

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет  
имени А. А. Ежевского»

Энергетический факультет

Кафедра электрооборудования и физики

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ**

Методические рекомендации  
для выполнения практических занятий

**Направление: 35.03.06 - «Агроинженерия»**

**Профиль: «Электрооборудование и электротехнологии в АПК»**

**Уровень бакалавриата**

**Молодежный 2021**

Допущено методическим советом энергетического факультета (протокол № 2 от 21 октября 2020 года)

Методические рекомендации по дисциплине "Проектирование систем электрификации" являются одним из видов учебных занятий, обеспечивающих связь между теорией и практикой, знакомящих студентов с правилами выбора различных защитных и коммутационных аппаратов.

Основная задача практических занятий – проработка и закрепление лекционного материала, также важным является обучение студентов методике выбора защитных и коммутационных аппаратов.

Составитель:

кандидат технических наук, доцент С. В. Сукьясов (Иркутский ГАУ)

Рецензент:

кандидат технических наук, доцент В. Д. Очиров (Иркутский ГАУ)

## Введение

Дисциплина «Проектирование систем электрификации» изучается студентами энергетического на четвертом курсе, в 8 семестре.

Целью дисциплины является формирование у будущих инженеров знаний, позволяющих самостоятельно и творчески решать задачи проектирования систем электрификации в сельскохозяйственном производстве.

В данных методических рекомендациях даны практические советы и рекомендации по выбору аппаратов до 1000 вольт.

Издание предназначено как для студентов очной, так и заочной формы обучения.

## **Выбор электрических аппаратов управления и защиты в сетях до 1000 В**

Электрическими аппаратами называются электротехнические устройства предназначенные для управления потоками энергии, режимами работы, контроля и защиты технических систем и их компонентов.

Электрические аппараты служат для коммутации, сигнализации и защиты электрических сетей и электроприемников, а также управления электротехническими и технологическими установками и находят исключительно широкое применение в различных областях народного хозяйства: в электроэнергетике, в промышленности и транспорте, в телекоммуникациях, в коммунальном хозяйстве, в бытовой технике и т. д. При этом в каждой из областей диапазон используемой номенклатуры аппаратов очень широкий.

Все аппараты, применяемые в низковольтных сетях, можно разделить на две группы: аппараты управления и аппараты защиты.

Аппараты управления предназначены для включения, отключения и переключения электрических цепей и электроприемников, регулирования частоты вращения и реверсирования электродвигателей, регулирования параметров силовых, осветительных, нагревательных и других электроустановок.

Защитные аппараты предназначены для отключения электрических цепей при возникновении в них ненормальных режимов (короткие замыкания, значительные перегрузки, резкие понижения напряжения и др.).

Аппараты управления и защиты выбирают по ряду параметров, основные из которых - номинальные ток и напряжение. Кроме того, аппараты выбирают по климатическому исполнению и размещению (ГОСТ 15150-69, ГОСТ 15543.1-89), по степени защиты от воздействия окружающей среды (ГОСТ 14254-96) и другим параметрам в зависимости от назначения аппарата (предельный отключаемый ток короткого замыкания, электродинамическая и термическая устойчивость, разрывная мощность и износоустойчивость контактов и др.).

От правильного выбора пусковой и защитной аппаратуры в большой мере зависят надежность работы и сохранность оборудования в целом, численные, качественные и экономические показатели производственного процесса, электробезопасность людей и животных.

Рассмотрим назначение и выбор наиболее часто используемых электрических аппаратов.

### **1.1 Рубильники и переключатели**

Рубильники и переключатели предназначены для нечастых (не более шести в час) неавтоматических включений, отключений и переключений с видимым разрывом электрических цепей переменного тока напряжением до 660 В, частотой 50 Гц и постоянного тока напряжением до 440 В. Они рассчитаны на отключение незначительных токов, а при наличии

соответствующих дугогасительных устройств допускают отключение тока до  $(1...1,25) \cdot I_{НОМ}$ . Причем, наличие дугогасительной камеры допускает совершать данные операции не только при отсутствии тока в цепи, но и под нагрузкой.

Конструктивно рубильники и переключатели различают: по числу полюсов - одно-, двух- и трехполюсные; по роду привода - с центральной рукояткой, боковой рукояткой, с боковым рычажным приводом; по защищенности - открытые и защищенные; по способу подключения проводов - переднее, заднее.

Важнейшей частью рубильника являются контакты. Почти исключительное применение в этих аппаратах находят врубные контакты. В рубильниках на малые токи контактное нажатие обеспечивается за счет пружинящих свойств материала губок, а на токи от 100 А и выше - стальными пружинами. С увеличением нажатия падает переходное сопротивление, но увеличивается износ контактов из-за трения, и это ограничивает нажатие.

Гашение дуги постоянного тока при малых токах (до 75 А) происходит за счет ее механического растягивания расходящимися ножами. При больших токах гашение осуществляется в основном за счет перемещения дуги под действием электродинамических сил контура тока (детали рубильника, дуга). Сокращение длины ножа ведет к возрастанию напряженности магнитного поля и электродинамических сил, что повышает отключающую способность рубильника.

При монтаже рубильников в распределительных ящиках или в закрытых распределительных устройствах малого объема весьма актуальным становится вопрос ограничения размеров дуги. Необходимо, чтобы оставшиеся после погасания дуги ионизированные газы не вызвали перекрытия на корпус или между токоведущими частями. В таких случаях рубильники снабжаются различного рода дугогасительными камерами.

На большие токи (свыше 1000 А) рубильники выполняются с несколькими параллельными ножами. Такой способ блочного конструирования обладает тем достоинством, что требует отработки только одного блока. Набором соответствующего числа блоков komponуются рубильники на большие токи.

Рубильники типа Р и рубильники-переключатели типа РП выпускают на напряжение до 660 В переменного и 440 В постоянного тока в одно-, двух- и трехполюсном исполнении и на номинальные токи 100, 250, 400 и 630 А. Некоторые типы рубильников, например Р2725, выпускаются на токи до 5000 А. По типу привода их выполняют: с боковой несъемной рукояткой (РП, РП11), с вынесенной съемной рукояткой (Р16, РП16), с передней рукояткой (Р19, РП19) и рычагом для управления штангой (Р20, РП20). Двух- и трехполюсные рубильники с боковой рукояткой типа РБ выпускают на номинальные токи 250, 400 и 630 А и номинальное напряжение 380 и 660 В, Кроме указанных выше, применяют и другие типы рубильников, например РС со смещенным приводом.

Основа конструкции рубильника - панель (изолятор) 1 (рис. 1.1), выполненная из изоляционного материала, на которой закреплены стойки с губками неподвижными контактами рубильника 2. Подвижные контакты-ножи 3, жестко закреплены на одном вале. При включении они "входят" в неподвижные губки рубильника, создавая одновременное замыкание всех полюсов. Во многом конструкция рубильника определяется способом привода в движение ножей - подвижных его контактов. Во многих современных рубильниках реализована такая дополнительная мера электробезопасности, как блокировка дверок во включенном положении. Т.е., пока рубильник включен, открыть его дверку не получится. Помимо невозможности открытия дверки включенного рубильника, механизм также заблокирует привод рубильника при открытой дверке рубильника и включить его получится лишь закрыв ее.

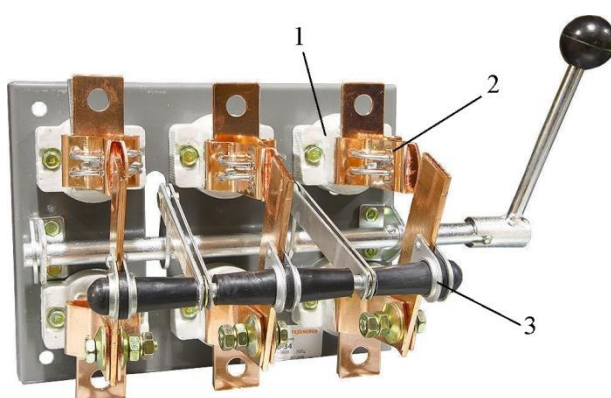


Рисунок 1.1 Рубильник

Кроме нечастых неавтоматических коммутаций силовых электрических цепей, рубильники (имеющие предохранители) могут довольно эффективно использоваться как защита электрических сетей от перегрузок и возникающих в них сверхтоков - токов коротких замыканий.

Условия выбора рубильников и переключателей.

1. По номинальному напряжению

$$U_{НОМ.Р} \geq U_{НОМ.СЕТИ},$$

где  $U_{НОМ.Р}$  – номинальное напряжение, на которое рассчитан рубильник;  
 $U_{НОМ.СЕТИ}$  – номинальное напряжение сети.

2. По номинальному току

$$I_{НОМ.Р} \geq I_{НОМ.УСТ},$$

где  $I_{НОМ.Р}$  – номинальный ток контактов рубильника;  $I_{НОМ.УСТ}$  – номинальный ток установки.

3. По номинальному току размыкающего рубильника

$$I_{\text{ПРЕД.ОТКЛ.Р}} \geq I_{\text{РАБ.РАЗМ}},$$

где  $I_{\text{ПРЕД.ОТКЛ.Р}}$  - предельно допустимый ток отключения;  $I_{\text{РАБ.РАЗМ}}$  - рабочий ток цепи в начале расхождения (размыкания) контактов (если устройство предусматривает дугогасительные камеры).

4. По количеству полюсов рубильника.
5. По климатическому исполнению и категории размещения.
6. По степени защиты.

Также есть характеристики рубильников, которые многие относят к второстепенным, но они могут стать определяющими при определенных условиях. Это такие характеристики, как:

- съемность рукоятки (съемная или не съемная),
- количество направлений переключения (одно, два),
- включение в конструкцию дугогасительных камер,
- плоскость подключения внешних зажимных контактов,
- наличие и вид рукоятки/рычага (боковая, передняя, поворотная, боковая),
- наличие специальных вспомогательных контактов.

Расшифровка условного обозначения рубильников РЦ, РС, РБ

Р Х1-Х2/Х3-Х4-Х5

Р - рубильник;

Х1- условное обозначение вида привода: Ц - центральный; С - боковой (смещенный); Б - боковая рукоятка;

Х2 - условное обозначение номинального тока: 1 - 100 А; 2 - 250 А; 4 - 400 А; 6 - 630 А;

Х3 - условное обозначение длины вала: для рубильников с боковым (смещенным) приводом: 1 - 180 мм; 2 - 215 мм; для рубильников с боковой рукояткой: 1 - 170 мм; 2 - 205 мм;

Х4 - условное обозначение исполнения бокового (смещенного) привода и боковой рукоятки: Л - левое; П - правое;

Х5 - вид климатического исполнения.

Технические характеристики некоторых типов рубильников и переключателей приведены в приложении 1.

## 1.2 Пакетные выключатели и переключатели

Пакетные выключатели и переключатели применяют в качестве коммутационных аппаратов в цепях с током до 400 А при 220 В и до 200 А при 380 В. Пакетные выключатели и переключатели выдерживают 20 000 переключений. Частота переключений не должна превышать 300 в час. Пакетные выключатели и переключатели значительно компактнее рубильников. Пакетные выключатели монтируются с выводом на панель

только рукоятки, что обеспечивает безопасность работы обслуживающего персонала. Выключатель состоит из отдельных пакетов (рис. 1.2, 1.3), каждый из которых образует полюс, включаемый в одну цепь выключателя. Неподвижные контакты каждого пакета занимают определенное положение, смещенное по отношению к контактам других пакетов. В пакетных выключателях применен механизм мгновенного переключения: скорость коммутационных операций не зависит от скорости вращения рукоятки пакетного выключателя рукой. Одновременно с быстрым поворотом фигурной шайбы происходит поворот подвижных контактов. Последние укреплены в пластинах из фибры, которые выполняют роль направляющих и обеспечивают быстрое гашение возникающей дуги. В этом их важное преимущество перед рубильниками.

Фибра под воздействием высокой температуры выделяет большое количество газов. Давление их увеличивается, в результате чего происходит движение газов через щели пакета. Свежий, неионизированный воздух, поступающий внутрь выключателя, способствует быстрому гашению дуги.

Кроме того, пакетные выключатели и переключатели компактны, хорошо изолированы от внешней среды и не только быстро, но и надежно (на каждом полюсе в двух местах) разрывают значительные токи. Пакетные выключатели и переключатели предназначены для осуществления достаточно сложных переключений одновременно в нескольких электрических цепях, используются для пуска мелких асинхронных электродвигателей, изменения порядка чередования фаз, переключение со звезды на треугольник.

К недостаткам пакетных выключателей и переключателей следует отнести следующее: не выдерживают частых коммутаций и повышенных нагрузок; не подлежат ремонту; не способны защищать от токов короткого замыкания.

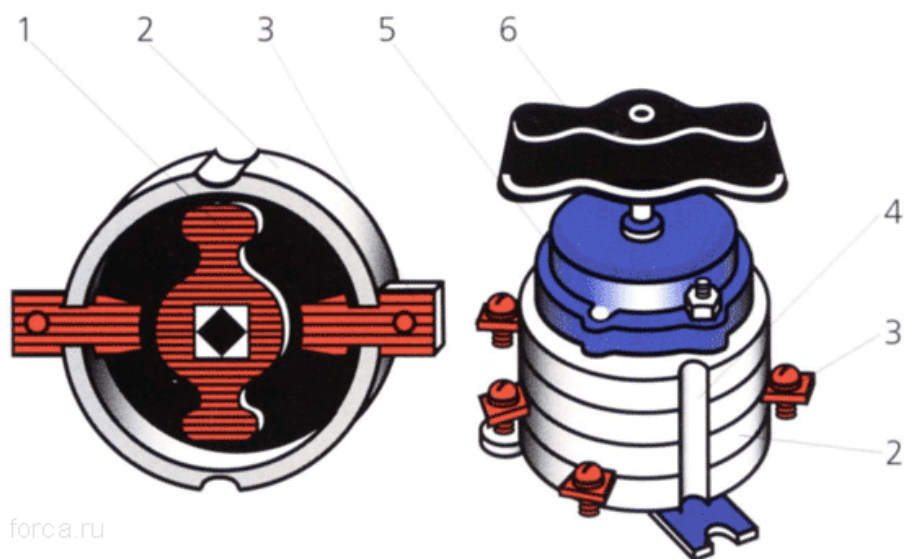




Рисунок 1.2 - Устройство пакетного выключателя: 1 - подвижный контакт - нож; 2 - кольцо-пакет; 3 - неподвижный контакт; 4 - набор колец-пакетов; 5 - крышка с пружинной шайбой; 6 - рукоятка



Рисунок 1.3 - Устройство пакетного переключателя

Условия выбора выключателей и переключателей.

1. По номинальному напряжению

$$U_{\text{НОМ.В}} \geq U_{\text{НОМ.СЕТИ}},$$

где  $U_{\text{НОМ.В}}$  – номинальное напряжение, на которое рассчитан выключатель и переключатель;  $U_{\text{НОМ.СЕТИ}}$  – номинальное напряжение сети.

2. По номинальному току

$$I_{\text{НОМ.В}} \geq I_{\text{НОМ.УСТ}},$$

где  $I_{\text{НОМ.В}}$  – номинальный ток выключателя и переключателя;  $I_{\text{НОМ.УСТ}}$  – номинальный ток установки.

3. По количеству контактов.

4. По климатическому исполнению и категории размещения.

6. По степени защиты.

Расшифровка условного обозначения пакетных выключателей и переключателей.

ПХ1 Х2 Х3 / Х4 Х5 Х6

ПХ1 - условное обозначение серии: ПВ – пакетный выключатель; ПП – пакетный переключатель.

Х2 - цифра обозначающая число полюсов (1, 2, 3, 4 полюса);

Х3 - условное обозначение величины номинального тока при напряжении 220 В (10, 16, 25, 40, 63, 100, 250);

Х4 - условное обозначение числа направлений при коммутации электрических цепей (для переключателей). Н2 – на два направления; Н3 – на три направления; Н4 – на четыре направления;

X5 - обозначение способа крепления: Исполнение 1 – крепление передней скобой, установка за панелью толщиной до 4 мм; исполнение 2 – крепление передней скобой, установка за панелью толщиной до 25 мм; исполнение 3 – крепление задней скобой, установка внутри шкафа; исполнение 4 – крепление за корпус (для выключателей и переключателей со степенью защиты IP30 и IP56);

X6 - обозначение степени защиты и материала оболочки: без обозначения – IP00; IP30 карболит – IP30 – карболитовая оболочка; IP56 пластик – IP56 – пластиковая оболочка; IP56 силумин – IP56 – силуминовая оболочка.

Технические характеристики некоторых типов пакетных выключателей и переключателей приведены в приложении 2.

### 1.3 Кнопки управления

Кнопки управления используют для дистанционного управления контакторами, пускателями и другими электромагнитными аппаратами, а также для коммутирования цепей сигнализации, блокировок и т. п. Их выпускают открытого, защищенного, водозащищенного, пылеводозащищенного и взрывозащищенного исполнения. Кнопки управления, смонтированные в общем корпусе или на панели, называют кнопочной станцией. В сельских электроустановках применяют кнопочные станции главным образом защищенного и пылеводозащищенного исполнения.

Промышленность выпускает кнопки управления серии КЕ, посты кнопочные ПКЕ, ПКТ, ПКУ, ПВК и т.д. Каждый из типов, отличающихся исполнением, видом, формой, цветом толкателей, числом контактных цепей и оперативными надписями на толкателе. Например на базе КЕ выпускают 36 типов постов управления серии ПКЕ с одной, двумя и тремя кнопками.

Кнопки применяются в цепях переменного тока с напряжением не более 380 В и постоянного тока - не более 440 В (рис. 1.4). Бывают двух типов: моноблочные, у которых контактный элемент и привод смонтированы в едином блоке, и двухблочные, у которых привод (толкатель, рукоятка, замок с ключом) устанавливается на отдельной плите, а кнопочный элемент монтируется на основании под приводным элементом. Кнопки могут иметь от 2 до 8 контактов, причем количество нормально открытых контактов обычно равно количеству нормально закрытых. Номинальный ток контактов обычно составляет до 10 А.

Принцип работы кнопки очень прост, после того, как нажатие на приводной элемент прекращается, он совместно с контактами под действием возвратных пружин приходит в исходное положение. Существуют кнопки без самовозврата — с механически или электромагнитно управляемой защелкой. В современных конструкциях кнопок применяются подвижные контакты мостикового типа с двойным разрывом цепи. Материалом контактов служит серебро или металлокерамические композиции.



Рисунок 1.4 - Кнопка КЕ

Кнопочные посты предназначены для включения и отключения электрических устройств, для изменения направления вращения приводов в устройствах, для ручного экстренного отключения оборудования в аварийных ситуациях и т. д. - в зависимости от назначения того или иного электротехнического оборудования (рис. 1.5).

В целом можно отметить, что для различных задач кнопочные посты выполняются в различных корпусах и с разным количеством кнопок, однако одна особенность принципиально важна — кнопочные посты не используются в высоковольтных цепях, они, конечно, могут управлять высоковольтным оборудованием, но сами работают в цепях с напряжением до 660 В переменного или до 440 В постоянного.

Важно понимать, что ток, протекающий через кнопочный пост - это не рабочий ток установки. Коммутацию силовых цепей осуществляет пускатель, а вот пускателем управляет кнопочный пост.



Рисунок 1.5 - Пост кнопочный ПКЕ

Количество кнопок на кнопочном посте определяется назначением потребителей и их количеством. Так, посты бывают двухкнопочными и многокнопочными. В простейшем виде кнопок всего две «Пуск» и «Стоп». А иногда достаточно и одной кнопки, установленной например на токарном станке.

Кнопки могут располагаться в металлическом или пластиковом корпусе, который в свою очередь монтируется на более удобном для эксплуатации месте.

Главный элемент кнопочного поста - кнопка-толкатель. Кнопки-толкатели бывают двух типов: самовозвратные и с фиксацией. Самовозвратные выталкиваются в исходное состояние пружиной - нажал оператор на кнопку «Стоп» - кнопка «Пуск» вернулась в исходное состояние, а те что с фиксацией - только после повторного нажатия - пока снова не нажмешь - контакты не разомкнутся.

Примером кнопочного поста с фиксацией может служить популярный двухкнопочный пост: нажата кнопка «Стоп» - контакты разомкнуты, кнопка «Пуск» в свободном состоянии. Нажата кнопка «Пуск» - контакты замкнуты, а кнопка «Стоп» в свободном состоянии. Такие посты служат в огромном количестве применений, и часто управляют они магнитными пускателями, а не подают ток напрямую.

В зависимости от условий эксплуатации и степени электробезопасности, материал корпуса кнопочного поста может быть пластиком или металлом, а иногда кнопки просто устанавливаются без корпуса снаружи на прибор. Что касается непосредственно кнопок, то они отличаются формой и цветом. По форме подразделяются на: утопливаемые, грибовидные и цилиндрические, а по цвету: для кнопок «Стоп» характерны красный или желтый цвета, а для кнопок «Пуск» - синий, белый, зеленый и черный.

Условия выбора кнопок и постов кнопочных.

1. По номинальному напряжению

$$U_{\text{НОМ.К}} \geq U_{\text{НОМ.СЕТИ}},$$

где  $U_{\text{НОМ.К}}$  – номинальное напряжение, на которое рассчитана кнопка или пост кнопочный;  $U_{\text{НОМ.СЕТИ}}$  – номинальное напряжение сети.

2. По номинальному току

$$I_{\text{НОМ.К}} \geq I_{\text{ЦЕП.УПР}},$$

где  $I_{\text{НОМ.К}}$  – номинальный ток кнопки или поста кнопочного;  $I_{\text{ЦЕП.УПР}}$  – номинальный ток цепи управления.

3. По количеству управляемых контактов.

4. По климатическому исполнению и категории размещения.

6. По степени защиты.

Расшифровка условного обозначения постов кнопочных.

ПКЕ Х1-Х2-2-Х3-Х4-Х5

ПКЕ - пост кнопочный;

Х1 - цифра, обозначающая исполнение по эксплуатационному назначению: 1 – для встройки в нишу; 2 – для установки на ровной поверхности;

Х2 - цифра, обозначающая исполнение степени защиты по ГОСТ 14254-96: 1 – IP 40 со стороны управляющего элемента и IP 00/ IP 40 со стороны монтажа

проводов. 2 - IP 54 со стороны управляющего элемента и IP 00/ IP 54 со стороны монтажа проводов;

2 - цифра 2 обозначает материал корпусных деталей: пластмасса;

X3 - цифра, обозначающая количество управляющих элементов: 1, 2, 3;

X4 - обозначение климатического исполнения (У, УХЛ) и категории размещения (2; 3);

X4 - степень защиты.

Технические характеристики некоторых кнопок и кнопочных постов приведены в приложении 3.

#### 1.4 Электромагнитные пускатели и контакторы

Магнитные пускатели переменного тока предназначены в основном для дистанционного управления асинхронными электродвигателями. Так же они осуществляют нулевую защиту, т. е. при исчезновении напряжения или его снижении на 50...70 % от номинального магнитная система "отпадает" и силовые контакты размыкаются. В комплекте с тепловым реле пускатели выполняют защиту электродвигателей от перегрузок и от токов, возникающих при обрыве одной из фаз.

Наиболее распространенные серии пускателей с контактной системой и электромагнитным приводом серий: ПМЕ, ПМА, ПМЛ, ПВ, ПАЕ, ПМ12.

Пускатели выпускаются в открытом, защищенном и пылебрызгонепроницаемом исполнениях, с тепловыми реле и без них, бывают реверсивными и нереверсивными.

Устройство. Внутри корпуса пускателя (рис. 1.6) размещена электромагнитная система, включающая в себя неподвижную Ш-образную часть сердечника 7 и обмотку 6, намотанную на катушку. Сердечник набран из изолированных друг от друга (для уменьшения потерь от вихревых токов) листов электротехнической стали. Подвижная часть сердечника 5 (якорь) соединена с пластмассовой траверсой 4, на которой смонтированы контактные мостики 2 с подвижными контактами. Плавность замыкания контактов и необходимое усилие нажатия обеспечиваются контактными пружинами 1. Неподвижные контакты припаяны к контактными пластинам 3, снабженным винтовыми зажимами для присоединения проводов внешней цепи. Кроме главных контактов, пускатели имеют дополнительные (блокировочные) контакты 8, расположенные на боковых поверхностях аппарата. Главные контакты закрыты крышкой, защищающей их от загрязнения, случайных прикосновений и междуфазных замыканий.



Рисунок 1.6 - Устройство электромагнитного пускателя

Контактор мало чем отличается от магнитного пускателя, хотя отличия присутствуют (рис. 1.7). Контактор – это электромагнитный аппарат, используется для частого дистанционного включения, выключения электрических силовых цепей при нормальной работе. Приборы бывают 2 типов – напряжением в 220 и 440 В; и напряжением в 380 и 660 В.

Большому количеству торговых предприятий свойственно магнитный пускатель называть «малогабаритным контактором». Ведь если с ним сопоставить контактор, аналогичный по токовой нагрузке, то разница между их габаритами будет видна невооруженным глазом. К тому же, вес трехполюсного 100-амперного контактора достаточно высок, по сравнению со 100-амперным пускателем.

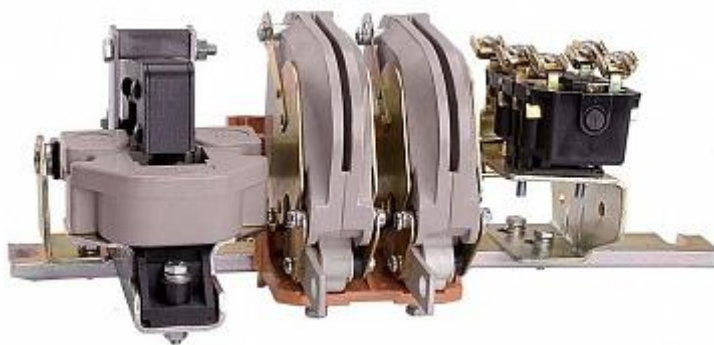


Рисунок 1.7 - Электромагнитный контактор

Принцип действия пускателя заключается в следующем: при включении пускателя по катушке проходит электрический ток, сердечник намагничивается и притягивает якорь, при этом главные контакты замыкаются, по главной цепи протекает ток. При отключении пускателя катушка обесточивается, под действием возвратной пружины якорь возвращается в исходное положение, главные контакты размыкаются. Что мало чем отличается от пускателя.

Отличия приспособлений можно найти и в их конструктивных особенностях. Контактор обладает парой силовых контактов и достаточно громоздкими дугогасительными решетками. Таким образом, своего корпуса



у приспособления нет, что требует его установки в таких местах, в которых он будет недоступен посторонним лицам и ограничен от попадания влаги.

Магнитный пускатель отличается тем, что снаружи покрыт пластиковым «панцирем», обеспечивающим силовым проводным контактам защиту. При этом приспособление не имеет дугогасительных камер, что тоже является отличием. Поэтому оно не используется для монтажа в мощных цепях с большим количеством коммутаций в связи с недостаточной защитой от дуговых разрядов.

При этом отличается пускатель от своего «конкурента» и более качественной защитой электрического оборудования, особенно при наличии дополнительного кожуха (в частности металлического). Это делает возможной установку устройства практически везде, чем, в свою очередь, похвастаться контактор не сможет.

Несмотря на то, что магнитный пускатель хорошо подходит к обогревателям, соленоидным катушкам, различным по мощности светильникам и прочим электроприемникам, по сути, он предназначен для асинхронных 3-х фазных двигателей на переменном токе.

В связи с этим конструкция каждого представлена 3-мя парными силовыми проводами. Его управляющим контактам приходится «заниматься» поддержанием включенного состояния устройства или, например, составлением сложных управляющих цепей с реверсивным пуском.

Контактор же отличается тем, что он коммутирует абсолютно все цепи переменного тока. Отсюда и отличия между устройствами по силовым проводам – контакторам «выделяются» наличием от 2-х до 4-х полюсов.

Условия выбора электромагнитных пускателей и контакторов.

1. По номинальному напряжению

$$U_{\text{НОМ.МП}} \geq U_{\text{НОМ.СЕТИ}},$$

где  $U_{\text{НОМ.МП}}$  – номинальное напряжение, на которое рассчитан пускатель или контактор;  $U_{\text{НОМ.СЕТИ}}$  – номинальное напряжение сети.

2. По номинальному току

$$I_{\text{НОМ.МП}} \geq I_{\text{НОМ.УСТ}},$$

где  $I_{\text{НОМ.МП}}$  – номинальный ток пускателя или контактора;  $I_{\text{НОМ.УСТ}}$  – номинальный ток установки.

3. По номинальному напряжению питания катушки

$$U_{\text{НОМ.КАТ}} = U_{\text{ЦЕП.УПР}},$$

где  $U_{\text{НОМ.КАТ}}$  – номинальное напряжение катушки пускателя или контактора;  $U_{\text{ЦЕП.УПР}}$  – номинальное напряжение сети.

4. По климатическому исполнению и категории размещения.
6. По степени защиты.

Так же при выборе конструктивного исполнения пускателя или контактора нужно учитывать требования системы, которой он управляет, а именно: характер работы электрооборудования (нереверсивный или реверсивный, переключение схемы обмотки и т.п.); категория применения (прил. 5); наличие тепловых реле; наличие и количество дополнительных контактов; класс износостойкости контактов; возможное снижение напряжения при пуске мощных электродвигателей; наличие управляющих вспомогательных элементов (кнопок, индикаторных лампочек и т.п.), которые значительно облегчают эксплуатацию устройства.

Структура условных обозначений пускателя состоит из буквенного обозначения серии (ПМЕ, ПАЕ, ПМЛ) и ряда цифр после дефиса. Рассмотрим структуру обозначения пускателей серий ПМ12 и ПМЛ:

Расшифровка условного обозначения электромагнитных пускателей.

ПМ12-Х1-Х2 Х3 Х4 Х5 следует читать следующим образом:

ПМ12 - серия:

Х1 - трехзначное число обозначает величину (номинальный ток) пускателя: 010 - первая величина (10 А); 025 - вторая величина (25 А); 040 - третья величина (40 А); 063 - четвертая величина (63 А); 100 - пятая величина (100 А); 160 - шестая величина (160 А);

Х2 - цифра указывает на исполнение пускателей по назначению и наличию теплового реле: 1 - нереверсивный без реле; 2 - нереверсивный с реле; 5 - реверсивный без реле с электро- и механической блокировкой; 6 - реверсивный с реле с электро- и механической блокировкой;

Х3 - цифра указывает на исполнение пускателей по степени защиты и наличию кнопок: 0 - открытый без кнопок IP00; 1 - закрытый без кнопок IP54; 2 - закрытый с кнопками "пуск", "стоп" IP54; 4 - закрытый без кнопок IP40; 5 - открытый без кнопок IP20; 6 - закрытый с кнопками "пуск", "стоп" IP40;

Х4 - цифра указывает на исполнение пускателей по числу дополнительных контактов и по роду тока цепи управления: 0 - переменный, без дополнительных контактов; 1 - переменный, имеются дополнительные контакты;

Х5 обозначение климатического исполнения и категории размещения.

ПМЛ – Х1-Х2-Х3-Х4(М)Х5

ПМЛ - серии:

Х1 - условное обозначение номинального тока главных контактов пускателя: 1 - 10 А, при наличии буквы Д- 16 А; 2 - 25 А; 3 - 40 А; 4 - 63 А, при наличии в обозначении буквы Д - 80 А; 5 - 125 А; 6 - 160 А; 7 - 250 А.

Х2 - условное обозначение исполнения пускателей по назначению и наличию теплового реле: 1 – пускатель нереверсивный, тепловое реле РТЛ в комплект не входит; 2 – пускатель нереверсивный с тепловым реле РТЛ; 5 –



реверсивный пускатель без теплового реле РТЛ с механической блокировкой для пускателей со степенью защиты IP00 и IP20. С электрической и механической блокировкой для пускателей степени защиты IP40 и IP54; 6 – реверсивный пускатель с тепловым реле РТЛ с электрической и механической блокировками в комплекте; 7 – пускатель со схемой включения «звезда-треугольник»;

X3 - обозначение пускателя по степени защиты и наличия кнопок и сигнальных ламп: 0 – степень защиты IP00; 1 – степень защиты IP54 без кнопок на защитном корпусе (для пускателей без теплового реле) или с кнопкой "Реле" (для пускателей ПМЛ с тепловым реле РТЛ); 2 – степень защиты IP54 с кнопками управления Пуск и Стоп на защитном корпусе; 3 – степень защиты IP54 с кнопками управления Пуск Стоп и сигнальным ламповым индикатором; 4 – степень защиты корпуса IP40 без кнопок управления; 6 – степень защиты IP20. (Сальники на контактных зажимах);

X4 - условное обозначение пускателя количества и типа вспомогательных контактов: 0 - 1 контакт нормально замкнутый (1з); 1 - 1 контакт нормально открытый (1р);

буква (М) – возможность крепления пускателя к Din рейке и монтажной панели;

X5 - обозначение климатического исполнения и категории размещения.

Для подключения систем контроля и индикации, к пускателю или малогабаритному контактору механическим способом присоединяют контактные приставки, размножающие контакты или обеспечивающие выдержку времени (рис. 1.8).

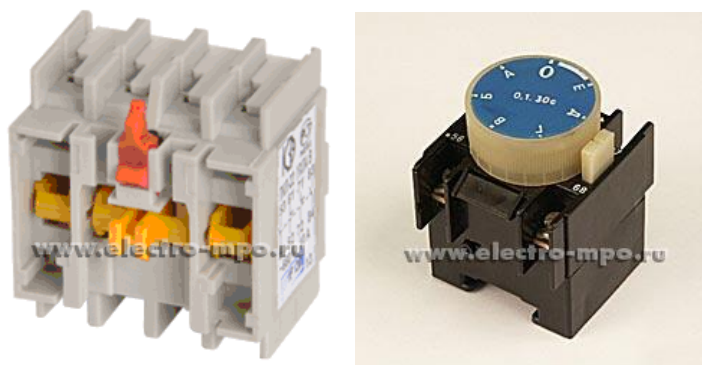


Рисунок 1.8 - Приставка контактная ПКЛ и приставка выдержки времени ПВЛ

Расшифровка условного обозначения контактной приставки:

ПКЛ-Х1Х2 -М-Х3Х4

ПКЛ - наименование приставки "Приставка контактная";

Х1 - количество замыкающих контактов;

Х2 - количество размыкающих контактов;

М - степень защиты IP20;

X3 - обозначение климатического исполнения и категории размещения;  
X4 - исполнение по коммутационной износостойкости в режиме нормальных коммутаций: А, Б, В.

Расшифровка условного обозначения приставки выдержки времени:

ПВЛ-Х1Х2 -Х3

ПВЛ - серия;

Х1 - исполнение (1 – выдержка времени при включении; 2 – выдержка времени при отключении);

Х2 - диапазон выдержки времени, с (1 – 0.1...30; 2 – 10...180; 3 – 0.1...15, 4 – 10...100);

Х3 - климатическое обозначение климатического исполнения и категории размещения;

Х - исполнение по коммутационной износостойкости (А, Б).

В последнее время находят применения электронные реле (пускатели бесконтактные) (рис. 1.9). Они предназначены для быстрого бесконтактного переключения обмоток трехфазных асинхронных двигателей с целью изменения направления вращения и управления другой активно-индуктивной нагрузки питаемой напряжением 380 В.

Принцип работы тиристорного пускателя основан на бесконтактной коммутации цепей электродвигателя посредством полупроводниковых приборов, с помощью схемы управления. Коммутация происходит в моменты перехода питающей фазы через ноль, чтобы броски тока в сети были по возможности минимальными.

При нажатии на кнопку «пуск», напряжение питания подается на плату контроллера, и на управляющие электроды тиристоров подается сигнал на открытие; при переходе фазы сети через ноль, нагрузка подключается к сети. Индикационные светодиоды свидетельствуют о режиме работы пускателя.

При нажатии на кнопку «стоп», сигналы с управляющих электродов тиристоров пропадают, в момент перехода фазы сети через ноль, и нагрузка отключается. В связи с тем, что контроллер отслеживает переход через ноль, имеет место небольшая задержка при отключении тиристоров.

Отличительные особенности бесконтактных тиристорных пускателей заключаются в следующем. Для питания управляющей схемы используется безопасное напряжение 24 вольта. Плата управления может легко запустить реверс двигателя, качественно погасив переходный процесс во время небольшой задержки, что сохранит двигатель, продлит срок его службы во много раз. Сами пускатели при этом весьма долговечны, опять же благодаря «умной» схеме управления.

За счет бесконтактного переключения электронное реле имеет следующие преимущества:

- отсутствие искр и электрической дуги при переключении обеспечивает возможность применения электронного реле на взрыво- и пожароопасных производствах;

- создает существенно меньший уровень электромагнитных помех;
- имеет существенно больший ресурс и не требует профилактических работ в процессе эксплуатации;
- высокое быстродействие и готовность к следующему переключению - количество включений/выключений может достигать 60 раз в минуту.

В то же время, у бесконтактных аппаратов есть и недостатки:

- не обеспечивают гальваническую развязку в цепи и не создают видимого разрыва в ней, что важно с точки зрения техники безопасности;
- габариты, вес и стоимость на сопоставимые технические параметры выше.

Пускатели выпускаются от 10 до 400 А, изготавливаются со степенью защиты IP20, IP44 и IP54. По необходимости с устройством плавного пуска и реверсивным режимом. Конструкция тиристорных пускателей позволяет производить замену электромагнитных выключателей с минимальными издержками, обеспечивает высокую ремонтпригодность путем быстрой замены в случае неисправности съемного блока управления, защиты, индикации. После монтажа практически не требуется проведения предпусковой наладки. Средний срок службы более 15 лет.



Рисунок 1.9 - Бесконтактный пускатель

При выборе контактного или бесконтактного аппарата можно руководствуясь таблицей 1.1.

Таблица 1.1 - Сравнительные данные контактных или бесконтактных аппаратов

Свойство аппарата	Аппараты	
	контактные	бесконтактные
Механический износ деталей	Есть подвижная система; механическая износостойкость контактов около 107 срабатываний	Подвижной системы нет; детали механически не изнашиваются
Электрический износ деталей	Образуется дуга; электрическая износостойкость контактов около 106 срабатываний	Дуга не образуется; электрического износа нет
Быстродействие аппарата и	Время срабатывания - от десятых до сотых долей	Быстродействие значительно выше, чем у контактных

допустимая частота срабатываний	секунды; частота - до тысяч срабатываний в 1 ч	аппаратов; частота срабатываний от $10^5$ до $10^6$ в 1 ч
Стойкость к ударным нагрузкам и вибрациям	Подвержены влиянию ударных нагрузок и вибрациям	Не подвержены влиянию ударных нагрузок и вибрациям, кроме элементов присоединения
Работа во взрывоопасных средах	Могут работать только при наличии защитных оболочек	Работают надежно
Управление слабыми сигналами в коммутационной цепи	Слабые сигналы для управления почти не используются	Легко осуществляется управление слабыми сигналами
Видимый разрыв цепи	Видимый разрыв есть	Видимого разрыва нет
Количество коммутируемых цепей	Легко осуществляется коммутация многих цепей	При увеличении количества коммутируемых цепей значительно увеличивается число элементов, габариты и стоимость аппарата
Устойчивость к перенапряжениям	Выдерживают практически любые перенапряжения; пробивное напряжение промежутка между контактами - до десятков киловольт	Требуется специальная защита от перенапряжений
Токовые перегрузки	Практически выдерживают любые токовые перегрузки (при времени протекания тока короткого замыкания равном 0,01 с допустима перегрузка током примерно в 700 раз по сравнению с номинальной нагрузкой)	Необходима специальная защита от токов короткого замыкания (при времени протекания тока короткого замыкания, равном 0,01 с допустима токовая перегрузка примерно в 25 раз по сравнению с номинальной нагрузкой)
Надежность	Надежность высокая, но зависит от качества обслуживания	Надежность высокая и почти не зависит от обслуживания
Обслуживание	Требуется обслуживание техническим персоналом	Требуется только периодическая чистка
Восприимчивость к искажениям управляющего сигнала	Практически не восприимчивы	Возможны ложные срабатывания, в том числе от случайных импульсов с малой продолжительностью

Технические характеристики некоторых серий электромагнитных пускателей, контакторов, бесконтактных пускателей и приставок контактных приведены в приложении 4.

## 1.5 Тепловое реле

Для безопасности эксплуатации электротехнического оборудования должны использоваться специальные приспособления, которые контролируют соответствие условий и параметров работы нормативным требованиям. Одним из таких устройств является тепловое реле, не допускающее перегрев приборов.

Высокая нагрузка, которую испытывает электрооборудование (чаще всего это электродвигатели), обуславливает рост потребления электроэнергии в процессе функционирования. Это часто приводит к превышению нормативных параметров работы. Перегрузка в электрической цепи является причиной быстрого роста температуры, а она, в свою очередь, вызывает появление неисправностей и аварий. Превышение тока выше номинального значения приводит к перегреву проводников и, как следствие, разрушению изоляции.

Реле тепловой защиты предназначено для воздействия на цепи управления, путем отключения схемы, размыканием контактов, или подачей сигнала предупреждения дежурному персоналу замыкая контакты. Устройство устанавливается после пускового аппарата в силовую цепь перед электродвигателем для того, чтобы контролировать проходящий ток, защищая его от длительных перегрузок.

Грамотно подобранные тепловые реле способны также защитить, например, электродвигатель в случае заклинивания якоря.

Термочувствительным элементом теплового реле является биметаллическая пластина, то есть две, механически соединенных между собой полоски металлов, имеющих разный температурный коэффициент расширения. За счет этого при нагревании она деформируется, тем или иным способом воздействуя на электрические контакты.

Нагрев пластин может осуществляться специальным термopодогpевателем, по которому протекает контролируемый ток, либо при прямом протекании тока (рис. 1.10). Через проводники проходит три фазы питания на электрический двигатель. Обмотка нагрева расположена сверху биметаллической пластины для уменьшения ложного срабатывания от внешнего воздействия (температурная компенсация). Пластины упираются в подвижную планку, которая толкает механизм расцепителя. Сверху расположен пружинный регулятор токовой установки, для точной настройки пределов срабатывания, и две группы контактов (открытые NO и закрытые NC).

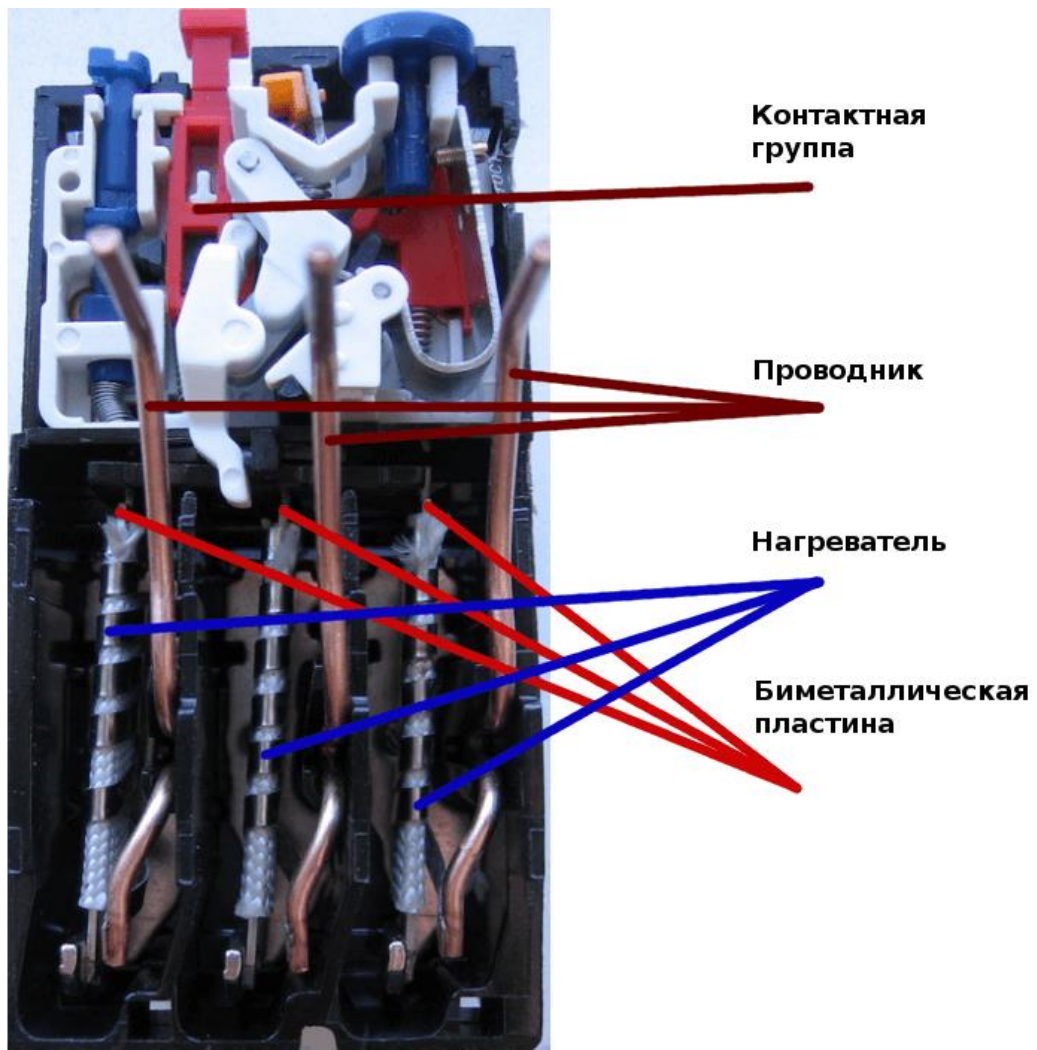


Рисунок 1.10 - Тепловое реле в разрезе

Существуют различные виды и типы тепловых реле и соответственно область применения каждой классификации. Рассмотрим некоторые из них.

РТЛ - трехфазное, предназначено для защиты электродвигателя от перегрузок, перекоса фаз, затынутого пуска или заклинивания ротора. Крепятся на контакты пускатели ПМЛ или как самостоятельное устройство с клеммами КРЛ (рис. 1.11).



Рисунок 1.11 - Тепловое реле РТЛ и клемма КРЛ

РТТ - на три фазы, предназначены для защиты короткозамкнутых двигателей от токов перегрузки, перекоса фаз, заклинивания ротора двигателя, затянутого запуска механизма. Может крепиться на ПМА и ПМЕ пускатели, а также самостоятельно устанавливаться на панели (рис. 1.12).



Рисунок 1.12 - Тепловое реле РТТ

РТИ - защищают электродвигатель от перегрузки, асимметрии фаз, длинного пуска и заклинивания машины (рис. 1.13). Трехфазное тепловое реле, крепится на пускатели серии КМТ и КМИ.



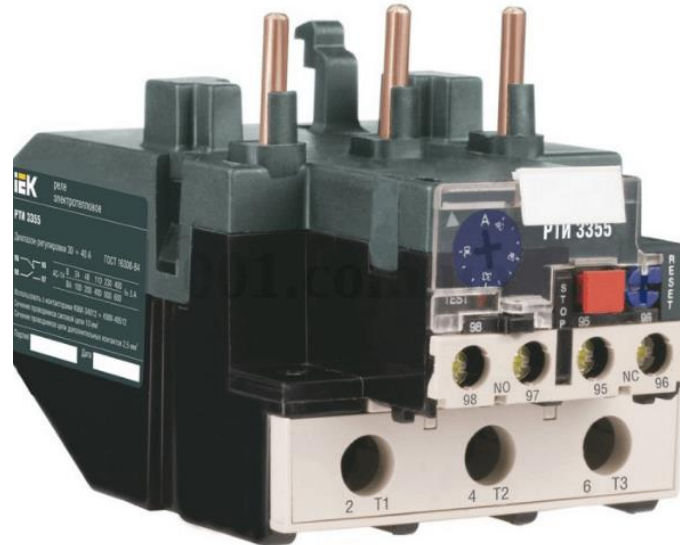


Рисунок 1.13 - Тепловое реле РТИ

ТРН - двухфазное реле, контролирует режим работы и пуска, имеет только ручной возврат контактов, работа устройства мало зависит от температуры окружающей среды (рис. 1.14).



Рисунок 1.14 - Тепловое реле ТРН

Основными характеристиками реле являются номинальный рабочий ток (при котором контакты реле будут замкнуты бесконечно долго) и время срабатывания, которое зависит от величины тока, причем чем он больше, тем срабатывание произойдет быстрее.

Условия выбора тепловых реле.

1. По номинальному напряжению

$$U_{\text{НОМ.ТР}} \geq U_{\text{НОМ.СЕТИ}},$$



где  $U_{НОМ.ТР}$  – номинальное напряжение, на которое рассчитано тепловое реле;  
 $U_{НОМ.СЕТИ}$  – номинальное напряжение сети.

2. По номинальному току

$$I_{НОМ.ТР} \geq I_{НОМ.УСТ},$$

где  $I_{НОМ.ТР}$  – номинальный ток теплового реле;  $I_{НОМ.УСТ}$  – номинальный ток установки.

3. По номинальному току уставки теплового реле

Ток уставки теплового реле должен находиться в пределах диапазона регулирования, желательно по середине диапазона для возможности выполнения регулировки как в большую сторону, так и в меньшую сторону.

4. По климатическому исполнению и категории размещения.

6. По степени защиты.

### **Основная литература:**

1. Лукина, Галина Владимировна. Проектирование систем электрификации в сельском хозяйстве : учеб. пособие : рек. УМО / Г. В. Лукина, И. В. Наумов, М. Ю. Бузунова, 2001. - 117 с.

### **Дополнительная литература:**

1. Рычкова, Людмила Петровна. Проектирование систем электрификации в сельском хозяйстве. Курсовой проект [Электронный ресурс] : учеб. пособие для самостоятельной работы студентов энергет. фак., спец. 110302.65 - Электрификация и автоматизация сел. хоз-ва, для заочн. формы обучения / Л. П. Рычкова, 2010. - 1 эл. опт. диск

2. Каганов И.Л. Курсовое и дипломное проектирование. М.: Колос, 1990. – 351с., ил. Белоруссов М.И. и др. Электрические кабели, провода и шнуры. Справочник М.И. Белоруссова, 5 изд. перераб и доп. – М.: Информэлектро, 1998. – 175 с., ил.

3. Пособие к курсовому и дипломному проектированию для электроэнергетических специальностей. / Под ред. Блока В.И. – М.: Высшая школа, 1991. – 340с., ил.

### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины:**

1. Юндин М. А. Курсовое и дипломное проектирование по электроснабжению сельского хозяйства [Электронный учебник] / М. А. Юндин, А. М. Королев, 2011. - 319, [1] с. [1] с. - Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=1803](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=1803)[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=1810](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=1810)

### **Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине:**

1. Беззубцева М.М. Энергоэффективные электротехнологии в агроинженерном сервисе и природопользовании [Электронный учебник] : "учеб.пособие для студ. высш. учеб. заведений, обучающихся по направлению подгот.: 110800.68 - Агроинженерия" (Профиль ""Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве"", 2012. - 240 с. - Режим доступа: <http://rucont.ru/efd/258990>