МИНИCТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ**

**ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**(ДГТУ)**

**В.Н. Черкасов, В.И. Зыков, А.Н. Петренко, В.Е. Мереняшев**

**ЛЕКЦИЯ № 5**

**ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**«Пожарная безопасность электроустановок»**

Специальность 20.05.01 «Пожарная безопасность»

Ростов-на-Дону

2022

**Учебные вопросы**

1. **Аппараты защиты в электроустановках:**

**а) плавкие предохранители;**

**б) автоматические выключатели (автоматы);**

**в) тепловые реле.**

1. **Выбор аппаратов защиты.**
2. **Устройство защитного отключения.**

**Учебный вопрос №1. Аппараты защиты в электроустановках.**

**Аппараты защиты и защитного отключения предназначаются для** защиты электрических сетей, машин и аппаратов от аварийных режимов (например, коротких замыканий (КЗ), перегрузок), угрожающих сохранности электрооборудования и безопасности персонала. Однако при неправильном монтаже и эксплуатации они сами могут быть причиной аварии, пожара или взрыва, так как во время их работы возникают электрические искры, дуги и прочее.

Наиболее часто применяемыми аппаратами защиты являются плавкие предохранители, воздушные автоматические выключатели (автоматы), реле (в учебнике рассматриваются только тепловые реле, применяемые в магнитных пускателях) и устройства защитного отключения (УЗО).

**Принцип устройства и работы плавких предохранителей**

**Плавким предохранителем** называется устройство, в котором при токе, превышающем допустимое значение, расплавляется плавкий элемент плавкой вставки и размыкается электрическая цепь. Плавкий предохранитель состоит из плавкой вставки, поддерживающего ее контактного устройства и патрона (корпуса). Основной частью плавкой вставки является плавкий элемент. Плавкая вставка подлежит замене после срабатывания предохранителя.

**Плавкие предохранители характеризуются следующими параметрами:**

Номинальное напряжение*U*н.пр – напряжение, указанное на предохранителе и соответствующее наибольшему номинальному напряжению сетей, в которых разрешается установка данного предохранителя. Так, предохранители типа ПР-2 первого габарита (меньших размеров) имеют маркировку 250 В и могут устанавливаться в сетях с номинальным напряжением до  
250 В постоянного тока и до 380 В переменного тока. Предохранители ПР-2 второго габарита (больших размеров) имеют маркировку 500 В и могут устанавливаться в сетях напряжением 500 В и ниже .

Номинальный ток предохранителя*I*н.пр– ток, указанный на предохранителе и равный наибольшему из номинальных токов плавких вставок, предназначенных для данного предохранителя. На этот ток рассчитаны все токоведущие контактные части предохранителя.

Номинальный ток плавкой вставки Iн.вст– ток, указанный на вставке, для которого она предназначена, при длительной работе. Номинальный ток предохранителя всегда должен быть больше или равен номинальному току плавкой вставки, т.е. *I*н.пр≥*I*н.вст.

Пограничный ток плавкой вставки I∞- ток, при котором вставка расплавится через промежуток времени, достаточный для достижения ею установившейся температуры. Это время обычно равно 1-2 ч. Ток *I*∞ больше *I*н.вст.

Предельный ток отключения предохранителя Iпр.пр– наибольшее значение тока КЗ сети, при котором гарантируется надежная работа предохранителей, т.е. дуга гасится без каких-либо повреждений патрона (корпуса).

**Защитная характеристика предохранителя**

Предохранители обладают защитной, или времятоковой характеристикой (рис. 3.1). Она представляет собой зависимость времени полного отклонения τоткл от отношения ожидаемого тока в цепи (тока КЗ или перегрузки *I*) к номинальному току плавкой вставки.

**Автоматические выключатели (автоматы**)

Для более надежной защиты электрических сетей от токов перегрузки и КЗ применяются автоматические выключатели, которые одновременно могут служить для нечастых коммутаций электрических сетей. Поэтому их следует широко использовать в электроустановках пожаро- и взрывоопасных производств.

Автоматы различают по их быстродействию. Ниже рассматриваются только **небыстродействующие**автоматы, получившие большое распространение на промышленных предприятиях, у которых собственное время отключения не менее 10 мс.

**Устройство и принцип работы небыстродействующих автоматов**

**Автомат состоит из корпуса,** подвижных и неподвижных контактов, дугогасительных камер, механизма управления, механизма свободного расцепления и расцепителя.

Корпус автомата выполнен из пластмассы, стеклонаполненного полиамида, фарфора или стали и состоит из основания, на котором непосредственно монтируют части автомата и крышки. Корпус закрывает все части, обеспечивая безопасность персонала при срабатывании автомата и его обслуживании.

У многих автоматов контакты каждого полюса заключены в дугогасительную камеру, где дуга гасится дроблением и деионизацией ее в щелях между поперечными металлическими пластинками.

Механизм управления обеспечивает моментное замыкание и размыкание контактов с постоянной скоростью, не зависящей от скорости движения кнопки или рычага. Он может представлять собой рычаг с рукояткой или кнопку включения и отключения, по положению которых определяется коммутационное положение контактов автомата.

**Основным узлом**, обеспечивающим автоматическое срабатывание автомата при ненормальном режиме, является расцепитель. В автоматах наиболее часто используются расцепители максимального тока, которые срабатывают при токе, превышающем ток уставки. В зависимости от встраиваемых расцепителей максимального тока автоматы изготовляются с электромагнитным расцепителем М, тепловым расцепителем Т и комбинированным расцепителем МТ (т.е. электромагнитным и тепловым).

На рис. 3.7 представлены автоматы с электромагнитным расцепителем. Во включенном положении автомат удерживает защелка *4*, сцепленная с рычагом *3* рукоятки *10*. Пружина *7* обеспечивает надежность этого сцепления. При нормальном токе якорь *8* защелки *4* стремится притянуть к сердечнику электромагнита *9*, но этому препятствует пружина. Когда ток в защищаемой цепи превышает установленное значение (например, при КЗ), якорь *8* притягивается к сердечнику, защелка поворачивается на оси *5* и освобождает рычаг *3*. После этого под действием отключающей пружины *2* и собственного веса подвижного контакта *1* автомат отключается. Положение защелки при отключенном автомате определяется упором якоря *6*.

*I*

*1*

*2*

*3*

*4*

*5*

*6*

*7*

*8*

*9*

*1*

*10*

*2*

*3*

*4*

*5*

*6*

*7*

*8*

*9*

*а*

*б*

*I*

*I*

Рис. 3.7. Принципиальная схема однополюсного автомата с электромагнитнымрасцепителем максимального тока без выдержки времени:

*а* – электрическая схема: *б* – монтажная схема; *1* – подвижный

контакт; *2* – отключающая пружина; *3* – рычаг; *4* – защелка; *5* – ось;

*6* – упор якоря; *7* - пружина сцепления; *8* – якорь; *9* – электромагнит;

*10* - рукоятка

В электросиловых установках часто возникают кратковременные повышенные токи, не опасные для установки (например, пусковые токи электродвигателей). Чтобы избежать отключения цепи при таких токах, расцепитель максимального тока устанавливают на ток срабатывания, который превышает значение кратковременных больших токов. При этом автомат перестает защищать электрооборудование от всех перегрузок, не превышающих ток срабатывания.

Большинство автоматов имеют расцепители максимального тока без выдержки времени и мгновенно отключаются. Некоторые автоматы снабжаются расцепителем максимального тока с выдержкой времени, т.е. приспособлением, которое создает определенный промежуток времени между воздействием тока на автомат и моментом отключения цепи. Для выдержки времени используются часовой механизм, масляный или воздушный тормоз, электромагнитные замедлители и т.д. У таких автоматов сердечник электромагнита вернется в исходное положение, если толчок тока закончится прежде, чем механизм выдержки времени позволит освободить защелку. Существенным недостатком автомата, представленного на рис. 3.7, является отсутствие *механизма свободного расцепления*, автоматически отключающего автомат при КЗ и в том случае, когда по каким-либо причинам подвижный его контакт *1* долгое время удерживается рукой во включенном положении. Этот механизм выполняют в виде системы ломающихся рычагов. Автоматы без механизмов свободного расцепления недостаточно надежны и небезопасны при обслуживании. Применение автоматов без механизма свободного расцепления для защиты электроустановок пожаровзрывоопасных производств недопустимо.

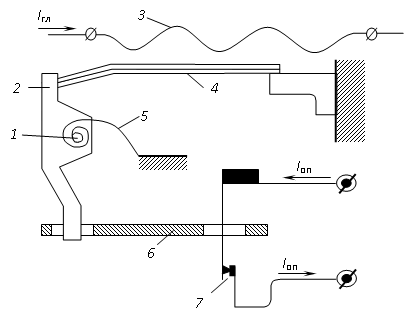


Рис. 3.8. Схема теплового расцепителя максимального тока  
косвенного действия:

*1* – ось; *2* – защелка; *3* – нагревательный элемент; *4* – биметаллический  
элемент; *5* – пружина; *6* – тяга; *7* – контакты

На рис. 3.8 представлены автоматы с тепловым расцепителем. Такой расцепитель действует при помощи биметаллического элемента *4*, который представляет собой две механически связанные пластины из металлов с различными температурными коэффициентами расширения. Тепло, выделяемое нагревательным элементом *3*, включенным в цепь главного тока *I*гл (защищаемую цепь), воздействует на биметаллический элемент. При перегрузке цепи главного тока обе пластины биметаллического элемента, нагреваясь, значительно, но неодинаково удлиняются, вследствие чего биметаллический элемент изгибается вверх и выходит из зацепления с защелкой *2*. Последняя под действием пружины *5* поворачивается вокруг оси *1* по часовой стрелке и изоляционной тягой *6* размыкает контакты *7*, прерывая цепь оперативного тока *I*оп. Это соответствует нажатию кнопки «Стоп» в схеме магнитного пускателя. Часто в автоматах с тепловымрасцепителем нагревательный элемент отсутствует, и ток протекает по биметаллическому элементу. После срабатывания тепловой расцепитель должен остыть, и только потом автомат может быть включен вновь.

Таким образом, отключение автомата при срабатывании любого расцепителя происходит вследствие воздействия на механизм свободного расцепителя. При этом нарушается связь между механизмом управления и контактами, и они переходят в отключенное положение под действием отключающих пружин независимо от положения механизма управления.

**Учебный вопрос №2: Выбор аппаратов защиты**

Плавкие предохранители и автоматы имеют различные достоинства и недостатки, которые следует учитывать при защите электроустановок от токов перегрузок и токов КЗ, особенно электроустановок пожаровзрывоопасных производств. Поскольку предохранитель является однофазным аппаратом, при перегрузках может перегореть плавкая вставка только в одной из фаз трехфазной сети. Трехфазный электродвигатель будет работать на оставшихся двух фазах. Обмотки электродвигателя быстро нагреваются (в течение нескольких минут) и при отсутствии защиты от перегрузки тепловыми реле могут быть повреждены.

Предохранители хуже, чем автоматы защищают установку от небольших перегрузок, так как у них отношение *I*/*I*н.вст большее, т.е. инерционность выше. При этом и время, необходимое для замены плавких вставок и восстановления питания отключенной установки, достаточно велико. Из-за этого происходят большие простои оборудования, чем при использовании автоматов.

Конструкция некоторых типов предохранителей позволяет применять нестандартные (некалиброванные) плавкие вставки, «жучки» и т.п. При таких кустарных вставках весьма вероятны местные перегревы, порча и даже разрыв патронов (например, предохранителей типа ПР). Они перестают быть надежными аппаратами защиты и могут привести к авариям, пожарам и взрывам. Однако по сравнению с автоматами предохранители имеют и некоторые преимущества. Они дешевы, конструктивно просты и срабатывают при сверхтоках безотказно. Предохранители лучше ограничивают большие токи КЗ и обладают большей разрывной способностью, чем установочные автоматы.

Автоматы рекомендуется применять в тех установках, в которых необходимо быстрое восстановление питания. Автоматы имеют более устойчивые и постоянные защитные характеристики, обеспечивают надежное отключение и селективную защиту от сверхтоков, позволяют сравнительно точно установить определенный ток срабатывания. Они удобны в эксплуатации, надежны и безопасны. Возможность неполнофазных отключений при защите автоматом отсутствует. В зарубежной практике часто используют совместную установку автоматов и токоограничивающих предохранителей, а некоторые фирмы даже встраивают такие предохранители в корпуса автоматов.

**Требования к аппаратам защиты**

**Аппараты защиты должны удовлетворять следующим требованиям:**

1. Не нагреваться сверх допустимой для них температуры в условиях нормальной эксплуатации.

2. Не отключать электроустановки при кратковременных перегрузках (пусковые токи, «пики» токов технологических нагрузок, токи при самозапуске и т.п.).

Номинальные токи плавких вставок предохранителей и токи уставок автоматов, служащих для защиты отдельных участков сети, следует выбирать по возможности минимальными по расчетным токам этих участков или нормальным токам электроприемников. Соблюдение этих условий обязательно во всех случаях. Длительный перегрев аппаратов защиты резко ухудшает их защитные свойства, например, возможность срабатывания при нагрузках, свойственных нормальной эксплуатации электроустановок, отклонение защитных характеристик от стандартных, свойственных нормальному температурному режиму работы, и т.д.

**Селективность (избирательность) действия аппаратов защиты**

Аппараты защиты должны отключать сеть и установки при появлении опасных для них токов КЗ и перегрузки в минимальное время, но по возможности селективно. Под селективным действием аппаратов защиты следует понимать такую их работу, когда на появление сверхтоков (токов КЗ, перегрузки и т.п.) реагирует только ближайший к месту повреждения защитный аппарат и не отключается последующий аппарат.

Если отключится не ближайший, а вышестоящий к месту повреждения в схеме электроснабжения аппарат защиты, это приведет к отключению не одного потребителя, а группы потребителей. Следовательно, масштабы и последствия аварийного отключения технологических аппаратов могут обусловить возникновение пожара или взрыва.

Выбор мест установки аппаратов защиты в зависимости  
от условий пожарной безопасности и технических условий

По условиям пожарной безопасности аппараты защиты устанавливают на панелях сборок, щитов, шкафов и блоков управления так, чтобы  
возникающие в них искры и электрическая дуга не могли причинить вреда обслуживающему персоналу, воспламенить или повредить окружающие предметы. В помещениях сырых и с химически активной средой аппараты защиты следует располагать в уплотненных шкафах или выносить их из этих помещений: повышенное содержание влаги и химически активных веществ в воздухе вызывает окисление и постепенное разрушение аппаратов защиты

Аппараты защиты следует устанавливать во всех местах сети, где сечение жилы проводника уменьшается, или в местах, где это необходимо для соблюдения селективности

**Учебный вопрос №3:Устройства защитного отключения**

**Устройство защитного отключения (УЗО) предназначено** для обеспечения электро- и пожарной безопасности в бытовых и промышленных электроустановках. Из всех известных средств защиты от электрического тока УЗО является единственным устройством, обеспечивающим защиту человека от поражения током, даже в случае прямого прикосновения к токоведущим частям. УЗО предотвращает возгорания и пожары, возникающие вследствие длительного протекания токов утечки и развивающихся из них токов короткого замыкания. УЗО производит отключение потребителей электрической энергии при возникновении в них токов утечки, величина которых значительно меньше токов короткого замыкания. Поэтому УЗО предупреждают нагрев проводников, обеспечивая также пожарную безопасность.

Электрическая безопасность техническими средствами может обеспечиваться тремя способами: уменьшением напряжения прикосновения; уменьшением тока, который может поразить человека; уменьшением времени воздействия напряжения и тока, поражающих человека.

Конструкция УЗО обеспечивает быстрое отключение защищаемой электроустановки от сети при протекании тока через тело человека. Если ток утечки на землю возникает в результате разрушения изоляции, то УЗО можно рассматривать как устройство пожарной безопасности.

*2*

*5*

*4*

*7*

1

*3*

*1*

N Л2

N Л2

*6*

*8*

Рис. 3.17. Устройство защитного отключения:

*1* – магнитопровод; *2* – резистор тестовой цепи; *3* – пружина; *4* – контактная группа; *5* – кнопка теста; *6* – магнитоэлектрическая защелка *7* – рабочие проводники; *8* – механизм расцепителя; N – рабочий и защитный нейтральный (нулевой) проводник; Л2 – линейный проводник

Элементы конструкции УЗО. Основными элементами конструкции УЗО (рис. 3.17) являются: трансформатор тока *1*; чувствительный элемент - магнитоэлектрическая защелка *2*; механический пружинный расцепитель*3*; контактная группа *4*; кнопка теста *5*; резистор тестовой цепи *6*; рабочие проводники *7*; механизм расцепителя*8*.

Цепь тестирования предназначена для осуществления периодического контроля исправности устройства, создающего ток утечки нажатием кнопки «тест».

Принцип действия УЗО. Устройство защитного отключения представляет быстродействующий выключатель, автоматически отключающий контролируемую электроустановку от сети при возникновении в ней тока утечки на землю (рис. 3.18).

Ток утечки может быть вызван прямым прикосновением человека к токоведущим частям в результате повреждения или разрушения изоляции. Срабатывание УЗО происходит за счет использования энергии тока утечки *I*ут, вызывающего срабатывание магнитоэлектрической защелки и пружинного расцепителя.

До тех пор, пока ток утечки отсутствует, т.е. нет пробоя или повреждения изоляции электроприемника или нет прямого прикосновения человека к токоведущим частям, токи в прямом *I*1 и обратном *I*2 проводниках нагрузки *3* равны и наводят в магнитном сердечнике *4* трансформатора тока УЗО равные, но встречно направленные магнитные потоки Ф1 и Ф2 , в результате чего ток во вторичной обмотке *5*равен нулю и не вызывает срабатывания чувствительного элемента - магнитоэлектрической защелки *6*, которая также представлена на рис. 3.17. При возникновении тока утечки, например прикосновения человека к фазному проводнику, баланс токов и магнитных потоков нарушается, во вторичной обмотке появляется ток небаланса *I*Δ, который вызывает срабатывание защелки *6*, воздействующей, в свою очередь, на механизм расцепителя*7* и контактную группу *4.* Электромеханическая система УЗО рассчитывается на срабатывание при определенных значениях - «уставки» тока утечки. Наиболее широко применяются УЗО с «уставками» на 10, 30 и 100 мА.

*1*

*I*1

*I*

*5*

*6*

*7*

*I*2

*4*

*8*

*I*ут

*2*

*3*

УЗО

*R*з

Л1

Л2

Л3

N

Рис. 3.18. Схема электроустановки с УЗО:

*1* – магнитный сердечник трансформатора тока *2,3* – прямой и обратный проводники; *4*– контактная группа; *5* – вторичная обмотка; *6* – магнитоэлектрическая защелка; *7* – механизм расцепителя; *8* – нагрузка;;; Л1, Л2, Л3 – линейные проводники; N – рабочий и защитный нейтральный (нулевой) проводник