

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Кафедра строительства,  
энергетики и транспорта**

Методические указания  
к лабораторным работам для студентов

по дисциплине:

**Электроэнергетика**

для направления подготовки (специальности)

**13.03.02**

код направления подготовки

**«Электроэнергетика и электротехника». Профиль – «Электроснабжение»**

наименование направления подготовки

**Для всех форм обучения**

код и наименование специальности, форма обучения

Мурманск  
2021

Составил: Васильева Елена Витальевна, доцент кафедры строительства, электроэнергетики и транспорта Мурманского государственного технического университета

Методические указания к лабораторным работам студентов рассмотрены и одобрены на заседании кафедры СЭиТ 01.07.2021 г., протокол № 05

Методические указания составлены на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», утвержденного приказом Минобрнауки РФ 03.09.2015 № 955, учебного плана в составе ОПОП по направлению подготовки/специальности 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Электроснабжение».

Процесс изучения дисциплины «Электроэнергетика» направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО: ОПК-2. Способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач.

ПК-5. Готовность определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать: способы производства электроэнергии; методы расчета электрических нагрузок;

общие сведения об электрических станциях, подстанциях и ЛЭП; показатели качества электроэнергии и способы его обеспечения; компенсацию реактивной мощности.

Уметь: выполнять выбор основного электрооборудования РУ предприятий и подстанций и обосновывать его; производить расчет электрических нагрузок предприятия; выполнять расчет режимов работы электрических сетей предприятия; выполнять чертежи принципиальных электрических схем объектов профессиональной деятельности.

Владеть: методиками расчета электрических нагрузок предприятия; навыками построения схем и чертежей объектов профессиональной деятельности; анализом результатов, получаемых в результате расчета режимов работы предприятия.

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

|   |    |
|---|----|
| 1 .ВВЕДЕНИЕ                                     | 4  |
| 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ | 5  |
| 3. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ              | 18 |

## Лабораторная работа №1

### Повышение коэффициента мощности промышленных предприятий

**Цель работы:** изучение влияния нагрузок асинхронного двигателя на его коэффициент мощности и коэффициент полезного действия, ознакомление со способами повышения коэффициента мощности.

#### 1. Основные теоретические положения

Большая часть электроприемников электроэнергии в процессе работы потребляют из сети помимо активной мощности реактивную. Основными потребителями реактивной мощности индуктивного характера являются асинхронные двигатели (потребляющие 60 – 65% общего количества реактивной мощности на предприятии), трансформаторы (20 – 25%); воздушные линии электропередач; реакторы и другие установки (около 10%). Активная мощность, передаваемая потребителями, преобразуется в механическую или тепловую, а реактивная расходуется на создание электромагнитных полей. В трехфазной цепи переменного тока соотношения между значениями этих мощностей определяется по формулам:

полная мощность  $S = \sqrt{3} U I = \sqrt{(P^2 + Q^2)}$ , кВА;

активная мощность  $P = \sqrt{3} U I \cos \varphi = S \cos \varphi$ , кВт;

реактивная мощность  $Q = \sqrt{3} U I \sin \varphi = S \sin \varphi$ , квар;

коэффициент мощности  $\cos \varphi = P / S$ ,

где  $U$  – действующее значение линейного напряжения;

$I$  – действующее значение линейного тока.

Различают следующие значения коэффициента мощности:

1) текущее значение, характеризующее угол сдвига фаз тока и напряжения данного приемника электроэнергии в каждый момент времени;

2) средневзвешенное значение коэффициента мощности  $\cos \varphi_{св}$ , являющееся усредненным значением коэффициента мощности за какой – либо промежуток времени:

$$\cos \varphi_{св} = W_a / \sqrt{(W_a^2 + W_p^2)},$$

где  $W_a$  – количество потребляемой приемником за время  $t$  активной энергии, определяемое по показаниям счетчика активной энергии или расчетным путем;

$W_p$  – количество потребляемой приемником за время  $t$  реактивной энергии, определяемое по показаниям счетчика реактивной энергии или расчетным путем.

3) естественный коэффициент мощности, который определяется без учета работы специальных компенсирующих устройств;

4) общий коэффициент мощности, который определяется с учетом компенсирующих устройств.

Естественный и общий коэффициенты мощности характеризуются как текущим, так и средневзвешенными значениями.

Коэффициент мощности определяет, какую часть составляет активная мощность от полной мощности, поэтому желательно иметь как можно большее его. С повышением  $\cos \varphi$  и неизменным значением активной мощности снижается ток в электрической цепи, в результате снижаются потери энергии в линиях электропередач, трансформаторах, появляется возможность увеличения выработки электроэнергии при той же установленной мощности генераторов электростанции.

Вместе с тем повышение коэффициента мощности связано с определенными капитальными и эксплуатационными затратами, поэтому Руководящими указаниями по повышению коэффициента мощности оптимальная его величина установлена в пределах 0,92 – 0,95.

Для максимального использования мощности конденсаторы, как правило, включают на линейное напряжение и соединяют треугольником (см. рисунок 1). Общая мощность конденсаторной батареи при это определяется по формуле:

$$Q = 3 U^2 \omega c, \text{ квар,}$$

где  $c$  – емкость конденсаторов, включенных в каждую сторону треугольника.

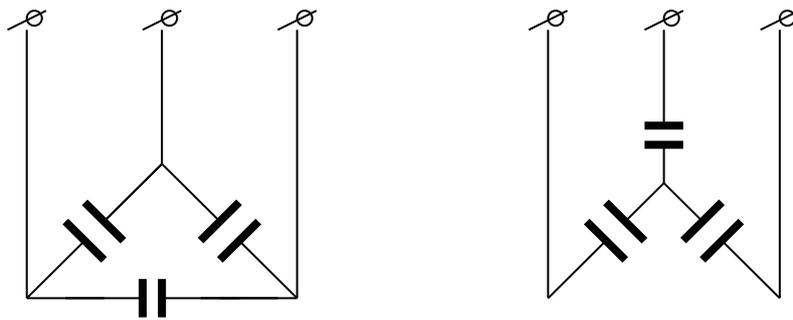


Рисунок 1 – Схемы соединения батарей статических конденсаторов а) треугольником; б) звездой.

Емкость конденсаторов, установленных для выработки одного и того же количества реактивной энергии, обратно пропорциональна квадрату напряжения. По этой причине конденсаторы выгоднее устанавливать на стороне высокого напряжения. С одной стороны, при установке конденсаторов на стороне высокого напряжения понижающие трансформаторы загружаются реактивными токами приемников, в связи с чем приходится повышать их габариты. Кроме того, высоковольтные конденсаторы дороже низковольтных. Место установки компенсирующих конденсаторов, таким образом, должно определяться на основании экономического сравнения вариантов.

## 2. Порядок выполнения работы.

Исследование повышения коэффициента мощности с помощью батареи статических конденсаторов осуществляется на лабораторной установке, собранной по схеме рисунка 2.

Перед началом опытов необходимо записать паспортные данные машин и проборов, имеющихся на установке.

Опыт проводится в следующем порядке:

- собрать схему, выключатели В1 – В5 выключить, разомкнуть автоматический выключатель АВ2 в цепи возбуждения нагрузочного генератора.

- подать на схему напряжение и автоматом АВ1 включить двигатель.

- показания приборов записать в таблицу 1. При этом получают  $\cos \varphi$ , с помощью мероприятий, которые можно разделить на две группы:

1) мероприятия, направленные на уменьшение потребления реактивной мощности приемниками электроэнергии без применения компенсирующих устройств (естественные);

2) искусственные мероприятия, связанные с применением компенсирующих устройств, вырабатывающих реактивную энергию.

К числу первых относятся:

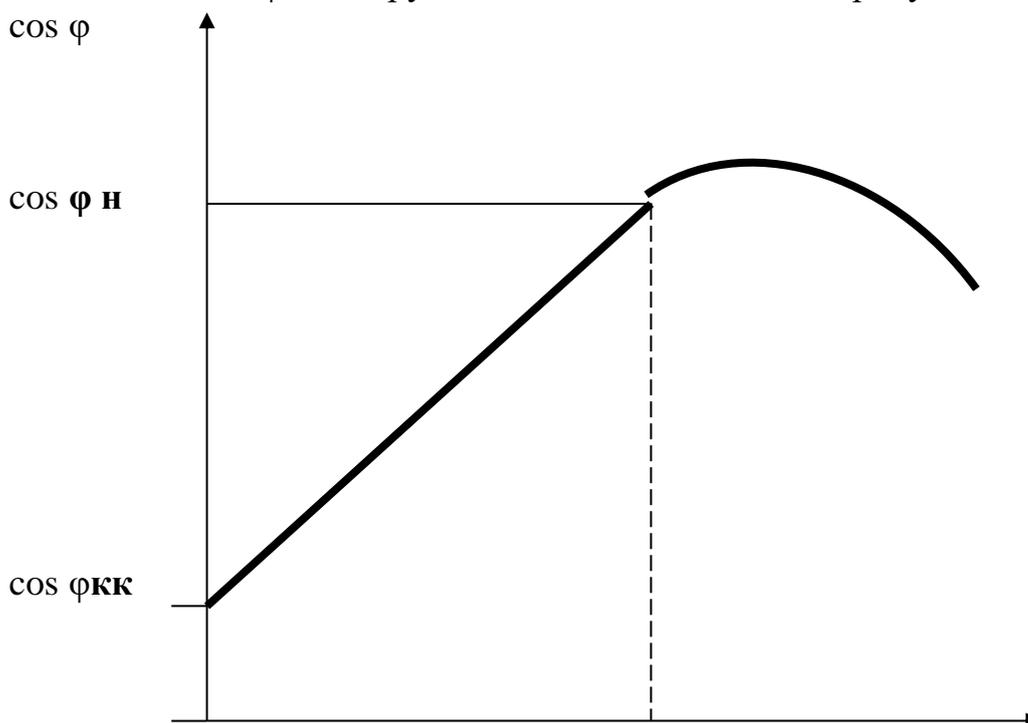
- загрузка асинхронных двигателей (АД) и трансформаторов до номинальной мощности;

- замена АД, загруженных менее чем на 30 % двигателями и трансформаторами меньшей мощности;

- замена АД синхронными двигателями;

- переключение двигателей, загруженным менее чем на 30 – 40 %, с треугольника на звезду.

Зависимость  $\cos \varphi$  от нагрузки двигателя показана на рисунке 3.



## Лабораторная работа № 2

### Изучение плавких предохранителей и автоматических выключателей

#### 1. Плавкие предохранители

**Цель работы:** Изучить назначение и область применения плавких предохранителей; Изучить конструктивное выполнение плавких предохранителей; Уяснить принцип работы предохранителей с фибровыми трубками и мелкозернистым наполнителем, назначение вырезов на пластинчатых плавких вставках и оловянных шариков на проволочных вставках.

Порядок выполнения работы:

- 1) Установить в предохранитель плавкую вставку.
- 2) В соответствии со схемой ( рис.1 ) поставить перемычку между клеммами  $L$  и  $L_1$ , а также перемычку между клеммами  $L_2$  и одной из клемм ( в соответствии табл.1 ) 15, 50, 100, 200 или 300 А.
- 3) Включить автомат А-3124, выключить выключатель В.
- 4) Автоматом  $AB_1$  подать напряжение и автотрансформатором РН установить в цепи ток в соответствии с табл.1. При установке тока учесть, что шкала амперметра соответствует клемме, соединенной перемычкой с  $L_2$ .

**Таблица 1**

|  |     |     |     |     |     |     |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Номинал. Ток пл.вставки                          |     |     |     |     |     | 25А |
| Положение перемычки,А.                           | 100 | 100 | 200 | 200 | 300 |     |
| Ток, устанавливаемый при вкл. Автомате А-3124, А | 65  | 90  | 130 | 180 | 230 |     |
| Ток (ориентировочно) при откл. Автомате А-3124   | 50  | 70  | 105 | 140 | 175 |     |
| Кратность тока $I/I_H$                           | 1,4 | 2   | 3   | 4   | 5   |     |
| Время расплавления вставки,сек.                  |     |     |     |     |     |     |

- 5) Выключить автомат  $AB_1$  и затем А-3125
- 6) Включить выключатель В.
- 7) Включить автомат  $AB_1$  и заметить показания амперметра до расплавления вставки автотрансформатором РН поддерживать первоначальное значение тока.
- 8) После перегорания плавкой вставки снять показания секундомера. Значения тока и времени записать в табл.1
- 9) Пункты 1-8 повторить для всех значений тока, указанных в таблице. Действительные значения токов через предохранитель могут отличаться от ориентировочных, указанных в таблице 1.

10) По полученным значениям токов и времени построить амперсекундную характеристику плавкой вставки.

## 2. Автоматические выключатели.

**Цель работы:** Изучить назначение и область применения автоматов. Изучить конструкцию автомата А-3124.

Порядок выполнения работы:

1) При отключенном автомате АВ<sub>1</sub> и отключенном выключателе В между зажимами Л и одним из зажимов 100, 200 или 300 (в соответствии с таблицей 2.)установить перемычку.

2) Включить автомат АВ<sub>1</sub> и с помощью автотрансформатора установить ток, указанный в графе 2 табл. 2.

3) Отключить автомат АВ<sub>1</sub> и с помощью автотрансформатора установить ток указанный в графе 2 табл.2.

4) Включить автомат АВ<sub>1</sub>, при этом начинает потекать ток через автомат А-3124 с тепловым расцепителем и работает секундомер. Снять показания амперметра и занести их в таблицу (вместо значений указанных ориентировочно). После срабатывания тепловой защиты снять показания секундомера и также занести их в таблицу.

5)Отключить автомат АВ<sub>1</sub> и в течение 5 мин. Охлаждать нагревательные элементы теплового расцепителя.

6) Пункты 1-5 повторить для всех значений токов указанных в табл.2.

7) Построить амперсекундную характеристику теплового расцепителя

Сравнить характеристики плавкой вставки и теплового расцепителя, сделать выводы.

**Таблица 2.**

|  |     |     |     |     |            |
|--|-----|-----|-----|-----|------------|
| Положение перемычки                      | 200 | 300 | 300 | 300 | 300        |
| Значение тока при откл. автомате         | 160 | 180 | 240 | 300 | Макс.напр. |
| Значение тока через тепловой расцепитель | 700 | 88  | 110 | 145 | 245        |
| Кратность тока I/I <sub>н</sub>          |     |     |     |     |            |
| Время срабатывания теплового расцепителя |     |     |     |     |            |

### Вопросы:

- 1) Перечислить конструкции плавких предохранителей.
- 2) Назвать материал трубок трубчатых предохранителей.
- 3) Какую роль играет кварцевое наполнение?
- 4) Какую роль играет фибровая трубка плавкого предохранителя?
- 5) Из чего изготавливают плавкие вставки?
- 6) Какую защиту обеспечивают плавкие предохранители?
- 7) Какую защиту обеспечивают автоматические выключатели?
- 8) Описать конструкцию контактов автоматического выключателя.
- 9) Какие виды защиты предусмотрены в автомате А-3124.

- 10) Пояснить принцип действия механизма свободного расцепителя.  
 11) Как происходит гашение дуги в автомате А-3124?  
 12) Что называется токо-временной характеристикой плавкой вставки теплового расцепителя.

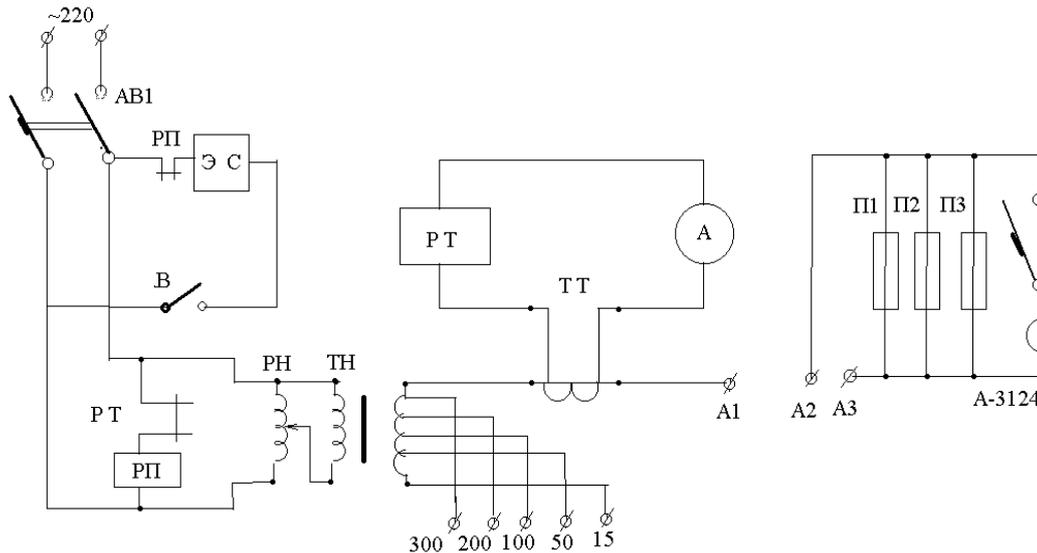


Рис.1. Схема лабораторной установки.

РП – реле промежуточное, ЭС – электросекундомер, РТ – рабочее тело, РН – регулятор напряжения, ТН – трансформатор нагрузочный, ТТ – трансформатор тока, В – выключатель.

### Лабораторная работа 3

#### Испытание промежуточных электромагнитных реле и реле времени

**Цель работы:** Изучить назначение и область применения промежуточных электромагнитных реле и реле времени. Изучить конструкцию и принцип действия реле. Ознакомиться с основными параметрами реле. Определить характеристики промежуточного реле и реле времени.

#### 1. Испытание промежуточных реле переменного тока

##### 1.1 Основные сведения о промежуточных реле

а) размножение числа контактов основного реле, когда при срабатывании последнего требуется одновременно замкнуть или разомкнуть несколько цепей;

б) увеличение отключающей способности контакта основного реле, так как контакты последнего не всегда рассчитаны на замыкание и размыкание цепей отключающих катушек и других элементов электрических цепей.

Промежуточные реле выполняются стоковыми обмотками, с обмотками напряжений и с теми и другими вместе. Работа промежуточных реле основано на электромагнитном принципе. Изготавливаются реле для работы как на

постоянном, так и на переменном оперативных токах. Реле постоянного тока – на стандартные напряжения 24, 48, 110 и 220 В, переменного тока – на 127, 220 и 380 В.

### 1. 2 Определение электрических характеристик промежуточного реле РП-25

Схема для проверки напряжения срабатывания и напряжения возврата промежуточного реле приведена рис.2.

Определение напряжения срабатывания производится в следующей последовательности. При помощи автотрансформатора на катушке реле плавно повышается напряжение, до тех пор, пока не притянется якорь реле, при этом загорится сигнальная лампа.

Затем при том же положении автотрансформатора отключается автомат АВ<sub>1</sub> и снова включается, т.е. напряжение включается толчком. Для определения напряжения срабатывания напряжения на катушку толчком подается не менее трех раз. При этом каждый раз реле должно четко срабатывать. Если реле работает не четко, то с помощью автотрансформатора повышают напряжение на 5-10 В и снова повторяют подачу напряжения толчком. Минимальное напряжение, при котором реле четко срабатывает, называется напряжением срабатывания.

Для определения напряжения возврата на катушке реле устанавливается номинальное напряжение. Затем при помощи автотрансформатора напряжение плавно снижается до отпадения якоря. Максимальное напряжение, при котором якорь реле отпадает, называется напряжением возврата реле. Данные испытаний заносятся в таблицу 3.

Определение времени срабатывания промежуточного реле РП-25 производится по схеме рис.3. При определении времени срабатывания включается автоматический выключатель АВ, и при помощи автотрансформатора устанавливается на катушке реле номинальное напряжение. Оставляя автотрансформатор в положении, соответствующем 220В, отключают АВ. Затем заводится секундомер и при помощи АВ толчком подается напряжение на катушку. Схема предусматривает с одновременной подачей напряжения на катушку реле запуск секундомера, останавливающегося при срабатывании реле.

### 1.3. Протокол испытания

Таблица 3

|       | $V_{cp}$ | $V_{возв.}$ | $K_{воз} = V_{возв}/V_{cp}$ | $t_{cp}$ |
|-------|----------|-------------|-----------------------------|----------|
| РП-25 |          |             |                             |          |

## 2. Испытание электромагнитных реле времени

### 2.1. Основные сведения о реле времени

В схемах релейной защиты и автоматики для создания выдержек времени применяются реле времени различных типов. Наиболее распространенными являются реле времени типов ЭВ-100, ЭВ-200 и РВ-73, РВ-75. Реле времени различают по роду тока ЭВ-100 и РВ-73, которые работают на постоянном токе, реле ЭВ-200 и РВ-75, работающие на переменном токе; по количеству контактов,

по пределам регулировок времени, по термической устойчивости. Реле ЭВ (рис.4) состоит из электромагнитного привода часового механизма и контактной системы.

### 2.2. Принцип действия реле ЭВ

Схема устройства реле времени ЭВ приведена на рис.4. Запуск реле времени производится подачей напряжения на обмотку катушки 1. При этом оттягивается цилиндрический якорь 3, сжимается возвратная пружина 4, освобождается палец 5. Под действием пружины 4 приводится в действие часовой механизм. Подвижный контакт 6 приходит в движение. По истечении заданного времени замыкаются неподвижные контакты 7. При втягивании якоря переключает контакты мгновенного действия 8, 9. Возврат реле происходит мгновенно под действием возвратной пружины.

### 2.3. Проверка времени срабатывания реле

Проверка времени срабатывания производится по схеме рис.5. Измерение времени срабатывания на каждой установке следует производить не менее трех раз и брать за время действия реле среднее значение результатов измерений. Определение времени срабатывания реле производится в следующем порядке.

При помощи автотрансформатора устанавливают на катушке реле напряжение, равное номинальному. При данном положении автотрансформатора отключают АВ и заводят секундомер. Включают АВ, и секундомер начинает работать до момента замыкания контактов времени. Для часового механизма допускается разброс  $\pm 0,2$  сек.

Данные испытаний заносятся в табл.4.

Таблица 4

|               |   |  |  |  |  |  |  |  |
|---------------|---|--|--|--|--|--|--|--|
| $t_{уст,сек}$ |   |  |  |  |  |  |  |  |
| $t_{изм,сек}$ | t |  |  |  |  |  |  |  |
|               | t |  |  |  |  |  |  |  |
|               | t |  |  |  |  |  |  |  |
| $t_{ср,сек}$  |   |  |  |  |  |  |  |  |

### Контрольные вопросы

1. Перечислить основные элементы конструкции промежуточных электромагнитных реле и реле времени.

2. Охарактеризовать назначение и область применения промежуточных реле и реле времени.

3. Перечислить типы реле времени.

4. Назвать основные характеристики реле.

5. Как определить параметр срабатывания и возврата реле.

6. Как определить время срабатывания реле

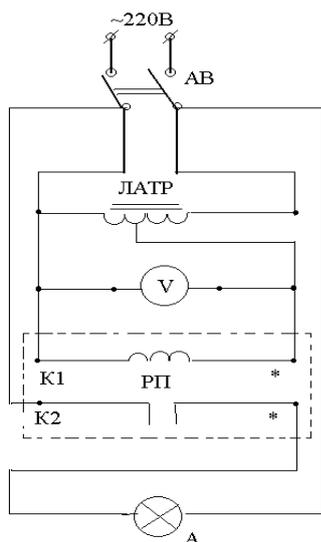


Рис.2

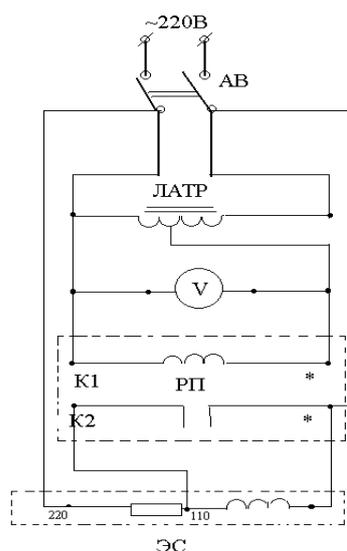


Рис.3

## Лабораторная работа №4

### Высоковольтные распределительные устройства типа РВД-6

**Цель работы:** Изучение принципиальной схемы и конструкции высоковольтного распределительного устройства типа РВД-6.

**Назначение:** Ячейки типа РВД-6 предназначены для составления на них комплексных распределительных устройств КРУ и для использования их в виде одиночных распределительных пунктов в подземных подстанциях угольных и рудных шахт, опасных по газу и пыли.

При помощи ячеек РВД-6 осуществляется:

1. Распределение электроэнергии переменного тока с частотой 50 Гц, напряжением 6кВ, по подземным кабельным сетям.
2. Оперативные включения и выключения фидеров, трансформаторов и электродвигателей при помощи вынесенного поста управления (дистанционное управление). Для оперативного местного отключения предусмотрена кнопка 'СТОП'.
3. Автоматическое отключение при токе, равном или превышающем ток уставки максимального реле, и при снижении напряжения ниже допустимого.
4. Защита от включения на сеть, имеющую сопротивление изоляции силовых фаз относительно земли, равное или выше 100 кОм.
5. Отсоединение участка сети, группы или одиночных аппаратов и токоприемников для производства осмотра и ремонтов.
6. Измерение напряжения, тока и расхода энергии в сетях выше 1000 В.

Ячейки рассчитаны на постоянную работу при температуре до 35 °С и относительной влажности не более 97%.

Конструктивное исполнение: Ячейка РВД-6 представляет собой комплекс аппаратов и приборов, объединенных и общий аппарат по взрывобезопасном исполнении. Токоведущие части заключены во взрывобезопасные оболочки, или помещены в баки и камеры, заполняемые маслом или заливочной массой.

Ячейки выполняются в двух вариантах и имеют четыре модификации:

1. Фидерная с одной кабельной муфтой и одной крышкой.
2. Фидерная с двумя кабельными муфтами.
3. Фидерная с одной соединительной муфтой и одной крышкой.
4. Вводная с одной кабельной муфтой и одной крышкой.

Фидерные ячейки снабжены устройством частичного автоматического шунтирования максимально-токовой защиты и амперметра на время запуска мощных двигателей с короткозамкнутым ротором

Ячейка состоит из неподвижной и выдвижной части.

Каждая ячейка снабжена блокировками:

1. Нельзя вкатить (подключить к сети) и выкатить (отключить от сети) выдвижную часть при включенном масляном выключателе.
2. Нельзя выключить масляный выключатель в промежутке между крайними положениями выдвижной части.
3. Нельзя вкатить (подключить к сети) выдвижную часть при опущенном баке масляного выключателя.
4. Нельзя опустить бак выключателя во всех положениях выдвижной части, кроме полностью выдвинутого.
5. Нельзя включить ячейку при пониженном сопротивлении изоляции относительно земли в отходящем кабеле.
6. Нельзя выкатить выдвижную часть в один прием, она выкатывается только в два приема с остановкой между ними, т.е. с остановкой после разрыва токовой цепи штепсельных разъединителей.
7. Крышку привода можно открывать только при полностью выдвинутом положении выдвижной части.

Технические данные:

1. Номинальное напряжение – 6000 В.
2. Номинальный ток – исполнения 20, 30, 40, 60, 100, 150, 200, 300 А.
3. Отключаемая мощность – 50 мВА.
4. Типы защиты – максимально-токовая, от минимального напряжения, от пусковых токов.
5. Привод выключателя – моторно-пружинный.
6. Управление – дистанционное.
7. Питание привода – встроенный трансформатор напряжением НОСК-6.
8. Устройство для зарядки отключающих батарей конденсаторов, выпрямитель германиевый (Д-7Ж).
9. Выключатель – ВМБ-10

Устройство для частичного шунтирования максимально-токовой защиты и амперметра выполнено так, что защита может срабатывать лишь при токах в 7,5 раз превышающих номинальный ток ячейки.

Схема РВД-6 приведена на рис1. Токоведущие части силовой цепи состоят из сквозных шин, контактов ВМ и штепсельного разъединителя РШ. Цепи измерения и защиты питаются от трансформаторов ток ТТ и трансформаторов напряжения ТН с коэффициентом трансформации 6000/100 В.

Максимально-токовая защита мгновенного действия осуществляется двумя реле 1 РМ и 2 РМ. Отстройка защиты от пусковых токов производится путем шунтирования максимальных реле и амперметра сопротивлениями (в РВД-6-В шунтировка отсутствует).

Нулевая защита осуществляется реле максимального напряжения РН, цепь которого включена на зажимы выпрямителя В1, питающего также батарею отключающих конденсаторов БКО.

Одновременно РН осуществляет защиту трансформаторов промежуточного РП и выпрямителя В1 и отключает ячейку при любом их повреждении. Реле РН своими контактами РН замыкает цепь соленоида отключения СО на батарею БКО.

Контроль состояния изоляции отходящего кабеля по отношению к земле при отключенной ячейке осуществляется чувствительным реле РБ, питающимся от цепи РП через выпрямитель В2.

Если сопротивление изоляции снизится до 100 кОм и ниже, то РБ срабатывает и своими контактами РБ1 обеспечит зажигание сигнальной лампы ЛН, а РБ2 в цепи промежуточного реле 2РП размыкается, в результате чего включить ячейку нельзя до тех пор, пока не будет устранено повреждение изоляции. Проверка исправности реле РБ выполняется кнопкой КПрБ.

Измерение энергии может осуществляться двумя счетчиками, которые можно подсоединять к ячейке. Измерение тока и напряжения производится амперметром и вольтметром.

Управление ВМБ осуществляется моторно-пружинным приводом. Заряд батарей конденсаторов производится от выпрямителя В1 через токоограничивающее сопротивление R8.

Электродвигатель Д подключается на напряжение 127 В контактами 1РП2 реле промежуточного 1РП (нажимаем кнопку дистанционного включения КДВ, контакт реле РУ2 замыкает цепь катушки РН, контакт РН2 обеспечивают цепь питания катушки 1РП).

Выдержка времени при шунтировании реле РН осуществляется реле времени РВ.

Включить ячейку нельзя, если:

Повреждение цепи заряда БКО, при этом контакт РН2 остается разомкнутым и нельзя подать напряжение на 1РП.

1. Отходящий кабель замыкается на землю: при этом контакт реле утечки РБ<sub>2</sub> разомкнут.

2. Одновременно нажать на кнопку КДВ и КДО.

Соленоид отключающий может быть включен непосредственно контактами РН<sub>1</sub> реле напряжение и последнее может срабатывать, если:

1. Исчезло или упало напряжение ниже 60% от номинального;
2. Сработало одно из максимальных реле РМ;
3. Разомкнулся контакт РУ<sub>2</sub> реле управление после нажатия на КДО;
4. Нажать на кнопку местного отключения КМО.

#### Работа схем и сигнализации

1. При подаче напряжения на шины ячейки обтекаются током обмотки реле РВ, 2РП и РУ. В цепи обмотки РУ включено сопротивление  $R_3$  подобранное таким образом, что проходящий через него ток меньше тока срабатывания РУ. Контакты реле РВ и 2РП в цепи реле 1РП замыкаются, подготавливая цепь включения катушки 1РП.

#### **А. Включение ячейки**

При нажатии КДВ шунтируется сопротивление  $R_3$  и ток становится достаточным для срабатывания РУ. Ток при отсутствии КДВ остается достаточным, чтобы якорь РУ был в промежуточном состоянии, контакты РУ<sub>2</sub> замыкают цепь катушки РН, которая, сработав, замыкает цепь питания 1РП.

Контакты 1РП замыкают цепь питания двигателей (1РП<sub>2</sub>), неоновой лампочки ЛН (1РП<sub>5</sub>), шунтируют обмотки РМ и амперметр сопротивлениями  $R_{ш}$  (1РП<sub>3</sub> и 1РП<sub>4</sub>).

Одновременно размыкаются контакты 1РП<sub>6</sub> в цепи катушки РВ.

Конденсатор С1 разряжается через  $R_6$  и катушку РВ, осуществляя выдержку времени. Выдержка составляет 6-10 сек. В случае, если во время шунтирования РМ произойдет короткое замыкание, защита срабатывает, т.к.  $R_{ш}$  рассчитаны только на 7,5 –кратный номинальный ток ячейки.

По окончании шунтировки, т.е. после опускания РВ<sub>1</sub>, разомкнется цепь (РВ<sub>1</sub>) катушки 1РП. При этом:

- а) погаснет лампа ЛН (1РП<sub>5</sub>);
- б) расшунтируются 1РМ и 2РМ (1РП, 1РП<sub>4</sub>);
- в) разомкнутся контакты 1РП<sub>6</sub> и сработает РВ, замкнув свои контакты РВ<sub>1</sub> в цепи катушки 1РП.

Таким образом, схема становится подготовленной к следующему включению.

За время разряда конденсатора С1 (выдержка времени РВ) двигатель успевает вывести привод и включить ВМБ. При этом срабатывают контакты КСА, механически связанные с приводом масляного выключателя.

После включения ВМБ замкнется контакт КСА, подготовив соленоид СО к отключению ВМБ, разомкнув КСА<sub>2</sub> и КСА<sub>5</sub> и отключат двигатель и катушку 2РП, разомкнется КСА<sub>6</sub> и зажжется сигнальная лампа ЛН поста управления, примут соответствующее положение КСА<sub>3</sub> и КСА<sub>4</sub> в схемах автоматики.

### **Б. Отключение ячейки**

1. Оперативное отключение ячейки производится нажатием кнопки КДО. При этом РУ обесточивается, размыкается РУ2, обесточивается РН и замыкается РП1 в цепи соленоида СО. Соленоид получает питание от батареи конденсаторов и отключает ВМБ.

2. Отключение защитой:

а) при падении напряжения ниже 60% от номинального отпадает реле РН и замыкается контакт РП1 в цепи отключающего соленоида;

б) при срабатывании любого РМ замыкаются контакты РМ и шунтируют катушку РН, замыкается контакт РН1 соленоид отключения отключает ВМБ.

### **В. Состояние схемы при обрыве или коротком замыкании в кабеле управления**

1. При обрыве любой из жил кабеля управления произойдет медленное отключение ячейки, т.к. обрыв равносильен нажатию на кнопку КДО (жилы 1 и 2).

2. При коротком замыкании между жилами произойдет также немедленное отключение, т.к. РУ будет обтекаться переменными токами и якорь РУ отпадает.

### **Г. Состояние схемы при самовыпадении привода.**

1. При регулировке механизма свободного расцепления моторно-пружинного привода может произойти самовыпадение его в период включения ячейки. При этом повторное включение во время шунтировки не произойдет, т.к. реле 2РП будет находиться в отключенном положении, а его Н.О. контакты 2РП1 и 2РП2 будут находиться в цепи двигателя.

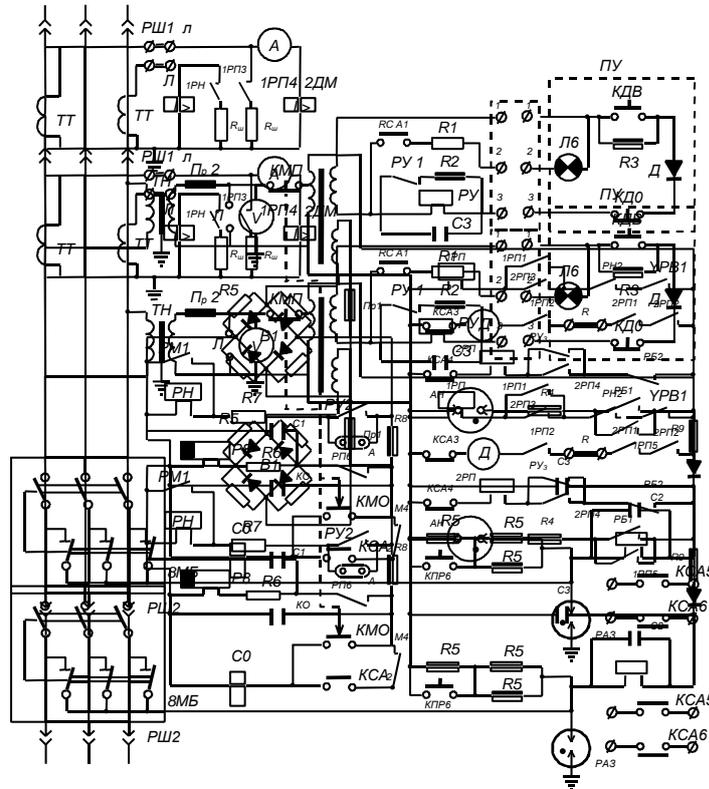
#### *Д. Местное управление*

При ручном управлении необходимо перемычку А в цепи двигателя поставить в цепь реле РН. Снятие перемычки производят при обесточенном ТП (после нажатии кнопки КМО). Включение производят с помощью рукоятки.

### **Контрольные вопросы**

1. Назначение реле РБ.
2. Какие механические и какие электрические блокировки в ячейке РВД-6?
3. Описать работу схемы управления при включении ячейки.
- 4.

5. Что означает горение лампочки ЛН?
6. Как производится отключение масляного выключателя?



7. Что означает горение лампочки ЛН?
8. Как производится отключение масляного выключателя?

Рисунок 1 – Принципиальная однолинейная схема РУ типа РВД-6

## Литература

1. Быстрицкий Г.Ф. Основы энергетики. – М.: КноРус, 2013.-278 с. ил.
2. Герасименко А.А. Передача и распределение электрической энергии. – М.:КноРус,2015.-724 с. ил.
3. Кудрин Б.И. Электроснабжение. – М.: Академия, 2013.-672 с. ил.
4. Кудрин Б.И. Электроснабжение. – М.: Академия, 2013.-672 с. ил.
5. Шаров Ю.В. Электроэнергетика. – М.: Инфра-М, 2015.-384 с. ил.
6. Кудинов А.А. Тепловые электрические станции. Схемы и оборудование: Учебное пособие. – М.:Инфра-М, 2015. – 376 с. ил.
7. Грунтович Н.В. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования. – М.:Инфра-М, 2013. – 271 с. ил.
8. Анчарова Т.В. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений: Учебник. – М.:Инфра-М, 2015. – 416 с. ил.
9. Сибикин Ю.Д. Технология энергоснабжения: Учебник – 3-е изд., перераб. и доп. – М.:Форум, 2015. – 352 с. ил.
10. Сибикин Ю.Д. Электрические подстанции. – М.:РадиоСофт, 2014. – 141 с. ил.
11. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии/ под ред. В.В. Денисова. – М.:Феникс, 2015. – 382 с. ил.
12. Шабад В.К. Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах. – М.:Академия, 2013. – 193 с. ил.
13. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. – М.:КноРус, 2015. – 240 с. ил.
14. Важов В.Ф. Техника высоких напряжений: Учебник. – М.:Инфра-М, 2015. – 264 с. ил.
15. Ушаков В.Я. Электроэнергетические системы и сети. – М.:Юрайт, 2015. – 446 с. ил.
16. Климова Г.Н. Электроэнергетические системы и сети. Энергосбережение. 2-е изд. – М.:Юрайт, 2014. – 179 с. ил.
17. Бачаров Ю.Н. Техника высоких напряжений. –М.:Юрайт, 2016. – 264 с. ил.
18. Хрущев Ю.В. Электроэнергетические системы и сети. Электрические переходные процессы. – М.:Юрайт, 2014. – 153 с. ил.
19. Исмагилов Ф.Р. Основные вопросы проектирования воздушных линий электропередач: Учебное пособие. – М.:Машиностроение, 2015. – 211 с. ил.
20. Фролов Ю.М., Шелякин В.П. Основы электроснабжения. – СПб.:Лань, 2013. – 432 с. ил.
21. Почаевец В.С. Электрические подстанции: Учебник. – М.:Маршрут, 2012. – 492 с. ил.