

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
ДЕПАРТАМЕНТ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ И  
ОБРАЗОВАНИЯ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ А.А. ЕЖЕВСКОГО»**

**А.В. Рудых**

**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ АППАРАТЫ**

Учебно-методические указания для самостоятельной работы  
студентов 3 курса энергетического факультета

Направления подготовки 35.03.06 - «Агроинженерия»

Профиль – «Электрооборудование и электротехнологии в АПК»

Уровень подготовки – бакалавр

Молодежный 2020

УДК 621.31:631.(075.8)

Учебно-методические указания для самостоятельной работы студентов по дисциплине «Электрические и электронные аппараты». Рекомендовано к изданию методической комиссией энергетического факультета Иркутского ГАУ им. А.А. Ежевского.

Рецензенты: Кузнецов Б.Ф., д.т.н., профессор

Составитель **Рудых А.В.**

Электрические и электронные аппараты: Учебно-методические указания для самостоятельной работы студентов. – Иркутск.: ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ им. А.А. Ежевского, 2021. – 26 с. Предназначено для самостоятельной работы студентов энергетического факультета, направление подготовки 35.03.06 «Агроинженерия», профиль – «Электрооборудование и электротехнологии в АПК», уровень подготовки – бакалавр, по дисциплине «Электрические и электронные аппараты».

Рекомендовано к изданию методической комиссией энергетического факультета Иркутского ГАУ им. А.А. Ежевского, протокол №6 от 16 февраля 2021г.

© А.В. Рудых

© Иркутский ГАУ им. А.А. Ежевского, 2021

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|  |    |
|--|----|
| <b>1. ВИДЫ И ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ</b>          | 4  |
| <b>2. КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ</b>                    | 6  |
| <b>3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ</b>                                 | 7  |
| <b>4. ПРЕДОХРАНИТЕЛИ И АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ</b>              | 8  |
| <b>5. КОММУТАЦИОННЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ НИЗКОГО НАПРЯЖЕНИЯ</b> | 17 |
| <b>6. КОМАНДОКОНТРОЛЛЕРЫ</b>                                       | 24 |
| <b>7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ</b>                                      | 25 |
| <b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</b>   | 27 |

# 1. ВИДЫ И ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ АППАРАТОВ

Электрический аппарат (ЭА) – это электрическое устройство управления потоками энергии и информации, режимами работы, контроля и защиты технических систем и их компонентов. ЭА осуществляют: – включение и отключение электрических цепей объектов, принимающих участие в получении, преобразовании, передаче и распределении электрической энергии; – контроль и измерение параметров указанных объектов; – защиту объектов от несанкционированных режимов работы; – управление технологическими процессами; – регулирование (поддержание на неизменном уровне или изменение по определенному закону) параметров принимающих участие в получении, преобразовании, передаче и распределении электрической энергии; – преобразование неэлектрических величин в электрические величины; – создание магнитного поля с определенным параметром и направлением в заданном объеме.

Независимо от назначения, области применения, принципа действия, конструктивного исполнения все электрические аппараты разделяются на две большие группы:

1. Электромеханические (контактные).
2. Статические (бесконтактные, силовые электронные).

Основным признаком электромеханических аппаратов является контактная система с различными типами приводов, осуществляющая коммутацию электрической цепи. Приводы могут быть ручным, механическим, электромагнитным. Процессы, протекающие в электромеханических ЭА, определяются различными многообразными физическими явлениями, которые изучаются в электродинамике, механике, термодинамике и других фундаментальных науках. Характерные преимущества электромеханических аппаратов: – более низкое значение

сопротивления включенных электрических контактов по сравнению с сопротивлением большинства проводящих полупроводниковых ключей; 9 – практически идеальная гальваническая развязка между цепями управления и силовой частью, а также между разомкнутыми силовыми цепями; – работоспособность при более высоких значениях температуры и радиации окружающей среды. Благодаря этим преимуществам во многих областях техники предпочтительно использовать электромеханические ЭА коммутации по сравнению со статическими аппаратами. Наличие подвижных механических частей, явление искрообразования и дугообразования при коммутации, ограниченное быстродействие и другие негативные факторы, присущие этой группе ЭА, инициировали работы по созданию статических ЭА. Первыми были дроссели насыщения, магнитные усилители, регуляторы, статические реле. Освоение промышленностью мощных биполярных, а затем полевых транзисторов и тиристоров обусловило, начиная с 60-х годов 20 века, создание различных типов быстродействующих статических ЭА. Статические ЭА выполняются на основании полупроводниковых приборов или в сочетании последних с управляемыми магнитными усилителями или магнитным ключом. Принцип действия большинства статических электронных аппаратов основан на изменении проводимости входящих в них управляемых нелинейных элементов. При этом диапазон изменения проводимости может быть очень широким. Широкий диапазон изменения магнитной проводимости, имеют также и магнитные ключи. Изменение проводимости статических ЭА, в свою очередь, дает возможность управлять потоками электрической энергии. Проводимость может изменяться непрерывно или дискретно. Дискретное (или импульсивное) управление является более предпочтительным, так как позволяет реализовывать более высокие технико-экономические характеристики ЭА, в частности, получить существенно лучшее значение КПД. Поэтому в современных статических ЭА исполнительные органы работают в ключевом режиме.

## 2. КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Для коммутационных аппаратов общим стандартом является ГОСТ 17703-72 «Аппараты электрические коммутационные. Основные понятия» [2]. Для других групп аппаратов обобщающих стандартов нет, имеются частные стандарты, а также отраслевой каталог («Электротехника СССР: Отраслевой каталог» 1986).

Классификация ЭА может быть проведена по ряду признаков: – назначению (основной выполняемой функции), – области применения, – принципу действия, – роду тока, исполнению защиты от воздействия окружающей среды, – конструктивным особенностям и др.

Основной является классификация по назначению, которая предусматривает разделение ЭА на следующие группы:

1. Коммутационные аппараты распределительных устройств, служащие для включения и отключения электрических цепей. Согласно ГОСТ 17703-72, к ним относятся рубильники, пакетные выключатели, выключатель нагрузки, выключатели, выключатели нагрузки, разъединители, отделители, короткозамыкатели, автоматические выключатели и предохранители. Для аппаратов этой группы характера сравнительно редкое их включение-отключение.

2. Токоограничивающие аппараты, предназначенные для ограничения токов короткого замыкания (реакторы) и перенапряжения (разрядники). Режим короткого замыкания и перенапряжения являются аварийными, и эти аппараты редко подвергаются наибольшим нагрузкам.

3. Пускорегулирующие аппараты предназначены для пуска, регулирования частоты вращения и тока электрических машин. К этой группе относятся контроллеры, командоконтроллеры, контакторы, пускатели, резисторы и реостаты. Для аппаратов этой группы характерно частые включения и отключения, их число достигает 3600 в час и более.

4. Аппараты для контроля заданных электрических и неэлектрических параметров. К этой группе относятся реле и датчики. Для реле характерно плавное изменение входной (контролируемой) величины, вызывающее скачкообразное изменение выходного сигнала. Входной сигнал обычно воздействует на схему автоматически. В датчиках непрерывное изменение входного сигнала преобразуется в изменение какой-либо электрической величины, являющейся выходной. Это изменение может быть как плавным (измерительные датчики), так и скачкообразным (реле-датчики). С помощью датчиков могут контролироваться как электрические, так и неэлектрические величины.

5. Аппараты для измерений. С помощью этих аппаратов цепи первичной коммутации (главного тока) изолируются от цепей измерительных и защитных приборов, а измеряемая величина приобретает стандартные значения, удобные для измерения. К ним относятся трансформаторы тока, напряжения, емкостные делители напряжения.

### **3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ**

Предназначены для регулирования заданного параметра по определенному закону его изменения. В частности, такие аппараты служат для поддержки на неизменном уровне напряжения, тока, температуры, частоты вращения и других величин. Разделение аппаратов по области применения более условно. Аппараты для электрических систем и электроснабжения объединяют в группу аппаратов – распределительных устройств (РУ) низкого напряжения и высокого напряжения. Аппараты, применяющиеся в схемах автоматического управления электроприводами и для автоматизации производственных процессов, удобно объединить в группу аппаратов управления.

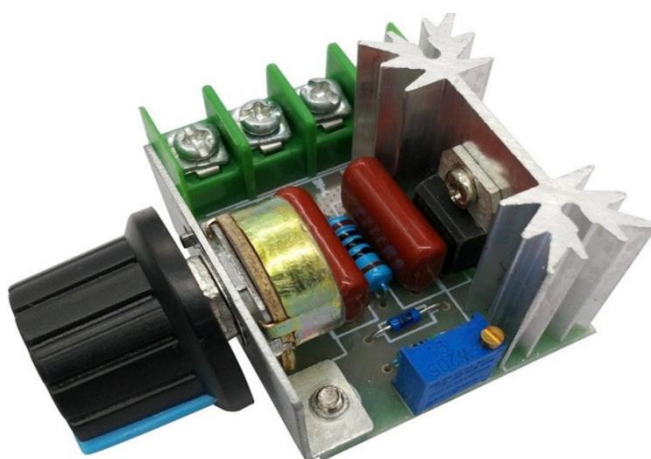


Рисунок 1 – Регулятор напряжения

Одни и те же аппараты могут быть отнесены как к группе РУ, так и к группе аппаратов управления, например, рубильники, пакетные выключатели, контакторы, трансформаторы тока и др. В пределах одной группы или типа аппараты различаются: по номинальному напряжению – аппараты низкого напряжения (с номинальным напряжением до 1000 В) и высокого напряжения (с номинальным напряжением свыше 1000 В); по роду тока – постоянного тока, переменного тока промышленной частоты, переменного тока повышенной частоты; по роду защиты от окружающей среды – в открытом, защищенном, брызгозащищенном, воздухозащищенном, герметичном, взрывобезопасном исполнении и т.д.; по способу действия – электромагнитные, магнитоэлектрические, индуктивные, тепловые и т.д.; по ряду других факторов (быстродействие, способы гашения дуги и т.п.).

#### **4. ПРЕДОХРАНИТЕЛИ И АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ**

**Плавкие предохранители** — это электрические аппараты, защищающие установки от перегрузок и токов короткого замыкания.



Основными элементами предохранителя являются плавкая вставка, включаемая в рассечку защищаемой цепи, и дугогасительное устройство, гасящее дугу, возникающую после плавления вставки.

### **Основные требования, предъявляемые к плавким предохранителям**

К предохранителям предъявляются следующие требования:

1. Времятоковая характеристика предохранителя должна проходить ниже, но возможно ближе к времятоковой характеристике защищаемого объекта.

2. При коротком замыкании предохранители должны работать селективно.

3. Время срабатывания предохранителя при коротком замыкании должно быть минимально возможным, особенно при защите полупроводниковых приборов. Предохранители должны работать с токоограничением.

4. Характеристики предохранителя должны быть стабильными. Разброс параметров из-за производственных отклонений не должен нарушать защитные свойства предохранителя.

5. В связи с возросшей мощностью установок предохранители должны иметь высокую отключающую способность.

6. Замена сгоревшего предохранителя или плавкой вставки не должна требовать много времени.

### **Плавкие предохранители с гашением дуги в закрытом объеме ПР-2 Устройство предохранителей ПР-2**

Предохранители ПР-2 на токи от 15 до 60 А имеют упрощенную конструкцию. Плавкая вставка 1 прижимается к латунной обойме 4 колпачком 5, который является выходным контактом. Плавкая вставка 1 штампуется из цинка, являющегося легкоплавким и стойким к коррозии материалом. Указанная форма вставки позволяет получить благоприятную

времятоковую (защитную) характеристику. В предохранителях на токи более 60 А плавкая вставка 1 присоединяется к контактным ножам 2 с помощью болтов.

Вставка предохранителя ПР-2 располагается в герметичном трубчатом патроне, который состоит из фибрового цилиндра 3, латунной обоймы 4 и латунного колпачка 5.

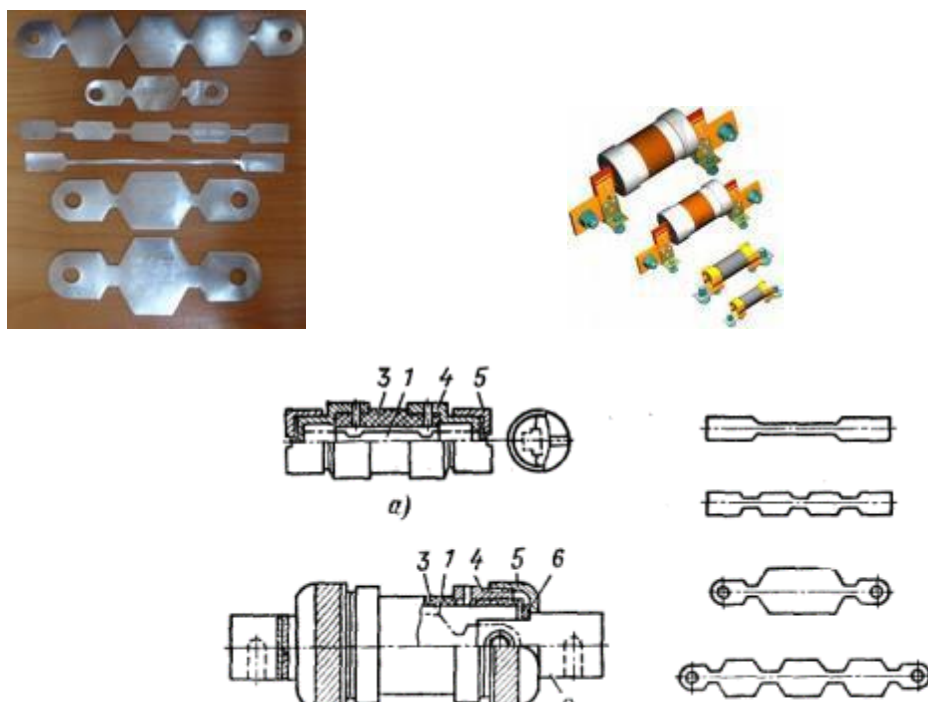


Рисунок 2 – Предохранитель ПР-2

Поскольку гашение дуги в плавком предохранителе ПР-2 происходит очень быстро (0,002 с), можно считать, что уширенные части вставки в процессе гашения остаются неподвижными.

Давление внутри патрона плавкого предохранителя пропорционально квадрату тока в момент плавления вставки и может достигать больших значений. Поэтому фибровый цилиндр должен обладать высокой механической прочностью, для чего на его концах установлены латунные обоймы 4. Диски 6, жестко связанные с контактными ножами 2, крепятся к обойме патрона 4 с помощью колпачков 5.

Предохранители ПР-2 работают бесшумно, практически без выброса пламени и газов, что позволяет устанавливать их на близком расстоянии друг от друга. Плавкие предохранители ПР-2 выпускаются двух осевых размеров — короткие и длинные. Короткие предохранители ПР-2 предназначены для работы на переменном напряжении не выше 380 В. Они имеют меньшую отключающую способность, чем длинные, рассчитанные на работу в сети с напряжением до 500 В.

### **Плавкие предохранители с мелкозернистым наполнителем ПН-2**

#### **Устройство предохранителей ПН-2**

Эти предохранители более совершенны, чем предохранители ПР-2. Корпус квадратного сечения 1 предохранителя типа ПН-2 изготавливается из прочного фарфора или стеатита. Внутри корпуса расположены ленточные плавкие вставки 2 и наполнитель — кварцевый песок 3. Плавкие вставки привариваются к диску 4, который крепится к пластинам 5, связанным с ножевыми контактами 9. Пластины 5 крепятся к корпусу винтами.

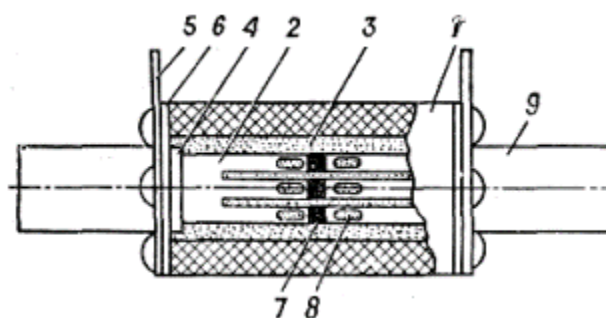


Рисунок 3- Предохранитель ПН-2

В качестве наполнителя в предохранителях ПН-2 используется кварцевый песок с содержанием  $\text{SiO}_2$  не менее 98 %, с зернами размером  $(0,2—0,4)10^{-3}$  м и влажностью не выше 3 %. Перед засыпкой песок тщательно просушивается при температуре 120—180 °С. Зерна кварцевого песка имеют высокую теплопроводность и хорошо развитую охлаждающую поверхность.

Плавкая вставка предохранителей ПН-2 выполняется из медной ленты толщиной 0,1— 0,2 мм. Для получения токоограничения вставка имеет суженные сечения 8. Плавкая вставка разделена на три параллельных ветви для более полного использования наполнителя. Применение тонкой ленты, эффективный теплоотвод от суженных участков позволяют выбрать небольшое минимальное сечение вставки для данного номинального тока, что обеспечивает высокую токоограничивающую способность. Соединение нескольких суженных участков по-следовательно способствует замедлению роста тока после плавления вставки, так как возрастает напряжение на дуге предохранителя. Для снижения температуры плавления на вставки наносятся оловянные полоски 7 (металлургический эффект).

### **Принцип действия предохранителя ПН-2**

При коротком замыкании плавкая вставка предохранителя ПН-2 сгорает и дуга горит в канале, образованном зернами наполнителя. Из-за горения в узкой щели при токах выше 100 А дуга имеет возрастающую вольт-амперную характеристику. Градиент напряжения на дуге очень высок и достигает (2—6)10<sup>4</sup> В/м. Этим обеспечивается гашение дуги за несколько миллисекунд.

После срабатывания предохранителя плавкие вставки вместе с диском 4 заменяются, после чего патрон засыпается песком. Для герметизации патрона под пластины 5 кладется асбестовая прокладка 6 что предохраняет песок от увлажнения. При номинальном токе 40 А и ниже предохранитель имеет более простую конструкцию.

### **Материал плавких вставок предохранителей**

Плавкие вставки изготавливаются из меди, цинка, свинца или серебра.

В современных наиболее совершенных предохранителях отдают предпочтение медным вставкам с оловянным растворителем. Широко распространены также цинковые вставки.

Медные вставки для предохранителей наиболее удобны, просты и дешевы. Улучшение их характеристик достигается наплавлением оловянного шарика в определенном месте, примерно в середине вставки. Такие вставки применяются, например, в упомянутой серии насыпных предохранителей ПН2. Олово плавится при температуре  $232^{\circ}$ , значительно меньшей, чем температура плавления меди, и растворяет медь вставки в месте соприкосновения с ней. Появляющаяся при этом дуга уже расплавляет всю вставку и гасится. Цепь тока оказывается отключенной.

Таким образом, наплавление оловянного шарика приводит к следующему.

Во-первых, медные вставки начинают реагировать с выдержкой времени на столь малые перегрузки, на которые они при отсутствии растворителя вовсе не реагировали бы. Например, медная проволока диаметром 0,25 мм с растворителем расплавилась при температуре  $280^{\circ}$  за 120 мин.

Во-вторых, при одной и той же достаточно большой температуре (т. е. при одинаковой нагрузке) вставки с растворителем реагируют много быстрее, чем вставки без растворителя.

Например, медная проволока диаметром 0,25 мм без растворителя при средней температуре  $1\ 000^{\circ}$  расплавилась за 120 мин, а такая же проволока, но с растворителем при средней температуре только  $650^{\circ}$ , расплавилась всего за 4 мин.

Применение оловянного растворителя позволяет иметь надежные и дешевые медные вставки, работающие при сравнительно низкой эксплуатационной температуре, имеющие относительно малый объем и вес металла (что благоприятствует коммутационной способности предохранителя) и в то же время обладающие большим быстродействием при больших перегрузках и реагирующие с выдержкой времени на относительно малые перегрузки.

Цинк часто используется для изготовления плавких вставок. В частности, такие вставки применяются в упомянутой серии предохранителей ПР-2.

Вставки из цинка более устойчивы против коррозии. Поэтому, несмотря на относительно малую температуру плавления, для них, вообще говоря, можно было бы допустить такую же предельную эксплуатационную температуру, как для меди ( $250^\circ$ ), и конструировать вставки с меньшим сечением. Однако электрическое сопротивление цинка примерно в 3,4 раза больше, чем у меди.

Чтобы сохранить ту же температуру, надо уменьшить потери энергии в ней, соответственно увеличив ее сечение. Вставка получается значительно более массивной. Это при прочих равных условиях приводит к понижению коммутационной способности предохранителя. Кроме того, при массивной вставке с температурой  $250^\circ$  не удалось бы в тех же габаритах удержать на допустимом уровне температуру патрона и контактов.

Все это заставляет снизить предельную температуру цинковых вставок до  $200^\circ$ , а для этого — еще больше увеличивать сечение вставки. В итоге предохранители с цинковыми вставками при тех же размерах обладают значительно меньшей устойчивостью к токам короткого замыкания, чем предохранители с медными вставками и оловянными растворителями.

Плавкие предохранители выбирают по напряжению, предельно отключаемому току и номинальному току плавкой вставки. Номинальный ток плавкой вставки должен удовлетворять двум условиям:

$$I_{\text{вст}} > I_{\text{дл}}; \quad I_{\text{вст}} > I_{\text{max}}/\alpha;$$

где  $I_{\text{max}}$  — максимальный кратковременный ток (для электродвигателей — пусковой ток);  $\alpha$  — коэффициент, зависящий от продолжительности и частоты пусков электроприемника;  $I_{\text{дл}}$  — длительный рабочий ток электроприемника.

Автоматические выключатели применяются для нечастых ручных включений и отключений электроприемников, а также для автоматического отключения цепей при перегрузках и коротких замыканиях.

Контактная система автоматического выключателя замыкается и размыкается вручную с помощью рукоятки или кнопок. Для отключения цепей при коротких замыканиях служит максимальное токовое реле прямого действия, для отключения при перегрузках – тепловое реле прямого действия (электромагнитные и тепловые расцепители).

Автоматические выключатели выбираются по номинальному напряжению, номинальному току, предельному отключаемому току, токам срабатывания теплового и электромагнитного расцепителей, по конструктивному исполнению и категории размещения.

Структура условного обозначения: ВАХ1Х2-Х2Х4-Х5Х6

ВА – выключатель автоматический;

Х1Х2 – номер унифицированной серии;

Х3Х4 – условное обозначение номинального тока (29 – 63А, номинальный ток расцепителя не более 63 А; 100 – 100А).

Х5Х6 – исполнение (1С – однополюсные; 2С – двухполюсные и т.д.)

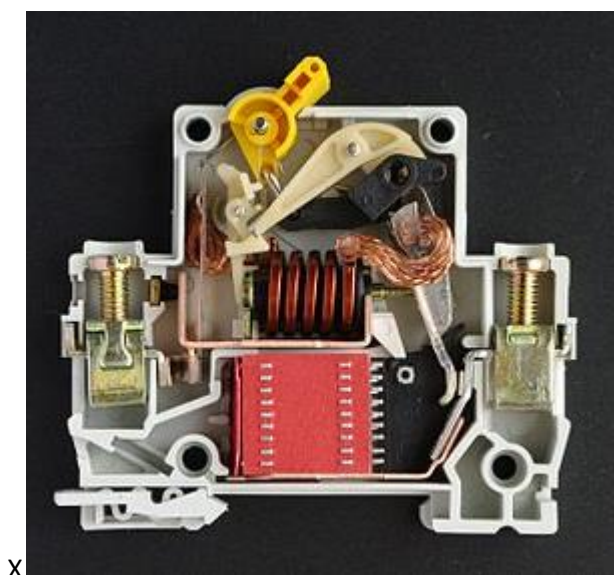


Рисунок 4 – Автоматический выключатель

Номинальный ток автоматического выключателя должен соответствовать длительному току электроприемника или линии:

$$I_{\text{ном.авт.}} > I_{\text{дл}};$$

где  $I_{\text{дл}}$  – длительный рабочий ток электроприемника.

Номинальный ток электромагнитного или теплового расцепителя должен соответствовать длительному току электроприемника или линии:

$$I_{\text{ном.расц.}} > I_{\text{дл}};$$

Защита от перегрузки (тепловая защита) считается эффективной, если выполняется условие:

$$I_{\text{т.расц.}} > 1,25 I_{\text{дл}};$$

где  $I_{\text{т.расц.}}$  – уставка теплового расцепителя.

После определения тока теплового расцепителя по справочнику выбирают выключатель с ближайшим паспортным значением.

Выбранный автоматический выключатель необходимо проверить на выполнение условия:

$$I_{\text{эм}} \geq 1,25 I_{\text{max}};$$

где  $I_{\text{эм}}$  – ток электромагнитного расцепителя;  $I_{\text{max}} = I_{\text{н}} k_i$ ;

$k_i$  – кратность пускового тока.

Требования, предъявляемые к автоматам. К автоматам предъявляются следующие требования:

1. Токоведущая цепь автомата должна пропускать ток  $I_{\text{ном}}$  в течении сколь угодно длительного времени. Режим продолжительного включения для автоматов является нормальным. Токоведущая цепь автоматов может подвергаться воздействию больших токов КЗ как при замкнутых контактах, так и при включении на существующее КЗ.

2. Автомат должен обеспечивать многократное отключение токов КЗ, которые могут достигать сотен кА. После отключения этих токов автомат должен быть пригоден для длительного пропускания тока  $I_{\text{ном}}$ .



3. Для обеспечения электродинамической и термической стойкости электрооборудования, уменьшения разрушения и других последствий, вызываемых токами КЗ, автоматы должны иметь малое время отключения.

4. Элементы защиты автомата должны обеспечивать необходимые токи и времена срабатывания и селективность.

Основные параметры автомата:

1. Собственное и полное время отключения.

2. Номинальный длительный ток:  $I_{ном}$ .

3. Номинальное напряжение:  $U_{ном}$ .

4. Предельный ток отключения. Под собственным временем отключения автомата понимают время от момента, когда ток достигнет значения тока срабатывания  $I_{ср}$ , до начала расхождения его контактов. После расхождения контактов возникшая дуга должна быть погашена за минимальное время с перенапряжением не представляющим опасности для остального оборудования. Автоматические выключатели изготавливаются в стационарном и выдвижном исполнении.

## **5. КОММУТАЦИОННЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ НИЗКОГО НАПРЯЖЕНИЯ**

Кнопки управления Кнопки управления служат для коммутации низковольтных электрических цепей. Они бывают одноцепные и двухцепные с замыкающими и размыкающими контактами. В большинстве случаев кнопки делаются с самовозвратом, то есть при снятии механического давления их контакты возвращаются в исходное положение.

Кнопки управления различаются по числу и типу контактов (от 1 до 4 замыкающих и размыкающих), форме толкателя (цилиндрический, прямоугольный и грибовидный), надписям и цвету толкателя, а также способу защиты от воздействия окружающей среды (открытие, закрытие,

герметичные, взрывобезопасные). Независимо от конструкции и габаритов, все кнопки имеют неподвижные и подвижные контакты, перемещаемые с помощью толкателя. Кнопки могут быть с нажимаемыми и поворотные.

Кнопки управления общепромышленного применения серий КУ, К-20 и КЕ имеют различные исполнения. Промышленностью выпускаются специальные кнопки (ВК 14-21), предназначенные для коммутации цепей электроники. Эти малогабаритные кнопки выполняются на основе микровыключателя типа МП, 83 которые используются в качестве исполнительного контактного элемента тумблера типа МТ1 и МТ11. SB2 SB1.

Условные обозначения кнопок: а) нажимные кнопки; б) поворотные кнопки. Основные факторы выхода кнопок из строя – механические повреждения, повышенная токовая перегрузка, вредные воздействия окружающей среды. Отключающая способность кнопочных элементов – до 80–100 Вт постоянного тока и до 1500 ВА переменного тока. Электрическая износостойкость – не менее 200000 отключений, механическая износостойкость – не менее 100000 циклов. Номинальный ток кнопок – 2,5; 5; 6; 10 А. Следует иметь в виду, что при проектировании схем управления целесообразно непосредственное отключение цепи производить не кнопкой, а другим более мощным электрическим аппаратом.

Переключатели — это контактные коммутационные аппараты, предназначенные для переключения электрических цепей. В распределительных устройствах до 1 кВ и в слаботочных цепях автоматики широкое применение получили пакетные переключатели и выключатели. На основании выключателя укреплены два пакета I и II, внутри которых расположены по три полюса контактных систем. Пакетные переключатели имеют малые габариты, удобны в монтаже, исключается выброс пламени и газов. Контактная система позволяет управлять одновременно большим количеством цепей. Такими переключателями разрешается отключать

номинальные токи. Пакетные выключатели не обеспечивают видимого разрыва цепи, поэтому в некоторых цепях устанавливают рубильники.



Рисунок 5 – Рубильник ВР 32-39

Рубильники предназначены для ручного включения и отключения цепей постоянного и переменного тока до 1000 В. По конструкции различают одно-двух- и трехполюсные рубильники. Таким образом, операции с рубильником безопасны для персонала. Подобным рубильником можно отключать номинальный ток в установках 380 В и 50% номинального тока в установках 500 В. В зависимости от электрических параметров и выполняемых функций рубильники различаются: – по габаритным размерам – на номинальные токи от 100 до 630 А; – по схемам – однополюсные (=), двухполюсные (=) и трех полюсные );~( – по конструктивному исполнению – с передним и задним присоединением; – с центральной и боковой рукояткой привода; – с дугогасительными камерами и вспомогательными контактами, используемыми для целей контроля и сигнализации положения рубильника, в схемах управления. Рубильник состоит из неподвижных и подвижных контактов, выполненных в виде ножей из меди или латуни. При включении рубильника его ножи плотно входят в неподвижные пружинящие контакты (губки). Разновидностью рубильников являются переключатели на два рабочих и одно нейтральное положения. При помощи рубильников можно производить пуск электрических двигателей малой мощности с небольшим

числом включений в час. 86 В схемах автоматического управления электроприводами рубильники, главным образом, используются для снятия напряжения со схемы при осмотрах, ремонтных работах или при остановке привода на длительное время. Применение дугогасительных камер позволяет использовать рубильники не только в качестве разъединителей (коммутация без тока), но и для коммутации под нагрузкой. Рубильники без дугогасительных камер способны коммутировать цепи с токами, не превышающими 10% и 30% номинального значения соответственно для постоянного и переменного тока. Для защиты персонала рубильники закрывают кожухом или размещают в электрощитовом шкафу.

Электромагнитные пускатели предназначены для дистанционного управления электроустановками (АД). Они совмещают функции аппарата управления и защиты. В комплекте с тепловым реле пускатели выполняют защиту электроустановок от перегрузки. При исчезновении напряжения или его снижении на 40...60% от номинального, силовые контакты размыкаются (осуществляется нулевая защита). Магнитные пускатели могут быть реверсивными и нереверсивными.

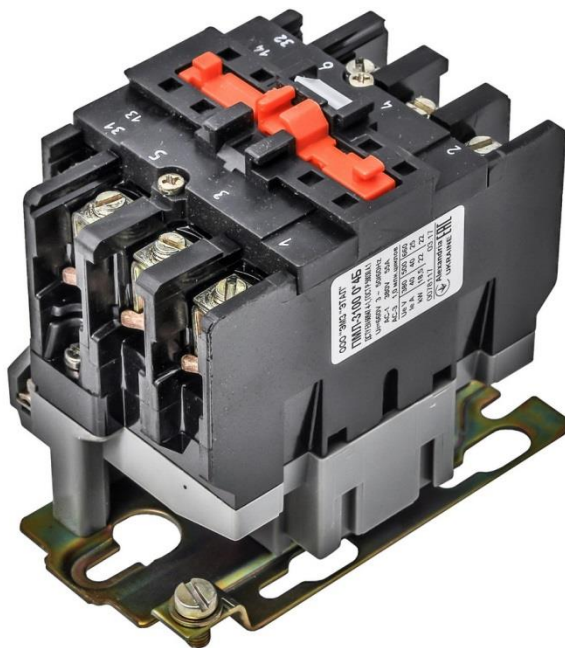


Рисунок 6 – Магнитный пускатель ПМЛ-3100

Магнитные пускатели выбираются:

- по номинальному току электроприемника;
- по назначению и наличию теплового реле;
- по степени защиты и наличию кнопок управления;
- по роду тока, числу и исполнению контактов вспомогательной цепи;
- по климатическому исполнению и категории размещения;
- по износостойкости.

Структура условного обозначения пускателей:

ПМ12-Х1Х2Х3 Х4 Х5 Х6 Х7 Х8 Х9

ПМ12 – обозначение серии;

Х1Х2Х3 – цифры, указывающие условное обозначение номинального тока: (010-10А; 025-25А; 040-40А; 063-63А; 125 -125А);

Х4 – цифра, указывающая условное обозначение по назначению и наличию теплового реле: (1- нереверсивный без теплового реле; 2 – нереверсивный с тепловым реле; 5 – реверсивный без теплового реле с электрической и механической блокировками; 6 – реверсивный с тепловым реле с электрической и механической блокировками);

Х5 – Цифра, указывающая исполнение пускателей по степени защиты и наличию кнопок управления: (0 – степень защиты IP00; 1 - степень защиты IP54 без кнопок; 2 - степень защиты IP54 с кнопками ПУСК и СТОП; 3 - степень защиты IP54 с кнопками ПУСК и СТОП и сигнальной лампой; 4 - степень защиты IP40 без кнопок; 5 - степень защиты IP20; 6 - степень защиты IP40 с кнопками ПУСК и СТОП; 7 - степень защиты IP40 с кнопками ПУСК и СТОП и сигнальной лампой);

Х6 – Цифра, указывающая исполнение пускателей по роду тока, числу и исполнению контактов вспомогательной сети: ( 0- один замыкающий контакт; 1 – один размыкающий контакт);

Х7 – буква, характеризующая климатическое исполнение;

Х8 – цифра, характеризующая категорию размещения;

Х9 – исполнение по износостойкости: А, Б, В (А – наибольшая).

Устройство защитного отключения или устройство дифференциальной защиты предназначены для защиты людей от поражения электрическим током при неисправностях электрооборудования или при контакте с находящимися под напряжением частями электроустановки, а также для предотвращения возгораний и пожаров, вызванных токами утечки и замыкания на землю.

В основе действия УЗО лежит принцип ограничения продолжительности прохождения тока через тело человека при непреднамеренном прикосновении его к элементам установки, находящейся под напряжением. В случае прикосновения человека к токоведущей части через его тело пройдет ток утечки, сила которого определяется по формуле:

При этом сопротивление заземления  $R_{\text{зз}}$  – и проводки  $R_{\text{пр}}$  по сравнению с сопротивлением человеческого тела  $R_{\text{чел}}$  можно пренебречь.

Реагируя на токи утечки на землю или защитный проводник, УЗО заблаговременно, до развития короткого замыкания, отключает электроустановку от источника питания.

Основным узлом УЗО является дифференциальное устройство, которое постоянно измеряет разность между силой тока на входе и силой тока на выходе цепи. Если они отличаются от нуля, значит существует утечка тока.



Рисунок 7 – УЗО ВД1-63

Работа схемы: при возникновении утечки тока на землю или прикосновении человека к токоведущим частям электроустановки - баланс токов в подводящих проводниках (1), а следовательно и магнитных потоков в сердечнике (2), нарушается и во вторичной обмотке (3) появляется трансформированный дифференциальный ток (ток небаланса), который вызывает срабатывание реле (4), воздействующего на исполнительный механизм (5), при водящий в действие пружинный привод контактной группы (6). Электроустановка отключается. Цепь тестирования (7), искусственно создающая дифференциальный ток, предназначена для периодического контроля исправности путем нажатия кнопки «ТЕСТ» (8).

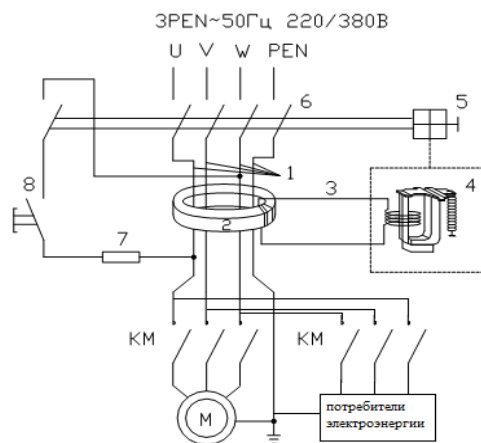


Рисунок 8 – Схема подключения УЗО

В большинстве УЗО в качестве датчика тока используются трансформаторы тока. Пороговый элемент выполняется на чувствительных магнитоэлектрических реле прямого действия или на электронных компонентах. Исполнительный механизм состоит из силовой контактной группы и механизма привода.

В случае прикосновения человека к открытым токоведущим частям или корпусу электроприемника, на который произошел пробой изоляции, по фазному проводнику через УЗО кроме тока нагрузки проходит дополнительный ток утечки, являющийся для трансформатора дифференциальным. Во вторичной обмотке трансформируется

дифференциальный ток, вызванный некомпенсированным магнитным потоком. Если сила этого тока превышает уставку порогового элемента, то последний срабатывает и воздействует на исполнительный механизм. Исполнительный механизм, состоящий из пружины привода, пускового механизма и группы силовых контактов, размыкает цепь нагрузки.

## 6. КОМАНДОКОНТРОЛЛЕРЫ

Командоконтроллеры используются для управления электрическим двигателем, работающим в напряженном режиме. Наибольшее распространение получили кулачковые. Принцип их действия аналогичен силовым кулачковым контроллерам, но габариты значительно меньше, а контакты – маломощные без дугогашения. Выпускаются на разное число коммутируемых цепей и положений, с ручным и ножным управлением.



Рисунок 9 – Командоконтроллер ККП1102

С помощью мостикового контакта в отключаемой цепи создаются два разрыва, что облегчает гашение дуги. Ток отключения командоконтроллера в 4 раза больше кнопочного. Допустимый длительный ток – КК – 10–15 А, ток включения – 50–75 А, отключаемый постоянный ток при индуктивной нагрузке – 0,5– 2,5 А при  $U = 440–110$  В, до 500 В. Число коммутируемых цепей  $\sim$  ток 10 А при  $U_{\sim}$  отключаемый от 4 до 12. Командоконтроллеры



коммутируют цепи катушки управления силовых аппаратов. Для увеличения отключающей способности контактной системы контроллеры могут снабжаться дугогасительным устройством с магнитным дутьем. Более современные – кулачковые командоконтроллеры.

## **7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Назначение и классификация электрических и электронных аппаратов.
2. Требования, предъявляемые к электронным аппаратам.
3. Конструктивное исполнение электрических аппаратов: основные элементы, кинематические связи, принцип работы.
4. Электродинамические усилия, действующие в электрических аппаратах: причины возникновения, характер и методика расчёта.
5. Потери энергии в аппаратах: виды, соотношение потерь.
6. Электрические контакты аппаратов: назначение, классификация, износостойкость, расчёт.
7. Дуга постоянного тока: физика процесса, условия возникновения, вольтамперные характеристики, энергетический баланс, особенности гашения при различных видах нагрузки.
8. Дуга переменного тока: физика процесса, условия возникновения, особенности гашения при различных видах нагрузки.
9. Способы гашения электрической дуги.
10. Электрические аппараты с электромагнитным приводом на постоянном токе: конструктивное исполнение, магнитная цепь, динамика срабатывания, статические характеристики тяговой и противодействующих сил.
11. Электрические аппараты с электромагнитным приводом на переменном токе: конструктивное исполнение, магнитная цепь, динамика

срабатывания, статические характеристики тяговой и противодействующих сил.

12. Магнитный пускатель: назначение, кинематическая схема, принцип действия, схема цепей управления.

13. Тиристорный пускатель: назначение, кинематическая схема, принцип действия, схема цепей управления.

14. Электромагнитные реле тока и напряжения: назначение, кинематическая схема, принцип действия.

15. Рубильники, переключатели, предохранители: назначение, принцип действия.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аполлонский С. М. Надежность и эффективность электрических аппаратов [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С. М. Аполлонский, Ю. В. Куклев. - Электрон. текстовые дан. - Москва : Лань, 2011. - 443 с. : ил., табл. - Режим доступа:[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=2034](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2034)

4. - Библиогр.:с.435-437.- ISBN 978-5-8114-1130-6:Б.ц. Рекомендовано Учебно-методическим объединением по университетскому политехническому образованию в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки 140400 — «Техническая физика» и 220100 — «Системный анализ и управление». Перейти к внешнему ресурсу:

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=2034](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2034)

2. Сукманов Валентин Иванович. Электрические машины и аппараты [Текст] : учеб. для сред. спец. учеб. заведений / В. И. Сукманов. - М. : КолосС, 2001. - 296 с. : ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов сред. спец. учеб. заведений). - ISBN 5-10-003479-3.

3. Электрические аппараты: учебник и практикум для академического бакалавриата / под ред. П. А. Курбатова. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 250 с. — (Серия : Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-9715-6. — Режим доступа : [www.biblio-online.ru/book/elektricheskie-apparaty-437836](http://www.biblio-online.ru/book/elektricheskie-apparaty-437836).

2. Сипайлова, Н.Ю. Электрические и электронные аппараты. Проектирование : учеб. пособие для прикладного бакалавриата / Н. Ю. Сипайлова. — М. : Издательство Юрайт, 2016. — 167 с. — (Серия : Университеты России). — ISBN 978-5-534-00746-6. — Режим доступа : [www.biblio-online.ru/book/elektricheskie-i-elektronnye-apparaty-proektirovanie-433944](http://www.biblio-online.ru/book/elektricheskie-i-elektronnye-apparaty-proektirovanie-433944).

3. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/>. , свободный. – Загл. с экрана. – Яз.рус.

4 . Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru>. , свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.

5. Сельскохозяйственная электронная библиотека знаний [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cnshb.ru/akdil/>. , свободный. – Загл. с экрана. – Яз.рус.

6. Журнал «Электротехника» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.znack.com>.

7. Журнал «Я-электрик» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://electricalschool.info>.