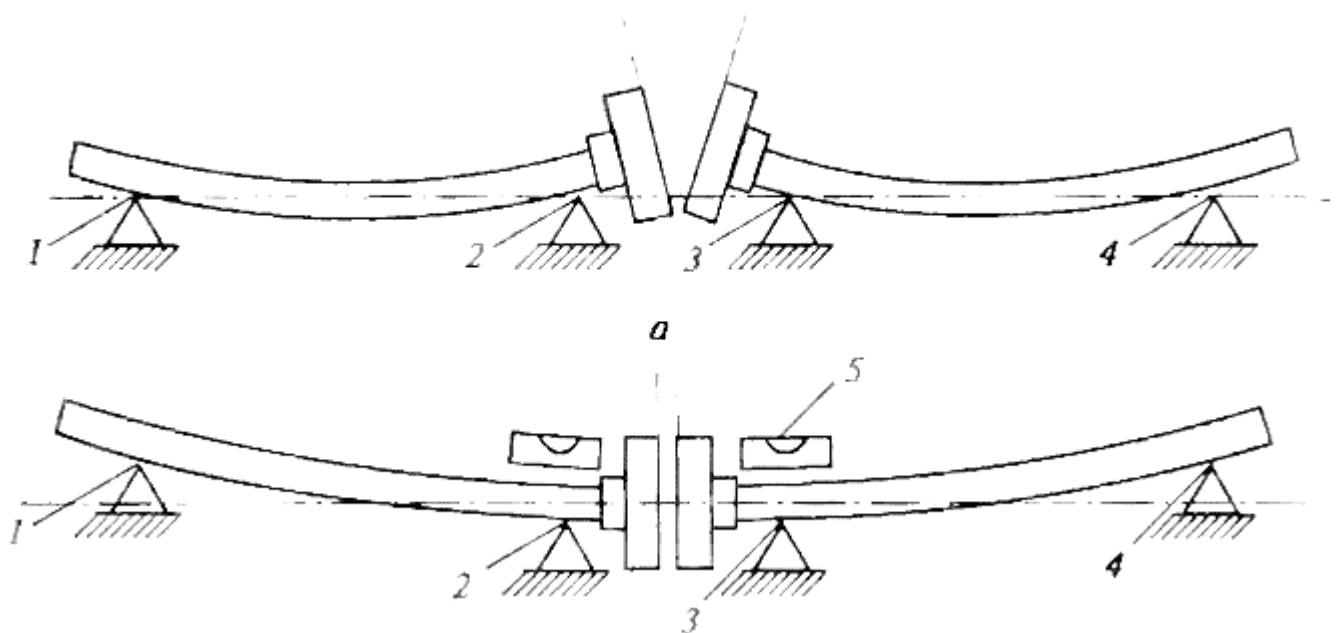


Рисунок 1.2 - Положение валов, соединяемых с помощью полумуфт:  
а — до выверки; б — после выверки линии вала; 1...4 — подшипники;  
5 — уровень

Центровка валов в этом случае заключается в такой установке соединяемых валов, при которой их общая линия представляет в

вертикальной плоскости плавную кривую, а в горизонтальной — прямую линию. При центровке торцы сопрягаемых полумуфт (или фланцев) устанавливаются параллельно, а осевые линии валов должны быть продолжением одна другой и совпадать у сопрягаемых полумуфт (фланцев). Для этого путем установки прокладок под лапы корпуса добиваются равенства углов наклона шеек вала к горизонтальной линии. Угол наклона проверяют по уровню, показанному на рис. 1.2 и установленному на выходном конце вала.

Если крупная электрическая машина поступает на сборку в разобранном состоянии (статор и ротор отдельно), то предварительно собирают саму машину в следующей последовательности. Сначала на монтажной площадке размещают и осматривают все узлы машины, затем подготавливают фундамент (разметка, колодцы под фундаментные болты и пр.), устанавливают и выверяют фундаментную плиту, монтируют стояковые подшипники и устанавливают статор. Затем в него заводится ротор, а шейки ротора устанавливаются на подшипники. Схема заведения ротора приведена на рис. 1.3.

Центровка валов осуществляется, как и в предыдущем случае, но прокладки устанавливаются и под корпус подшипников. После центровки закрепляют корпуса машины и подшипников, пригоняют вкладыши подшипников скольжения и их уплотнения, выверяют зазоры в подшипниках и между статором и ротором электрической машины.

Устанавливают дополнительное оборудование, необходимое для работы машины (система охлаждения, смазки подшипников и т.д.), производят монтаж и регулировку токосъемных механизмов, соединение электрических цепей и заземляют корпус машины.

#### *Наладка машин малой и средней мощности*

Машины небольшой мощности соединяются с приводным механизмом с помощью муфт различного типа и зубчатых, ременных или фрикционных передач. На рис. 1.2 показаны наиболее часто встречающиеся типы муфт. При соединении с помощью муфт на концы валов соединяемых машин предварительно насаживают полумуфты, проверив перед этим цилиндричность и соответствие наружного диаметра конца вала машины и внутреннего диаметра полумуфты с помощью измерительных скоб и нутромеров. Величина натяга при посадке указывается на чертеже, а сама посадка осуществляется в горячем состоянии.

Если соединить полумуфты при взаимном положении то при работе агрегата возникнут повышенные вибрации, которые могут привести к быстрому износу подшипников, муфт и болтовых соединений. Поэтому сочленяемые машины должны быть установлены таким образом, чтобы торцевые поверхности полумуфт были параллельны, а оси валов соединяемой машины и механизма находились на одной линии.

Для этого проводят центровку валов с помощью центровочных скоб различной конструкции. Некоторые из них показаны на рисунке. Контроль точности центровки осуществляется по величине радиальных и осевых зазоров в четырех точках, равномерно расположенных по окружности муфты, при совместном повороте соединяемых валов на угол  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  и  $270^\circ$ . При удовлетворительных отклонениях (каждый тип муфт имеет свои допустимые отклонения в радиальных и осевых зазорах), окончательно закрепляют машину на фундаменте и после повторной проверки центровки валов соединяют полумуфты между собой.

При использовании цепной или ременной передачи необходимо совместить средние линии звездочек или шкивов, установленных на ведомом и ведущем валах, и обеспечить натяжение цепи или ремня. Средние линии звездочек и шкивов обычно совмещают с помощью натянутой параллельно им струны с использованием обычного измерительного инструмента. Для обеспечения требуемого натяжения машина должна иметь возможность перемещения в плоскости образованной осями вращения соединяемых машин. В некоторых случаях для создания натяжения используются специальные натяжные ролики.

При использовании цилиндрической зубчатой передачи необходимо обеспечить параллельность валов соединяемых машин и одинаковый зазор между зубьями сопрягаемых шестерен по всей длине зуба. Допуск на несоосность валов в этом случае обычно не превышает 0,5 мм. Контроль несоосности проводится с помощью индикаторов. После закрепления электрической машины на фундаменте ее корпус заземляется.

### **1.3 Описание лабораторного стенда**

Лабораторный стенд выполнен в виде монтажного стола (рисунок 1.3). Напряжение на стол подается от пульта управления преподавателем. В самом столе установлен защитный автомат (на рисунке не показан) и индикаторная лампа. Если на монтажный стол подано напряжение с пульта и автомат включен, загорается индикаторная лампа (наличие напряжения на клеммной колодке стола).

### **1.4 Порядок выполнения работы**

#### **1.4.1 Внешний осмотр двигателя**

Целью внешнего осмотра является выявление явных дефектов. Так же проверяется целостность крыльчатки, для чего снимается ее обечайка и производится осмотр. Далее вручную проворачивается вал двигателя и определяется, нет ли заклинивания или биения подшипников.

Был проведен внешний осмотр. Было установлено следующее:

1. Явных дефектов выявлено не было;

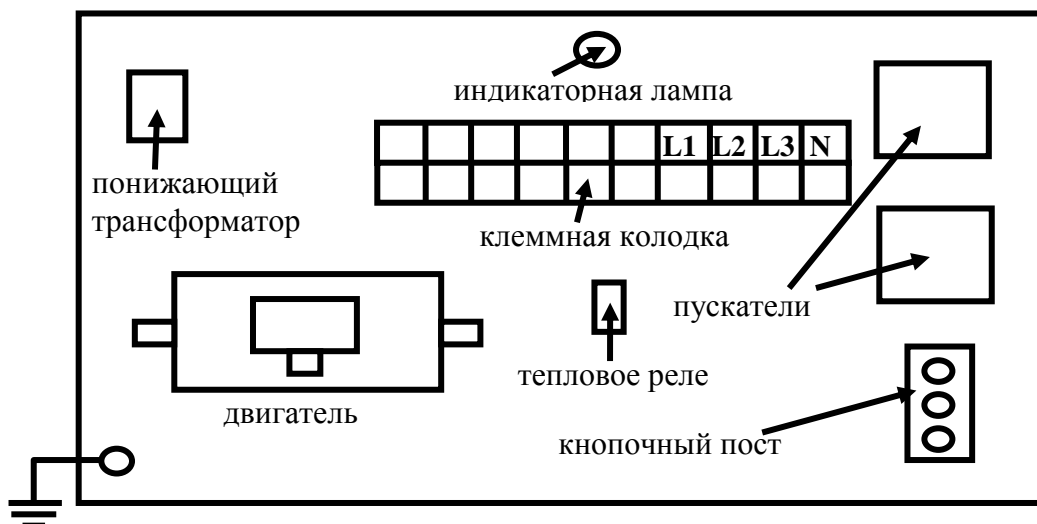


Рисунок 1.3 – Лабораторный стенд

2. После снятия обечайки визуально установлена целостность крыльчатки;

3. После проворота вала двигателя заклинивание либо биение подшипников не установлено.

1.4.2 Проверка целостности обмоток. Измерение сопротивлений изоляции и фазных обмоток

1. Сопротивление изоляции обмоток измеряется мегомметром. Измерение сопротивления изоляции обмоток относительно корпуса машины и между обмотками производят поочередно для каждой электрической независимой цепи при соединении всех прочих цепей с корпусом машины.

Измерение сопротивления изоляции произведено методом абсорбции и приведено к температуре  $20^{\circ}\text{C}$  (температура при замере равна  $20^{\circ}\text{C}$ ).

Сопротивление изоляции электрической машины относительно ее корпуса и сопротивление изоляции между обмотками при рабочей температуре машины должно быть не менее значения, получаемого по формуле, но не менее 0,5 мОм

$$r = \frac{U}{1000 + 0,01P}, \text{ мОм} \quad (1.1)$$

где  $U$ - номинальное напряжение машины, В;

$P$ - номинальная мощность машины, кВт.

2. Проверка целостности обмоток произведена омметром. Был проведен прозвон всех выводов между собой. Два вывода, между которыми прибор показывал малое сопротивление, являются началом и концом одной фазной обмотки.

3. Измерение сопротивлений фазных обмоток производится мостом или методом амперметра-вольтметра. В лабораторной работе использовался



электрический мост. После замера было установлено, что сопротивления для всех фазных обмоток равны.

#### 1.4.3 Определение начал и концов обмоток фаз двигателя

Сначала определили пары выводов каждой фазной обмотки статора, используя омметр. Затем определили начала и концы каждой фазной обмотки. Для этого принимали один из зажимов любой фазной обмотки за ее начало и промаркировали С1, а второй за ее конец – С4. Вывода другой фазы условно промаркировали «С2» и «С5». Соединяя эти фазы последовательно, подключили в цепь понижающего трансформатора (рисунок 1.4). К зажимам третьей фазы подсоединили вольтметр. Вольтметр показал напряжение больше нуля, то это означало, что к концу первой фазы С4 подсоединено начало второй фазы С2, т.е. соединены вместе разноименные зажимы, а условная маркировка верна. Аналогично были найдены начало и конец 3-й фазы.

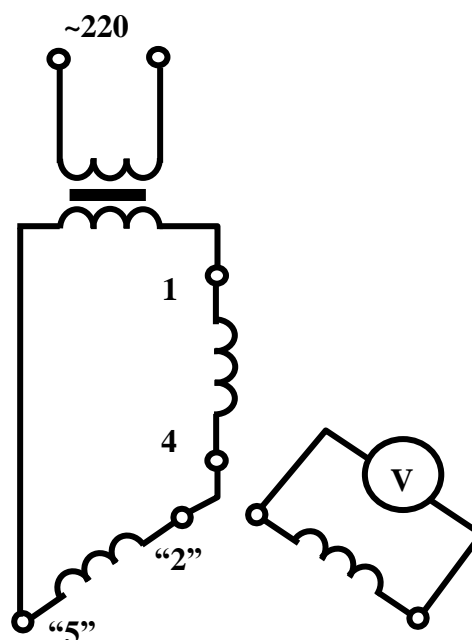


Рисунок 1.4 – Схема соединения для определения начал и концов обмоток фаз двигателя

#### 1.4.4 Соединение обмоток двигателя звездой и треугольником

Обмотки асинхронных двигателей могут соединяться по схеме звезды – Y (рисунок 1.5,а) или треугольника – Δ (рисунок 1.5,б). Для двигателей 220/380 В при включении в 3-фазную сеть 380 В используют схему Y, при включении в 3-фазную сеть 220 В – Δ.

Во время лабораторной работы, для ознакомления было проведено соединение обмоток обеими способами.

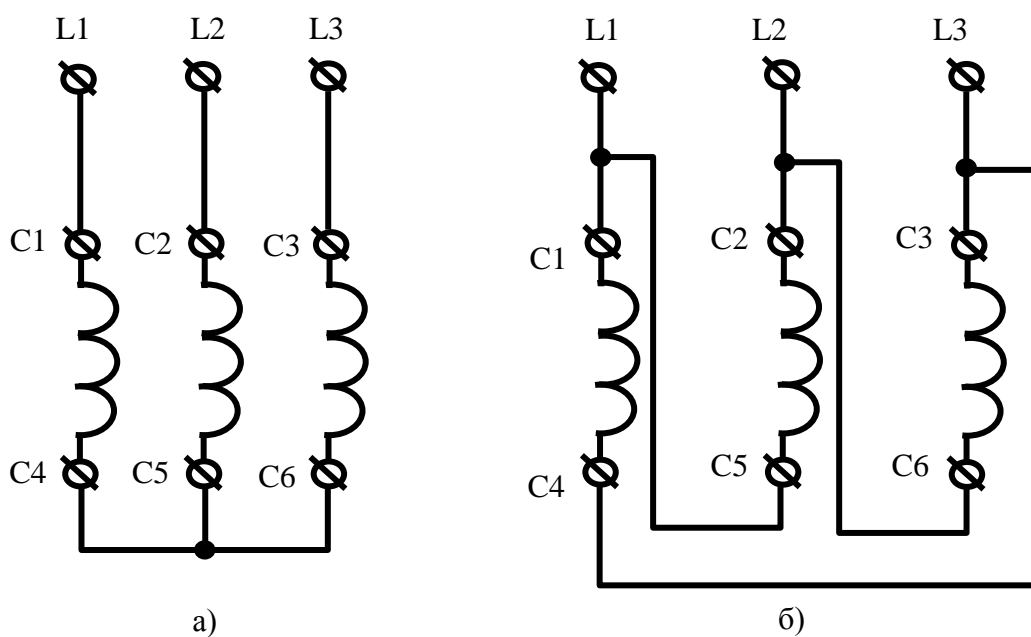


Рисунок 1.5 – Схемы соединения обмоток асинхронных двигателей:  
 а) схема соединения звездой, б) схема соединения треугольником

#### 1.4.5 Сборка схем управления двигателем

1. Изучить схемы управления, приведенные на рисунках 1.6, 1.7. Совместно с преподавателем разобрать, каким образом работают цепи управления и силовые части схем.

2. Ознакомится с конструкцией электромагнитных пускателей, теплового реле и кнопочного поста. Определить расположение элементов коммутационных аппаратов задействованных в схемах (рисунки 1.6,б, 1.7,б), их контактные зажимы.

3. Собрать схемы управления, приведенные на рисунках 1.6, 1.7.

Сначала собрать цепь управления без силовой части. При этом необходимо было узнать рабочее напряжение катушек пускателей. Так как в пускателе могут использоваться катушки на 380 В (подключение цепи управления между двумя фазами) и 220 В (подключение цепи управления между фазой и нулем), и они взаимозаменяемы, рабочее напряжение рассмотрено на бирке самой катушки, 220 В.

Для схемы с реверсированием двигателя (рисунок 1.7) необходимо помнить, что оба пускателя не должны одновременно включаться. Это было достигнуто за счет применения в схеме блокирующих контактов, в качестве которых использовались дополнительные нормально замкнутые контакты пускателей К1.6 и К2.6 (смотреть схему цепи управления на рисунке 1.7,б). При включении любого пускателя, он своим блокирующим контактом разрывал цепь питания другого пускателя, что делало невозможным включение второго пускателя.

После сборки схемы управления проверить в работе.

Убедившись в том что, схема управления работает, собрать силовую часть. После сборки схем (особенно с реверсированием двигателя) осмотреть соединения проводов на силовых контактах пускателей, чтобы убедиться в том, что не произойдет включение на короткое замыкание.

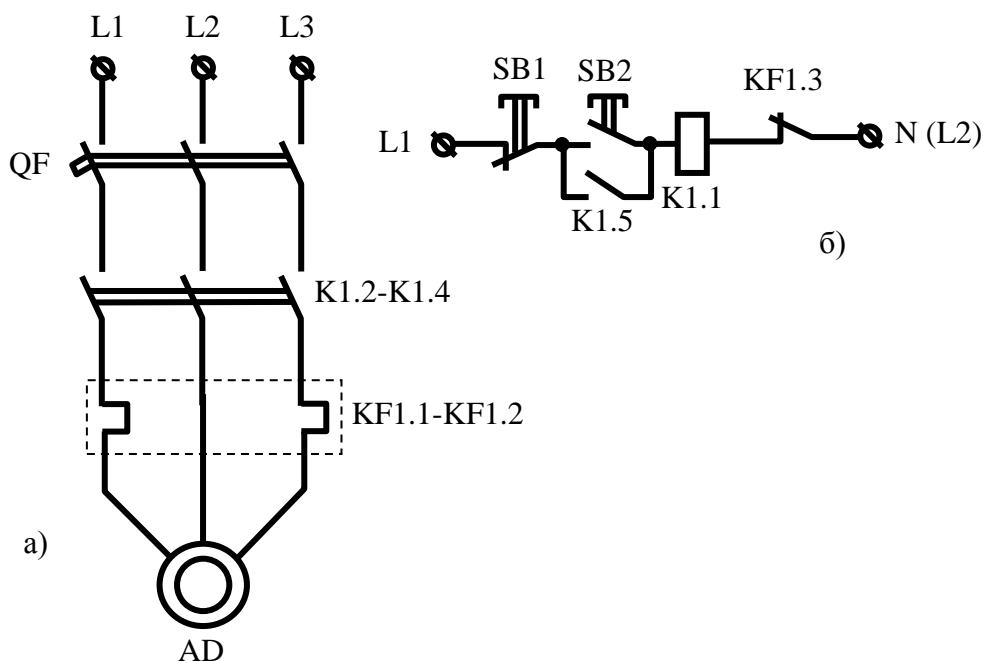
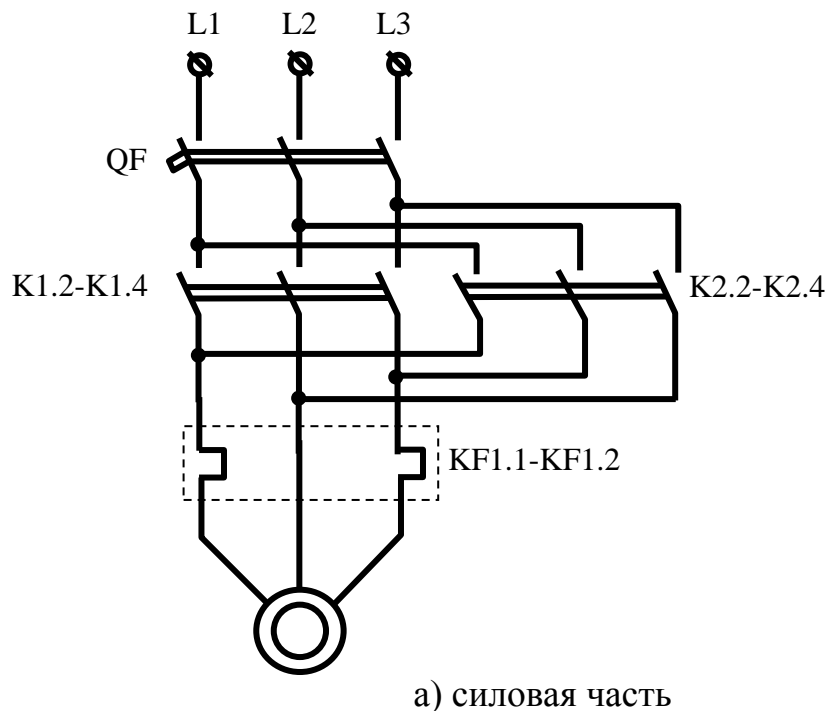
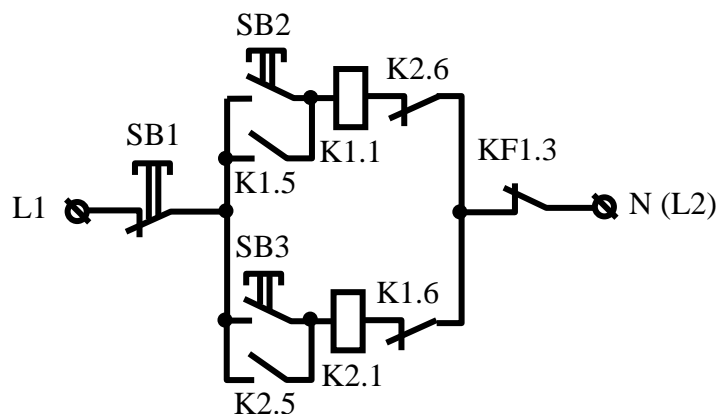


Рисунок 1.6 – Схема управления «Пуск асинхронного двигателя»  
а) силовая часть, б) цепь управления



а) силовая часть



б) цепь управления

Рисунок 1.7 – Схема управления «Пуск асинхронного двигателя с реверсированием»

### 1.5 Содержание отчета

1. Цели лабораторной работы
2. Теоретические сведения
3. Описание лабораторного стенда
4. Порядок выполнения работы
5. Экспериментальные данные
6. Выводы о проделанной работе
7. Список литературы

### 1.6 Контрольные вопросы

1. Рассказать о ревизии высоковольтных двигателей.
2. Объяснить работу схемы пуска асинхронного двигателя.
3. Объяснить работу схемы пуска асинхронного двигателя с реверсированием.
4. Наладка машин большой мощности.
5. Наладка машин малой.
6. Наладка средней мощности.
7. Эксплуатация и ревизия механических частей электродвигателя большой мощности.
8. Эксплуатация и ревизия механических частей электродвигателя малой мощности.

## 2 Лабораторная работа № 2. Изучение конструкции и наладка схем соединения обмоток силового трансформатора

### 2.1 Цель работы

Целью данной работы является изучение методов определения выводов и группы соединения обмоток трансформатора, а также наладка заданной группы соединения обмоток трансформатора.

### 2.2 Описание лабораторного стенда

Лабораторный стенд выполнен в виде монтажного стола (рисунок 2.1). На столе расположены измерительные приборы, кнопки управления, автомат питания и клеммные зажимы. Часть клеммных зажимов предназначена для присоединения измерительных приборов к собираемым схемам. Выводы обмоток исследуемого трансформатора подсоединены к другой части клеммных зажимов. После монтажа какой-либо схемы клеммные зажимы должны закрываться предохранительной крышкой, при открытой крышке работа стенда блокируется.

Силовая часть схемы показана на рисунке 2.2. Питание подается автоматом QF. Подключение потенциал-регулятора производится пускателем K1 при нажатии кнопки SB1, кнопка SB2 отключает пускатель K1 и потенциал-регулятор. Подача напряжения с потенциал-регулятора на клеммы стола L1', L2', L3' производится пускателем K2 при нажатии кнопки SB3, при этом кнопка должна удерживаться. Выходное напряжение потенциал-регулятора устанавливается кнопками SB4 (больше) и SB5 (меньше), при этом значение междуфазного напряжения контролируется по вольтметру V1.

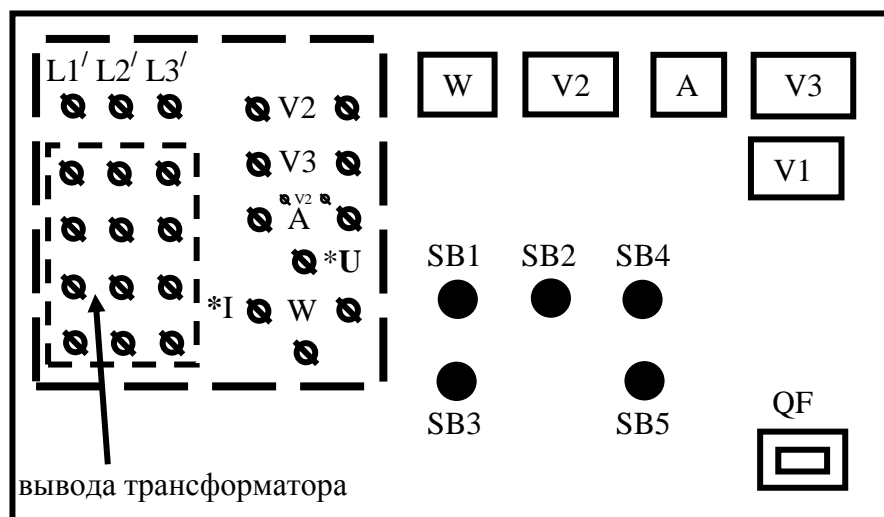


Рисунок 2.1 – Лабораторный стенд

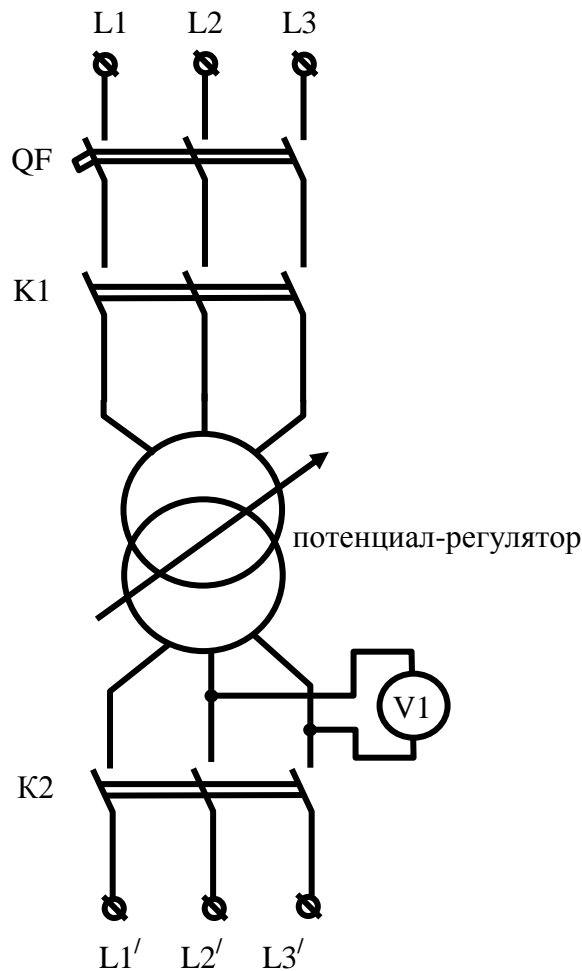


Рисунок 2.2 – Схема соединения

### 2.3 Порядок выполнения работы

- Ознакомиться с конструкцией трехфазного трехстержневого двухобмоточного трансформатора и его техническими данными.
- Определить зажимы, принадлежащие каждой фазе обмоток низшей и высшей стороны трансформатора.
- Произвести маркировку обмоток трансформатора.
- Определить группу трансформатора.
- Собрать трансформатор в заданную группу.

1. Определение выводов, принадлежащих каждой фазе обмоток ВН и НН.

Для определения выводов, принадлежащих к каждой фазе обмоток ВН и НН, использовался омметр. Подключали любой вывод обмотки трансформатора к омметру. Свободным щупом от омметра попеременно касаясь 5 выводов обмоток фаз, определили вывода одной фазы.

Было установлено, следующие пары выводов: 1-4, 2-5, 3-12, 6-9, 7-10, 8-11.

## 2. Определение обмоток ВН и НН.

Замерялось сопротивление всех шести обмоток. Получившиеся значения разбивались на две группы по три одинаковых сопротивления. Большие сопротивления соответствуют обмоткам ВН, меньшие обмоткам НН.

Было установлено:

1-4, 2-5, 6-9 сопротивление = 200 Ом, соответствует обмоткам ВН

3-12, 7-10, 8-11 сопротивление = 20 Ом, соответствует обмоткам НН

3. Определение обмоток ВН и НН расположенных на одном стержне магнитопровода.

Любую из обмоток ВН запитать пониженным напряжением ( $U < 100$  В). Замерить напряжения на выводах обмоток НН. В соответствии с распределением магнитного потока, на обмотке НН, расположенной на том же стержне где и запитанная обмотка ВН будет наводиться наибольшее ЭДС. Аналогично определяются остальные пары обмоток.

Было установлены следующие пары обмоток: 1-4 и 7-10, 2-5 и 8-11, 6-9 и 3-12

## 4. Маркировка обмоток ВН и НН трансформатора.

Маркировку обмоток проводят, начиная с низшего напряжения. Собирают схему, для чего замыкают между собой три любых зажима обмотки НН трансформатора. На одну из фаз обмотки подают пониженное напряжение ( $U \leq 100$  В). По относительному значению напряжения на зажимах "ав" и "вс" маркируют зажимы трансформатора. При проведении опыта возможны следующие случаи:

– напряжение подано на обмотку фазы, находящуюся на среднем стержне трансформатора;

– напряжение подано на обмотку фазы, находящуюся на крайнем стержне трансформатора.

В первом случае ввиду симметричной магнитной системы относительно среднего стержня поток  $\Phi$  стержня распределяется равномерно по крайним стержням и составляют  $\frac{1}{2}\Phi$ . Эти магнитные потоки индуктируют в обмотках фаз крайних стержней ЭДС равные величинам  $E_{ax} = E_{cz} = \frac{1}{2}E_{by} = \frac{1}{2}U$

При правильной маркировке трансформатора показания вольтметра, включенного на зажимы (а-в), (в-с), будут соответственно равны, а (а-с) равно нулю.

Это объясняется тем, что при обходе по контурам ав и вс ЭДС обмоток фаз направлены согласно с приложенным напряжением и суммируются, а при обходе обмоток по контуру "ас" направлены встречно и вычитаются. При неправильной маркировке показания вольтметра, включенного на зажиме "ав" будут определяться разностью подводимого напряжения и ЭДС неправильно включенной фазы, т. е. меньше приложенного напряжения  $U_{by}$ . Это объясняется тем, что при неправильной маркировке одной из обмоток знак индуктируемой ЭДС изменяется на противоположный при неизменном

направлении магнитного потока в стержне. Для правильной маркировки следует поменять местами начало (зажим "а") с концом "х" фазы "а".

Если напряжение подано на обмотку фазы, находящуюся на крайнем стержне (случай 2) ввиду несимметричности магнитной системы относительно стержня потоки в стержнях будут распределяться неравномерно и будут зависеть, главным образом, от длины магнитных силовых линий соответствующих стержней и приблизительно равны отношению  $\Phi_1:\Phi_2:\Phi_3=1:2/3:1/3$ . Такое распределение потоков зависит в основном от геометрических размеров ширины и длины окна магнитопровода трансформатора и для различных исполнений трансформатора могут быть различными. Пропорционально этим потокам в обмотках фаз трансформатора будут индуцироваться ЭДС. В связи с изложенным, маркировку зажимов рекомендуется проводить при подаче напряжения на фазу обмотки, расположенной на среднем стержне. Маркировка зажимов обмотки ВН производится аналогично маркировке обмоток НН.

Было установлено:

1-А, 2-В, 3-с, 4-Х, 5-У, 6-С, 7-а, 8-в, 9-З, 10-х, 11-у, 12-з.

5. Определение группы трансформатора.

Пусть требуется определить группу трансформатора по схеме у/Δ. Проверить равенство всех первичных и вторичных линейных напряжений соединяют зажимы "А" и "а" перемычкой, тогда точки "а" и "А" будут однопотенциальными. Затем измеряют напряжения между зажимами: АВ, ВС, СА, вС, сВ, сС. По полученным данным в произвольном масштабе строят равносторонний треугольник АВС первичных линейных напряжений. Так как точки "А" и "а" однопотенциальны, то вершина треугольника вторичных линейных напряжений "в" находят в точке пересечения трех отрезков: отрезка "вА", проведенного из вершины "А" треугольника АВС, отрезка "вВ"-из вершины "В" и отрезка "вС" – из вершины "С". Вершина "с" треугольника вторичных линейных напряжений находятся в точках пересечения трех отрезков "сА", "сВ", "сС".

Порядок чередования фаз первичных и вторичных линейных напряжений при обходе по часовой стрелке должен быть одним и тем же. По углу сдвига вторичной линейной ЭДС относительно первичной (например U<sub>АВ</sub> относительно U<sub>ав</sub>) определяют группу соединений у/Δ при принятой маркировке обмоток.

Было установлено, что трансформатор подключен по 11 группе.

6. Соединение трансформатора в заданную группу.

Соединение обмоток в заданную группу можно выполнить на основании потенциальной диаграммы. Требуется соединить обмотки трехфазного трансформатора по схеме у/Δ-3 (третья группа).

Для этой группы сдвиг между линейными ЭДС обмотки ВН и обмотки НН равны  $3 \cdot 30 = 90$  градусов.



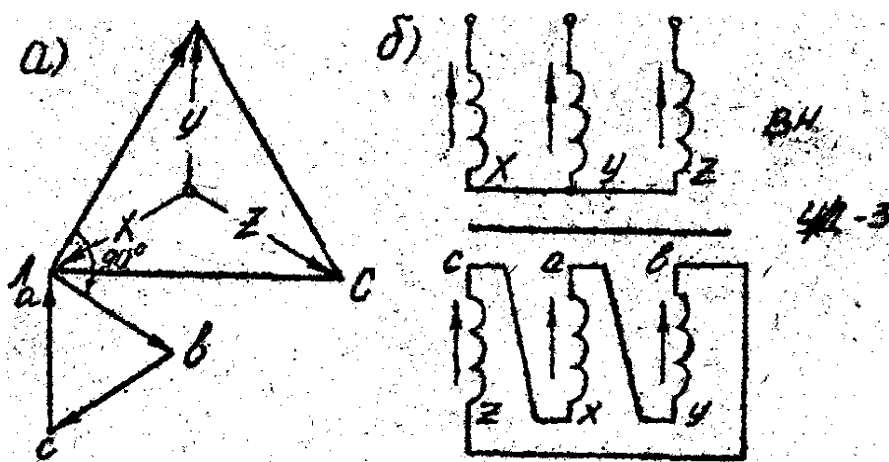


Рисунок 2.3 – Векторная диаграмма и соединение трансформатора для третьей группы

Из рисунка видно, что сдвиг между векторами АВ и ав, ВС и вс, СА и са равен 90 градусов.

На рисунке 2.3, б изображены зажимы фаз первичной и вторичной обмоток трансформатора. Зажимы обмотки ВН обозначены произвольно, АХ, ВУ, СZ. Предполагая, что фазы обмоток ВН и НН намотаны в одном направлении, отмечают стрелками мгновенное направление ЭДС в фазах обмотки ВН, например, от концов к началам, и в том же направлении ЭДС в фазах обмотки НН. Остается разметить зажимы обмотки НН. Из потенциальной диаграммы видно, что вектор линейной ЭДС обмотки НН – “вс” направлен также, как вектор АХ фазной ЭДС обмотки ВН. Следовательно, Зажимы “вс” должны располагаться на крайней левой фазе, причем стрелка должна указывать направление от “в” к “с”.

Аналогично на средней фазе должны быть обозначены зажимы “са” и на крайней правой – “ав”. Соединением одноименных зажимов образованна заданная группа – 3.

## 2.4 Содержание отчета

- 1 Цели лабораторной работы.
- 2 Теоретические сведения.
- 3 Описание лабораторного стенда.
- 4 Порядок выполнения работы.
- 5 Экспериментальные данные.
- 6 Выводы о проделанной работе.
- 7 Список литературы.

## 2.5 Контрольные вопросы

1. Какие существуют методы определения выводов обмоток трансформатора?
2. Методы определения группы соединения обмоток трансформатора.

3. Как проводится наладка заданной группы соединения обмоток трансформатора?
4. Сравнить конструкции трехфазного трехстержневого и группового трансформатора.
5. От чего зависят показания вольтметра включенного на зажимы трансформатора?
6. Технические данные трансформаторов различной конструкции.
7. Как проводится маркировка обмоток?
8. Как определить группу трансформаторов?

### **Лабораторная работа № 3. Изучение способов определения характера и места повреждения кабельных линий**

#### **3.1 Цель работы**

Целью данной работы является изучение методов определения места повреждения линий электропередачи и приобретение навыков работы с прибором Р5-10.

#### **3.2 Задание**

1. Ознакомится с устройством лабораторного стенда.
2. Ознакомится с принципом действия прибора Р5-10.
3. Определить место повреждения с помощью прибора Р5-10 методом короткого видеоимпульса и единичного перепада напряжения.
4. Зарисовать импульсные характеристики модели кабеля с повреждением и после устранения повреждения (при отключенных тумблерах имитации повреждений).

#### **3.3 Описание лабораторного стенда**

Внешний вид стенда показан на рисунке 3.1.

Стенд состоит из прибора Р5-10 и модели кабельной линии. Питание к прибору Р5-10 подводится от розетки 220 В, напряжение на нее подается автоматом стенда.

Для модели кабельной линии питания не требуется, на верхней панели стенда изображена мнемосхема кабельной линии с выведенными концами жил кабеля. Рядом с мнемосхемой установлены тумблеры для имитации повреждений: S1, S2, S3.

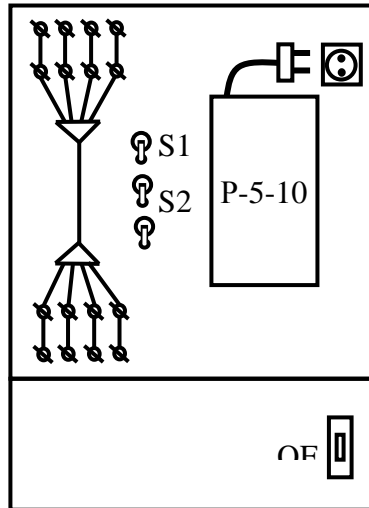


Рисунок 3.1 – Лабораторный стенд

### 3.4 Теоретические сведения

Измеритель P5-10 предназначен для проведения следующих операций на воздушных и кабельных линиях электропередачи и связи:

обнаружения повреждения и определения его характера (обрыв, короткое замыкание);

обнаружения сосредоточенной неоднородности волнового сопротивления (асимметрия в проводах, нарушение контакта, вставки, неоднородности от резкого изменения сопротивления изоляции и др.); определения расстояния до повреждения или неоднородности.

Измеритель может быть использован не только для измерения на поврежденных линиях, но и для контроля состояния кабелей, прогнозирования неисправностей в них, измерения их длины и симметрирования.

С помощью базового блока измерителя на кабелях можно производить следующие измерения:

определение расстояния до неоднородности (повреждения) несимметричного кабеля; измерение временной задержки; последовательное сравнение трех жил; измерение по методу перехода энергии; исследование сложных повреждений перепадом напряжения (различение реактивных индуктивного и емкостного характера от истинных повреждений, измерение протяженности кабельных вставок и строительных длин, измерения на линиях с ответвлениями, измерения при плавном изменении волнового сопротивления при попадании влаги в кабель и др.).

Минимальная длина линии, с которой возможен просмотр, не превышает 5 м, однако может быть сведена к минимуму при подключении к началу линии калиброванной вставки длиной порядка 4-5 м с тем же волновым сопротивлением.

#### 3.4.1 Принцип работы P5-10.

В основу измерителя положен импульсный способ определения расстояния по времени запаздывания отраженного сигнала относительно посланного. Зондирующий импульс формируется генератором импульсов и посылается в волновой канал (провода исследуемой линии). Индикация процессов, происходящих в линии, осуществляется на экране ЭЛТ. Отсчет измеряемого расстояния ведется непосредственно по шкале прецизионного потенциометра «РАССТОЯНИЕ».


Назначение органов управления базового блока приведено в Приложении 1.

#### 3.4.2 Указания мер безопасности.




1. Прибор соответствует 1 классу по электробезопасности.
2. Все измерения производятся на отключенной с обеих сторон линии. Во избежание выхода измерителя из строя необходимо предварительно разрядить линию, замкнув жилы между собой и на земляную шину.
3. Работать с прибором разрешается лицам ознакомившимся с инструкцией по работе с ним.

### 3.5 Порядок выполнения работы с прибором Р5-10

1. Установите ручки управления на передней и боковой панелях в следующие положения:

- «УСИЛЕНИЕ» — крайнее левое;
- «РАССТОЯНИЕ» — «О»;
- «УСТ. ОТСЧЕТА» — крайнее левое;
- «КОМПЕНС.» — крайнее левое;
- «ФИЛЬТР» -  ».

2. Подключите кабель питания к питающей сети; включите тумблер «ПИТАНИЕ»; при этом загорается сигнальная лампочка и через 0,5—2 мин на экране ЭЛТ появляется линия развертки.

3. Ручками «», «», «» отрегулируйте яркость, фокусировку и положение луча на экране ЭЛТ. Положение линии развертки луча должно быть на середине экрана трубки.

4. К разъему «ВХОД—ВЫХОД» на левой панели измерителя подключите соединительный кабель; к разъему соединительного кабеля — присоединительный кабель.

5. В зависимости от длины измеряемых линий работа производится на одном из следующих диапазонов измерения, выбираемых переключателем и тумблером «ДИАПАЗОНЫ КМ»: 0,3 км; 1 км; 3 км; 10 км; 30 км; 100 км; 90 км; 300 км.

Результат измерения расстояния будет более точным, если отсчет производится в конце диапазона измерения.

6. При измерении коротким видеоимпульсом установите ручку «ЗОНД.ИМП.µс» в положения:

«0,05; 0,1; 0,3;» (при длине измеряемой линии до 10 км);

«0,1; 0,3; 1; 3» (при длине измеряемой линии до 30 км);

«1; 3; 10; 30» (при длине измеряемой линии до 300 км).

7. Установите ручку «ВЫХ. СОПР.» - на величину волнового сопротивления измеряемой линии. Приближенные значения выходного сопротивления определяются цветными секторами, нанесенными на передней панели прибора под ручкой «ВЫХ. СОПР.». Светлому сектору соответствует выходное сопротивление от 20 до 100 Ом; серому - от 100 до 250 Ом; темно-серому - от 250 до 500 Ом.

8. Подключите присоединительный кабель к измеряемой линии (см. Приложение 2).

9. Установите ручку «ОБЩ.—РАЗД.» на левой панели прибора в положение «ОБЩ. 1» - в случае измерений на одной паре и измерений по методу последовательного сравнения или в положение «РАЗД.» — в случае измерений по методу перехода энергии.

При измерениях по методу сравнения пар ручку «ОБЩ.—РАЗД.» переключайте последовательно из положения «ОБЩ. 1» в положения «ОБЩ. 2», «ОБЩ. 3». Выводы присоединительного кабеля «ВХ. 1», «ВХ. 2», «ВХ. 3» должны быть подключены к исследуемым жилам (проводам).

10. Установите ручку «УКОРОЧЕНИЕ» в положение, соответствующее значению коэффициента укорочения измеряемого типа кабеля (см. таблицу Приложения 3).

11. По окончании подготовки измерителя к работе и подключения к измеряемой линии произвести осмотр импульсной характеристики линии на экране ЭЛТ.

12. Для получения более четкой импульсной характеристики произвести подрегулировку ручек «ВЫХ. СОПР.» и «ФИЛЬТР».

Положения ручки «ФИЛЬТР» — « $\approx 1$ ,  $\approx 2$ ,  $\approx 3$ » используются при измерениях на линиях с повышенным уровнем низкочастотных помех; « $\sim 1$ » - на линиях с повышенным уровнем высокочастотных помех.

13. Отыщите всплеск на импульсной характеристике линии, соответствующий отражению от неоднородности (места предполагаемого повреждения) линии, установите характер повреждения. Примеры импульсных характеристик приведены в Приложении 4.

Для отыскания сигнала, отраженного от места повреждения линии при сложной импульсной характеристике, насыщенной отражениями от транспозиций, вставок, переотражениями, произведите зарисовку импульсной характеристики и сравните ее с ранее зарисованной характеристикой этой линии при отсутствии повреждения при тех же положениях ручек управления.


14. Ручкой «УСТ. ОТСЧЕТА» совместите передний фронт зондирующего импульса с одной из рисок шкалы ЭЛТ.

15. Ручкой «РАССТОЯНИЕ» произведите совмещение начала фронта найденного всплеска импульсной характеристики (отраженного импульса) с





отсчетной рискской шкалы (с той, с которой производилось совмещение зондирующего импульса).

16. По показанию ручки «РАССТОЯНИЕ» произведите отсчет расстояния (в полученный результат входит длина соединительного кабеля).

Если линия протяженная, а прибор указал место повреждения в конце ее, то для увеличения точности желательно произвести измерения с другого конца линии.

17. Измерение сложных повреждений производится зондированием линии перепадом напряжения при установке ручки «ЗОНД.ИМП.µs» в положение .

Импульсные характеристики линий с различными часто встречающимися неоднородностями приведены в Приложении 5.

При введении усиления вершина единичного перепада может выходить за пределы экрана ЭЛТ. В этом случае ручкой «» следует установить вершину перепада в удобном для наблюдения месте экрана. Если этой регулировки недостаточно, то следует воспользоваться резистором начальной установки линии развертки «», выведенным под шлиц на боковой стяжке измерителя. По окончании измерений произведите установку линии развертки в первоначальное положение резистором «», предварительно установив ручку «» в среднее положение.

Измерение расстояния до неоднородности производится аналогично изложенному выше.

Ручкой «УСТ. ОТСЧЕТА» совместите передний фронт перепада с одной из рисок шкалы ЭЛТ. Отыщите всплеск на плоской вершине перепада, соответствующий месту неоднородности. Ручкой «РАССТОЯНИЕ» произведите совмещение начала фронта найденного всплеска с отсчетной рискской шкалы. По показанию ручки «РАССТОЯНИЕ» произведите отсчет расстояния до неоднородности.

18. При проведении измерений на протяженных линиях, на кабелях с большим затуханием значительно понижается разрешающая способность измерителя за счет увеличения длительности импульса и искажения его формы. С целью восстановления разрешающей способности по расстоянию проводится корректировка формы зондирующего импульса с помощью ручки «КОМПЕНС.». Установите ручку «КОМПЕНС.» в положение, при котором наблюдаемая импульсная характеристика будет наиболее наглядной, и произведите измерения, как описано выше.

19. После устранения повреждения следует повторно просмотреть линию прибором и зарисовать импульсную характеристику или внести поправку в старую, если после устранения повреждения появилось новое заметное отражение.

### **3.6 Содержание отчета**

1. Цели лабораторной работы
2. Теоретические сведения
3. Описание лабораторного стенда
4. Порядок выполнения работы
5. Экспериментальные данные
6. Выводы о проделанной работе
7. Список литературы

### **3.7 Контрольные вопросы**

1. Импульсный метод определения повреждений линий электропередачи.
2. Индукционный метод определения повреждений линий электропередачи.
3. Акустический метод определения повреждений линий электропередачи.
4. Рассказать о методе колебательного разряда.
5. Объяснить принцип ёмкостного метода.
6. В чем заключается метод петли (Муррея)?
7. Как оттарировать прибор Р5-10?
8. Какие существуют дополнительные методы определения повреждения линии?

## **Лабораторная работа № 4. Изучение, исследование и наладка устройства защитного отключения**

### **4.1 Цель работы**

Целью данной работы является изучение работы устройства защитного отключения (УЗО) и закрепления навыков работы с ним.

### **4.2 Теоретическая часть**

Выключатели дифференциальные типа ВД-63 электромеханические предназначены для защиты людей от поражения электрическим током при случайном непреднамеренном прикосновении к токоведущим частям электрооборудования. Выключатели обладают высоким быстродействием, надежны и долговечны. Исполнения с установкой срабатывания 300 мА используют для групповой защиты электрооборудования от пожара, и вызванного возгоранием изоляции проводов и кабелей от дифференциального тока. Эксплуатация выключателей допускаются только при наличии

включенного последовательно с ними автоматического выключателя с защитой от сверхтоков.

Изделия сохраняют работоспособность при обрыве нулевого рабочего проводника. В электрической сети с заземленной нейтралью при построении аппаратуры защиты от поражения током используют принцип выделения дифференциального (утечки  $I_{\text{ут}}$ ) тока на землю (рисунок 4.1)

Этот ток  $I_{\Delta}$  представляет собой разность между полным током  $I_1$ , втекающим в нагрузку из сети и током  $I_2$ , вытекающим из нагрузки в сторону сети. Разностный ток образуется в случае связанном с землей полу. В качестве рибора, выделяющего указанную разность токов, используют трансформатор первичной обмотки в которой служат сложенные вместе и пропущенные через отверстия в кольцевом магнитопроводе фазный (фазные) и нулевой провода, идущие в сторону нагрузки, а вторичная намотана поверх магнитопровода.

К вторичной обмотке подключена параллельно обмотка катушки миниатюрного электромагнитного реле – электромеханического расцепления, по существу, являющегося основой дифференциального выключателя.

В нормальном режиме работы нагрузки магнитные потоки  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$ , образуемые фазными и нулевыми проводниками компенсируются, и результирующий поток близок к нулю.

Во вторичной обмотке напряжение равно нулю.

Принцип действия электромеханического расцепителя обратен принципу действия обычного реле. Якорь его прижат к ярму и удерживается в таком положении притяжением специального «юлокирующего» магнита, причем усилие притяжения магнита несколько больше цсиллия специальной «возвратной» пружины, стремящейся оторвать якорь от ярма.

Если появившийся в результате прикосновения человека дифференциальный ток превысит определенное значение, при котором электромагнитный поток, созданный, обмоткой расцепления станет достаточным для компенсации потока блокирующего магнита, пружина оторвет якорь от ярма(уставка срабатывания). Якорь механически воздействует на механизм управления дифференциальным выключателем. Происходит размыкание его силовых контактов и отключение нагрузки (потребителя) от электрической сети.

Для проверки работоспособного состояния ВД предусмотрена цепь, содержащая кнопку «Тест» при помощи которой имитируется появление дифференциального тока. При нажатии кнопки подключенный к электрической сети ВД срабатывает, и в окошке визуального контроля появляется красный сектор, информирующий об отключенном состоянии механизма управления.

– УЗО типа АС – устройство защитного отключения, реагирующее на переменный синусоидальный дифференциальный ток, возникающий внезапно либо медленно возрастающий.



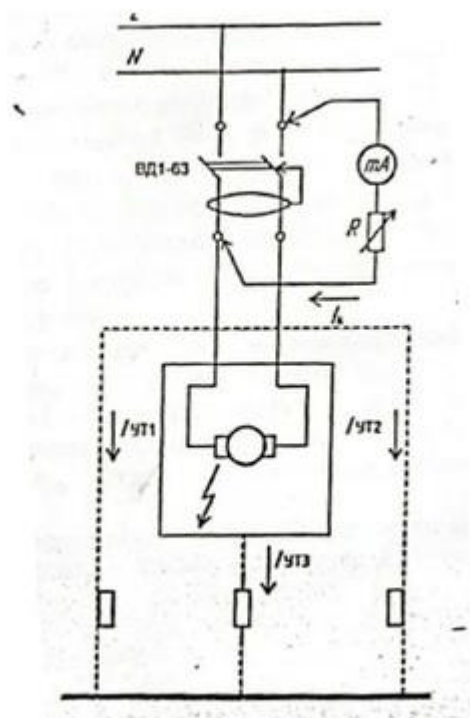


Рисунок 4.1 - Схема электрическая для контроля дифференциального выключателя в составе электроустановки:

$$I_{дт} = I_{ут1} + I_{ут2} + I_{ут3}$$

– УЗО типа А – устройство защитного отключения, реагирующее на переменный синусоидальный дифференциальный ток и пульсирующий постоянный дифференциальный ток, возникающий внезапно либо медленно возрастающий.

– УЗО типа В – устройство защитного отключения, реагирующее на переменный, постоянный и выпрямленный дифференциальный ток.

– УЗО типа S – устройство защитного отключения, селективное (с выдержкой времени отключения).

– УЗО типа G – то же, что и типа S, но с меньшей выдержкой времени.

По условиям функционирования УЗО подразделяются на следующие типы: АС, А, В, S, G.

Приборы типа А рекомендуются для цепей с электроприемниками, имеющими импульсные источники питания (компьютеры, телевизоры и т.д.). Для построения селективных цепей используются УЗО типа S, которые срабатывают с определенной задержкой во времени.

### 4.3 Описание лабораторной работы

- лабораторный модуль «Устройство защитного отключения. Нагрузка» (рисунок 4.2);

– лабораторный модуль «Модуль измерительный»;

- лабораторный модуль «Автотрансформатор»;
- соединительные проводники.
- 

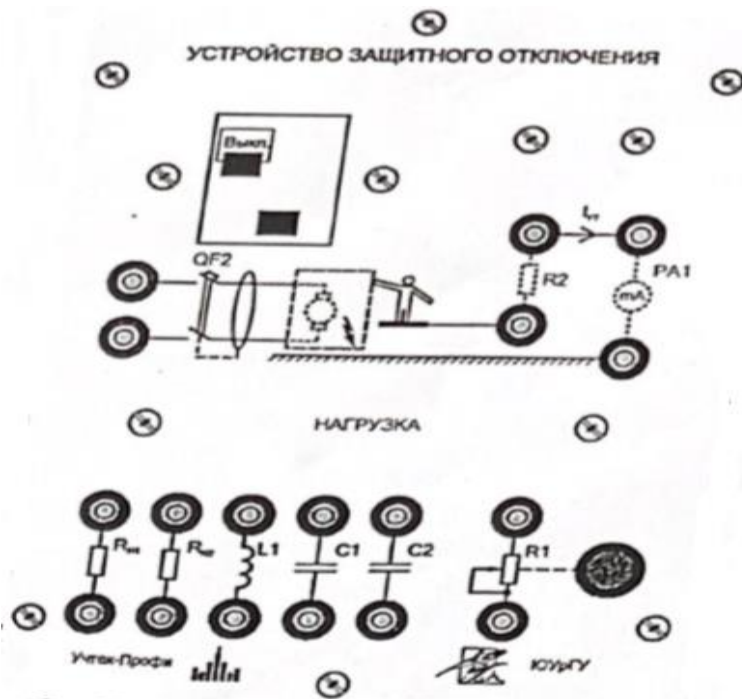


Рисунок 4.2.- Внешний вид лицевой панели лабораторного модуля «Устройство защитного отключения. Нагрузка»

#### 4.4 Порядок выполнения лабораторной работы

1. Изучить теоретический материал необходимый для выполнения лабораторной работы. Ответить на контрольные вопросы и получить у преподавателя допуск к проведению лабораторной работы.

2. Согласно рисунку 4.2 выполнить электрические соединения модулей для изучения УЗО. Монтаж схемы производить при отключенном питании.

РА1 – амперметр модуля «Модуль измерительный» (измеряет среднее значение переменного тока  $I_{cp}$  значение среднеквадратичного переменного тока  $I_{cp.кв}$  рассчитывается по следующей формуле:  $I_{cp.кв}=1,11 I_{cp}$ , TV1-автотрансформатор модуля «Автотрансформатор», QF2-УЗО модуля «Устройство защитного отключения. Нагрузка».  $R_{H2}$ -резистор модуля «Устройство защитного отключения. Нагрузка».

3. После проверки правильности соединений схемы преподавателем или лаборантом, включить автоматический выключатель и выключатель дифференциального тока «Сеть» модуля «Ваттметр». Перевести УЗО модуля «Устройство защитного отключения. Нагрузка» в положение «I». Исключить из собранной схемы резистор  $R_{H2}$ . Установить выходное напряжение автотрансформатора  $U_{TV1}=220V$ .

Убедиться в работоспособности УЗО, нажав на кнопку «Т-Тест», при этом произойдет отключение УЗО (положение «0»).

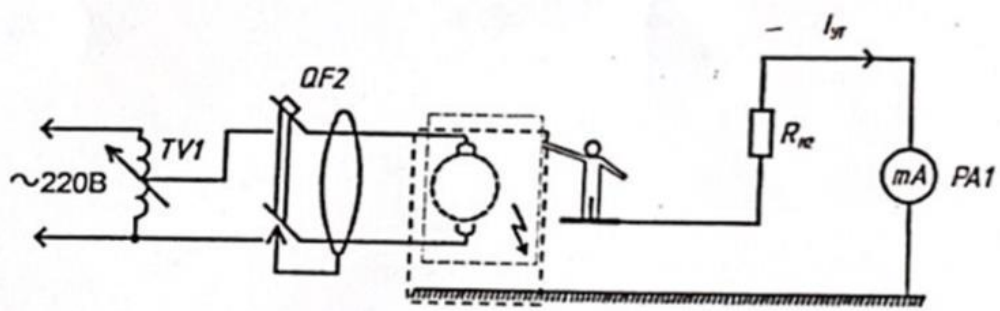


Рисунок 4.3 - Схема электрическая для изучения УЗО

4. Установить выходное напряжение автотрансформатора  $U_{TV1}=0V$ . Подключить к схеме резистор  $R_{H2}$  согласно рисунку 4.3. Перевести УЗО в положение «I». Увеличивать выходное напряжение автотрансформатора  $U_{TV1}$  до момента срабатывания УЗО. Значение тока (PA1), при котором УЗО сработает, является отключающим дифференциальным током  $I_{\Delta}$  данного экземпляра УЗО, которое согласно требованиям должно находиться в  $0,5 \cdot I_{\Delta n} \dots I_{\Delta n}$ , где  $I_{\Delta n}$  - номинальный отключающий дифференциальный ток, указанный на дифференциальном выключателе. Значение тока  $I_{\Delta}$  занести в таблице 4.1.

*В том случае, если значение  $I_{\Delta}$  выходит за границы данного диапазона, УЗО подлежит замене.*

5. Повторить эксперимент согласно пункту 4 несколько раз (по указанию преподавателя), значения  $I_{\Delta}$  заносить в таблицу 4.1.

Таблица 4.1

№ опыта	1	2	...	N
$I_{\Delta}$ , mA				

6. Вычислить среднее значение отключающего дифференциального тока  $I_{\Delta CP}$  по формуле:

$$I_{\Delta CP} = \frac{I_{\Delta 1} + I_{\Delta 2} + I_{\Delta n}}{n}.$$

7. После оформления черновика и проверки результатов преподавателем необходимо разобрать схему, предоставить комплект в полном составе и исправности преподавателю или лаборанту, сделать вывод.

#### 4.5 Содержание отчета

1. Цели лабораторной работы.

2. Теоретические сведения.
3. Описание лабораторного стенда.
4. Порядок выполнения работы.
5. Экспериментальные данные.
6. Выводы о проделанной работе.
7. Список литературы.

#### **4.6 Контрольные вопросы**

1. Укажите область применения дифференциальных выключателей.
2. Опишите принцип работы дифференциальных выключателей.
3. Приведите схему для контроля дифференциального выключателя в составе электроустановки.

### **Лабораторная работа № 5. Изучение, исследование и наладка тепловой защиты электродвигателя**

#### **5.1 Цель работы**

Целью данной работы является изучение тепловой защиты асинхронного электродвигателя переменного тока.

#### **5.2 Теоретическая часть**

Правильный выбор и настройка защиты электродвигателей позволяют продлить ресурс их работы, обеспечить безаварийную работу и повысить их надежность в эксплуатации. Однако применение защиты удорожает электродвигатель, поэтому выбор типа и количества защит определяется не только технической, но и экономической целесообразностью их установки. Предусматриваются следующие виды защиты электродвигателей напряжением до 1000 В:

- защита от многофазных коротких замыканий и от минимального напряжения, а в сетях с глухозаземленной нейтралью – дополнительно от однофазных замыканий для электродвигателей переменного тока;
- защита от коротких замыканий и от недопустимого повышения частоты вращения для электродвигателей постоянного тока;
- защита от перегрузки для всех электродвигателей;
- защита от асинхронного режима для синхронных двигателей.

Для защиты электродвигателей от коротких замыканий должны применяться предохранители или автоматические выключатели.

Защита от перегрузки должна устанавливаться в случаях, когда возможна перегрузка механизма по технологическим причинам, а также при тяжелых условиях пуска и для ограничения длительности пуска при пониженном напряжении. Защита должна выполняться с выдержкой времени

и может быть осуществлена тепловым реле. Защита должна действовать на отключение, или на сигнал, или на разгрузку, если последняя возможна.

Для электродвигателей с повторно — кратковременным режимом работы применение этой защиты не требуется.

Термочувствительные защитные устройства относятся к встраиваемой тепловой защите электродвигателя. Располагаются в специально предусмотренных для этой цели гнездах в лобовых частях электродвигателя (защита от заклинивания ротора) или в обмотках электродвигателя (тепловая защита). Термочувствительные защитные устройства можно разделить на два типа: термисторы — полупроводниковые резисторы, изменяющие свое сопротивление в зависимости от температуры, и термостаты — биметаллические выключатели, срабатывающие при достижении некоторой критической температуры.

Термисторы в основном делятся на два класса: РТС-типа — полупроводниковые резисторы с положительным температурным коэффициентом сопротивления и NTC-типа — полупроводниковые резисторы с отрицательным температурным коэффициентом сопротивления. Для защиты электродвигателей используются в основном РТС-термисторы (позисторы), обладающие свойством резко увеличивать свое сопротивление, когда достигнута некоторая характеристическая температура. Применительно к электродвигателю это максимально допустимая температура нагрева обмоток статора для данного класса изоляции. Три (для двухобмоточных электродвигателей — шесть) РТС-термистора соединены последовательно и подключены к входу электронного блока защиты. Блок настроен таким образом, что при превышении суммарного сопротивления цепочки срабатывает контакт выходного реле, управляющий расцепителем автомата или катушкой магнитного пускателя. Термисторная защита предпочтительней в тех случаях, когда по току невозможно определить с достаточной точностью температуру электродвигателя. Это касается, прежде всего, электродвигателей с продолжительным периодом запуска, частыми операциями включения и отключения (повторно-кратковременным режимом) или электродвигателей с регулируемым числом оборотов (при помощи преобразователей частоты). Термисторная защита эффективна также при сильном загрязнении электродвигателей или выходе из строя системы принудительного охлаждения.

Недостатком данного вида защиты является то, что с датчиками выпускаются далеко не все типы электродвигателей. Это особенно касается электродвигателей отечественного производства. Датчики могут устанавливаться только в условиях стационарных мастерских. Температурная характеристика термистора достаточно инерционна и сильно зависит от температуры окружающей среды и от условий эксплуатации самого электродвигателя. Такой вид защиты требует наличия специального электронного блока: термисторного устройства защиты электродвигателей, теплового или электронного реле перегрузки, в которых находятся блоки

настройки и регулировки, а также выходные электромагнитные реле, служащие для отключения катушки пускателя или электромагнитного расцепителя.

Для более оперативного реагирования на сверхнормативные повышения температуры обмотки статора в корпус электродвигателя встраивают биметаллические выключатели (термостаты).

Термостаты — их иногда еще называют реле температуры — представляют собой биметаллические регуляторы, работающие по принципу температурной отсечки. Принцип работы термостата основан на температурной деформации металла с различным коэффициентом теплового расширения. Состоят из неподвижной контактной пластины, закрепленной в корпусе, биметаллической мембраны, изгибающейся в зависимости от температуры, и подвижной контактной группы, прикрепленной к ней стержнем. Для защиты электродвигателей обычно используются три (по одному на каждую обмотку) нормально замкнутых термостата, включенных последовательно и непосредственно к схеме управления электродвигателем. При превышении критической температуры обмотки они мгновенно разрывают свою цепь, что приводит к отключению электродвигателя.

Большинство из описанных защитных устройств, работающих по принципу измерения прямого или косвенного теплового действия тока, очень плохо реагируют на аварии, связанные с авариями сетевого напряжения. Для защиты от такого вида аварий используют реле напряжения и контроля фаз.

### **5.3 Описание лабораторной работы:**

- асинхронный электродвигатель переменного тока с присоединительной панелью.
- лабораторный модуль «Секундомер. Трансформатор напряжения».
- лабораторный модуль «Модуль измерительный»;
- лабораторный модуль «Автотрансформатор»;
- лабораторный модуль «Ваттметр»;
- соединительные проводники.

### **5.4 Порядок выполнения лабораторной работы**

1. Изучить теоретический материал необходимый для выполнения лабораторной работы. Ответить на контрольные вопросы и получить у преподавателя допуск к проведению лабораторной работы.

2. Согласно рисунку 5.1 выполнить электрические соединения модулей для изучения тепловой защиты асинхронного электродвигателя. Монтаж схемы производить при отключенном питании.

*PA3* — амперметр переменного тока с пределом 5 А модуля «Модуль измерительный» (измеряет среднее значение переменного тока  $I_{cp}$ , значение среднеквадратичного переменного тока  $I_{cp.kв}$  рассчитывается по следующей формуле:  $I_{cp.kв} = 1,11 I_{cp}$ ), *PVI* - вольтметр с пределом 250 В модуля «Модуль

измерительный» (измеряет среднее значение переменного напряжения значение  $U_{\text{ср}}$ , среднеквадратичного переменного напряжения  $U_{\text{ср.кв}}$ , рассчитывается по следующей формуле  $U_{\text{ср.кв}} = 1,11 U_{\text{ср}}$ ), *TV1* – автотрансформатор модуля «Автотрансформатор», *QF1* – автоматический выключатель модуля «Секундомер. Трансформатор напряжения».

3. После проверки правильности соединений схемы преподавателем или лаборантом, включить автоматический выключатель и выключатель дифференциального тока «Сеть» модуля «Ваттметр». Увеличивая выходное напряжение автотрансформатора  $U_{\text{TV1}}$  контролировать ток нагрузки амперметром *РА3* (установить на уровне 1,0; 1,4; 1,8 А) Дождаться срабатывания тепловой защиты. Через 5 минут повторить опыт. Время, за которое сработает автоматический выключатель, измерять секундомером модуля «Секундомер. Трансформатор напряжения». Результаты заносить в табл. 5.1.

Примечание: При изучении подключить электродвигатель без пускового конденсатора.

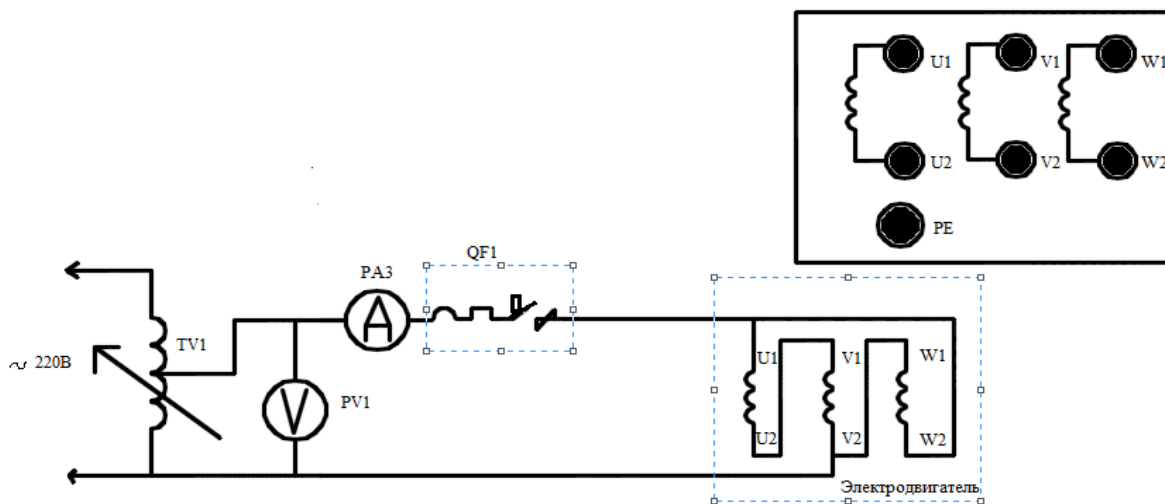


Рисунок 5.1 – Схема электрическая для изучения тепловой защиты электродвигателя.

Таблица 5.1

№ опыта	Ток, А	Время срабатывания защиты, сек.
1		
2		
3		
4		

4. Составить график зависимости времени срабатывания теплового реле от тока нагрузки ( время – токовая характеристика)

5. После оформления отчета и проверки результатов преподавателем необходимо разобрать схему, предоставить комплект в полном составе и исправности преподавателю или лаборанту, сделать вывод.

## 5.5 Содержание отчета

1. Цели лабораторной работы
2. Теоретические сведения
3. Описание лабораторного стенда
4. Порядок выполнения работы
5. Экспериментальные данные
6. Выводы о проделанной работе
7. Список литературы

## 5.6 Контрольные вопросы

1. Укажите основные виды защит электродвигателей.
2. Укажите в каких случаях применяется защита от перегрузки?
3. Опишите принцип работы тепловой защиты, приведите ее недостатки.
4. Приведите основные виды устройств тепловой защиты.

## Список литературы

- 1 Белов Н.В. Библия электрика. – Минск: Харвест, 2011. – 640 с.
- 2 Бредихин А.Н. слесарь-электромонтажник. Справочник. 2-ое издание. – М.: ИП Радио Софт, 2014. – 368 с.
- 3 Дубинский Г.Н., Левин Л.Г. Наладка устройств электроснабжения напряжением свыше 1000 В. Издание 2-ое. – М.: СОЛОН-Пресс, 2014. – 538 с.
- 4 Казанина И.В. Наладка и эксплуатация электрооборудования в системах электроснабжения. Конспект лекций для магистрантов специальности 6М071800 – Электроэнергетика. – Алматы. АУЭС, 2010. – 36 с.
- 5 Киреева Э.А. Полный справочник по электрооборудованию и электротехнике (с примерами расчетов): справочное издание / Киреева Э.А., Шеретнев С.Н. Под. общ.ред. Шеретнева С.Н. – 2 –ое изд. – М.: КНОРУС, 2013. – 864 с.
- 6 Кисаримов Р.А. Справочник электрика. Издание 4-е исправ. и доп. – М.: ИП Радио Софт, 2014. – 514 с.
- 7 Корянин-Черняк С.Л. Справочник домашнего электрика. Издание 7-е. – СПб.: Наука и техника, 2009. – 400 с.
- 8 Красник В.В. 102 способа хищения электроэнергии. – М.: ЭНАС, 2013. –160 с.
- 9 Пестриков В.М. Современный квартирный электрик. Издание 2-е. – СПб.: БХВ –Петербург, 2012. – 448 с.
- 10 Правила устройства электроустановок Республики Казахстан (ПУЭ) – Алматы, 2015. – 588 с.



11 Правила устройства электроустановок. Вопросы и ответы. Учебно-практическое пособие. Издание 2-е издание. – М.: КНОРУС, 2014. – 288 с.

12 Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Альтернативные источники энергии. – М.: ИП Радио Софт, 2015. – 248 с. ил.

13 Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Электроснабжение. Учебное пособие. – М.: ИП Радио Софт, 2015. – 328 с.

14 Сибикин Ю.Д. Пособие к курсовому и дипломному проектированию электроснабжения промышленных, сельскохозяйственных и городских объектов. Учебное пособие. – М.: Форум: ИНФРА – М, 2015. – 384 с.

15 Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок. Издание 3-е стереотипное. – М.: ИП Радио Софт, 2013. – 464 с.

16 Фадеев В.Б. Электрооборудование распределительных устройств до и выше 1000 вольт. Конспект лекций для студентов всех форм обучения специальности 050718 – Электроэнергетика. - Алматы: АУЭС, 2008. – 56 с.

Дмитриченко Виктор Иванович  
Казанина Ирина Владимировна

ПУСКО - НАЛАДОЧНЫЕ РАБОТЫ И ОБСЛУЖИВАНИЕ  
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Методические указания к выполнению лабораторных работ  
для студентов  
образовательной программы 6В07101 –Электроэнергетика

Редактор: Ахметова Э.Т.

Специалист по стандартизации: Данько Е.Т.

Подписано в печать 22.01.2021\_

Тираж 50 экз.

Объем 2,2 уч.-изд.л.

Формат 60x84 1/16

Бумага типографская №1

Заказ \_\_\_\_\_. Цена 1100 тг.

Копировально-множительное бюро  
Некоммерческое акционерное общество  
«Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева»  
050013, Алматы, ул. Байтурсынова, 126.