

П 1:31
Ч-48

архив

ВЫСШАЯ ШКОЛА МВД РСФСР

В. Н. ЧЕРКАСОВ

АППАРАТЫ ЗАЩИТЫ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ

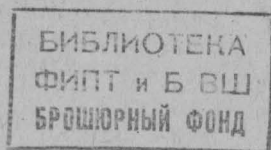
Москва — 1962

Инженер-подполковник В. Н. ЧЕРКАСОВ

594/21445.
АППАРАТЫ ЗАЩИТЫ
В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ

Учебное пособие по курсу
„ПОЖАРНАЯ ПРОФИЛАКТИКА
В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ“

Одобрено кафедрой пожарной профилактики



ВВЕДЕНИЕ

При передаче и распределении электрической энергии между электроприемниками особое внимание должно быть уделено вопросам техники безопасности и пожарной безопасности электроустановок.

Выполнение этих требований достигается наряду с применением ряда специальных устройств выбором наиболее надежных видов электрических коммутационных аппаратов — аппаратов защиты.

Аппараты защиты служат для предохранения электрических сетей, машин и установок от коротких замыканий, перегрузок и других явлений, могущих послужить причиной возникновения пожара или взрыва.

Однако аппараты защиты при неправильном монтаже и эксплуатации сами могут послужить причиной аварии, пожара или взрыва, так как при их работе возникают электрические искры, дуги и др.

В связи с изложенным автор поставил перед собой задачу обобщить не только данные о конструктивных и эксплуатационных особенностях аппаратов защиты, но и проанализировать их пожарную опасность для выработки рекомендаций по ее предупреждению.

Наиболее характерные аппараты защиты:

- а) плавкие предохранители;
- б) воздушные автоматические выключатели (сокращенно — автоматы);
- в) реле.

В данном пособии рассмотрены основные вопросы о плавких предохранителях и автоматах.

Пособие, предназначающееся для слушателей факультета инженеров противопожарной техники и безопасности, может также представить интерес для практических работников пожарной охраны, инженерно-технического персонала объектов народного хозяйства и проектных организаций, занимающихся проектированием и эксплуатацией электроустановок.

1. ПЛАВКИЕ ПРЕДОХРАНИТЕЛИ

1. НАЗНАЧЕНИЕ, ПРИНЦИП УСТРОЙСТВА И РАБОТЫ

Плавким предохранителем называется электрический аппарат, который при токе, большем заданной величины, размыкает электрическую цепь путем расплавления **плавкой вставки**, непосредственно нагретой током до состояния плавления.

Плавкие предохранители широко применяются для защиты электроустановок напряжением до 1000 в и выше. В данном пособии рассматриваются типы предохранителей, применяемые только в электроустановках напряжением до 1000 в.

Плавкий предохранитель в основном состоит из (рис. 1) металлической плавкой вставки; поддерживающего ее контактного устройства; патрона (корпуса).

Многие предохранители имеют также специальные устройства для гашения дуги, образующейся при расплавлении плавкой вставки.

Обычно плавкие вставки находятся внутри патрона, состоящего из изоляционной оболочки, армированной деталями для крепления плавкой вставки и подвода тока к ней.

По степени закрытия плавкой вставки, а следовательно, по эффекту воздействия электрической дуги на окружающую среду, предохранители применяются:

без патрона, т. е. с открытой плавкой

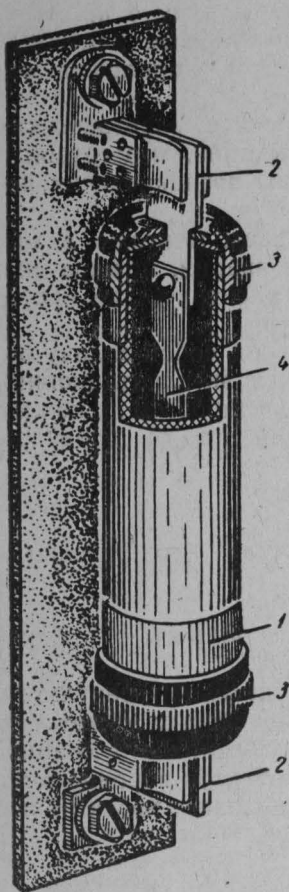


Рис. 1. Предохранитель серии
ПР

1 — фибровый корпус; 2 — контакт;
3 — обойма; 4 — плавкая вставка

вставкой, которые не имеют устройств, ограничивающих объем дуги, выброс пламени и частиц расплавленного металла. Такие предохранители при неправильном монтаже и эксплуатации наиболее пожароопасны;

с полужакрытым патроном, у которых оболочка патрона открыта с одной или с двух сторон, что по сравнению с предохранителями без патрона несколько снижает опасность для окружающих, а также уменьшает опасность перекрытия между фазами. Следовательно, такие предохранители менее пожароопасны, чем предохранители без патрона;

с закрытым патроном, у которых оболочка патрона закрыта или снабжена соответствующим наполнителем, что исключает выброс пламени, недопустимого как по условиям техники безопасности, так и пожарной опасности. Эти предохранители наиболее совершенны и пожаробезопасны, поэтому современные предохранители обычно делают с закрытым патроном.

Патроны предохранителей выполняются **разборными** и **неразборными**. В первом случае патрон предохранителя может быть многократно и легко разобран, заряжен новой сменной плавкой вставкой и вновь собран без применения специального инструмента. Во втором случае патрон не разбирается, а поэтому для смены плавкой вставки необходимо установить запасной патрон.

В зависимости от мер, принимаемых для гашения дуги, различают предохранители:

с наполнителем, у которых дуга гасится в порошкообразном, зернообразном или волокнистом наполнителе (тальк, кварцевый песок и т. д.);

без наполнителя, у которых гашение дуги происходит вследствие высокого давления в патроне или движения газов.

Принцип действия плавких предохранителей основан на том, что прохождение электрического тока по плавкой вставке сопровождается выделением тепла, пропорционального квадрату тока и ее сопротивлению I^2r . В нормальных условиях это тепло рассеивается в окружающую среду путем излучения, конвекции и теплопроводности (главным образом через контакты).

В том случае, если выделяющееся в плавкой вставке тепло больше отводимого, избыток тепла вызывает повышение температуры вставки до тех пор, пока не наступит тепловой баланс при новой температуре или пока вставка не расплавится (перегорит).

Процесс плавления плавкой вставки и образование дуги при этом объясняется примерно следующим образом.

При больших плотностях тока (т. е. при токах перегрузки большой кратности) все сечения с одинаковой плотностью тока имеют одинаковую температуру. Вставка на протяжении всех участков одинакового сечения начинает плавиться снаружи, так как температура внутренних и наружных слоев почти одинакова, а благодаря сжатию проводника под влиянием электродинамических сил температура плавления внутри выше, чем снаружи. После плавления наружных слоев под влиянием сжатия жидкого металла об-

разуются узкие перешейки, соединяющие капли металла. Это ускоряет разрыв цепи как вследствие ускоренного нагрева перешейков, так и в результате появления разрывающего усилия в местах сужения линий тока. Распадение медной и серебряной вставки на ряд расплавленных шариков по всей длине участка постоянного сечения происходит при плотностях тока больших 1000 а/мм^2 . Появляются одна за другой короткие дуги, при этом добавление каждой новой дуги увеличивает напряжение на дуговом промежутке ступенями на 20—25 в. В результате в процессе образования дуги на всей длине выплавившегося участка вставки появляется перенапряжение [1].

Плавкая вставка может быть разорвана электродинамическими силами и до начала плавления.

При рассмотрении плавких предохранителей различают следующие понятия:

номинальный ток предохранителя $I_{н. пр}$ — ток, который указан на предохранителе, равный наибольшему из номинальных токов плавких вставок, предназначенных для данного предохранителя;

номинальный ток плавкой вставки предохранителя $I_{н. вст}$ — ток, указанный на плавкой вставке, для которого она предназначена при длительной работе.

Номинальный ток предохранителя всегда должен быть больше или равен номинальному току плавкой вставки:

$$I_{н. пр} \geq I_{н. вст};$$

пограничный ток плавкой вставки I_{∞} — ток, при котором плавкая вставка расплавится через промежуток времени, достаточный для достижения ею установившейся температуры; это время должно быть равно 1—2 часам;

предельный ток отключения предохранителя при данном напряжении $I_{пр}$ — наибольшее значение тока короткого замыкания сети, при котором гарантируется надежная работа предохранителя.

2. ЗАЩИТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Полное время отключения цепи плавкой вставкой предохранителя определяется общей продолжительностью нагревания вставки от ее температуры при нагрузке номинальным током до температуры плавления материала вставки, расплавлением ее и горением дуги.

Зависимость полного времени отключения цепи плавкой вставкой предохранителя $\tau_{откл}$ от протекающего по ней тока изображают графически в виде так называемой защитной, или «время-токовой»*, характеристики (рис. 2).

Защитной, или «время-токовой», характеристикой предохранителя называется характеристика, определяющая зависимость полного времени отключения цепи от отношения величины тока I , про-

* Иногда в каталогах защитная характеристика именуется «амперсекундной».

текающего через вставку, к номинальному току вставки $I_{н. вст}$, т. е. $\tau_{откл} = f\left(\frac{I}{I_{н. вст}}\right)$. (1)

На рис. 2 по горизонтальной оси отложена кратность тока перегрузки или короткого замыкания по отношению к номинальному току плавкой вставки. По вертикальной оси — время полного отключения цепи $\tau_{откл}$. Такая характеристика с указанием на горизонтальной оси кратности токов является типовой.

Она относится не к одному предохранителю, а к серии подобных друг другу предохранителей на разные номинальные то-

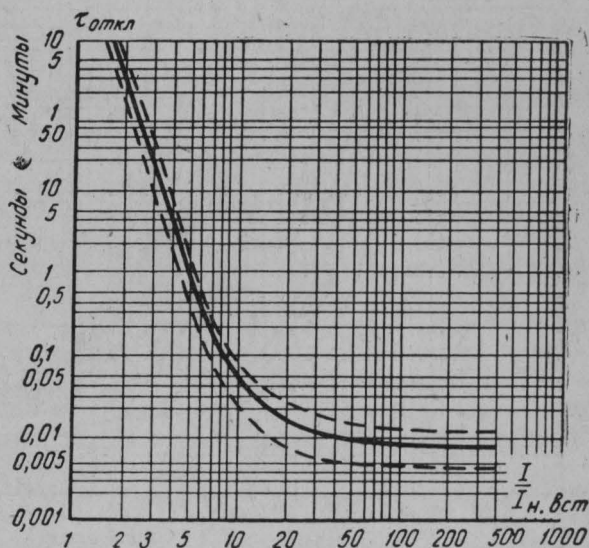


Рис. 2. Типовая защитная характеристика предохранителей серии ПН2

ки $I_{н. пр}$. Когда же необходимо судить о каждой плавкой вставке отдельно, то на горизонтальной оси откладывается не кратность тока перегрузки, а абсолютная величина тока в амперах, и для каждой вставки дается отдельная кривая зависимости времени отключения цепи. В итоге получается семейство защитных характеристик, подобное указанному на рис. 3.

При пользовании защитными характеристиками предохранителей, изображенными в виде одной линии, необходимо иметь в виду, что они дают средние значения времени отключения при данном токе. В действительности же от этих средних значений наблюдаются существенные отклонения, зависящие от производственных допусков в самом материале плавких вставок и в их изготовлении, от качества контактов и старения материала плавких вставок в процессе эксплуатации.

Эти отклонения могут достигать $\pm 25-50\%$. Поэтому защитную характеристику каждой вставки в действительности следовало бы изображать в виде широкой полосы, в пределах которой лежит возможное время отключения. Это не делают только для удобства чтения и легкости изображения семейства кривых. Например, на рис. 2 возможное время отключения лежит в пределах, ограниченных пунктирными линиями.

Графическое построение защитной характеристики позволяет определять надежность защиты элементов электроустановок дан-

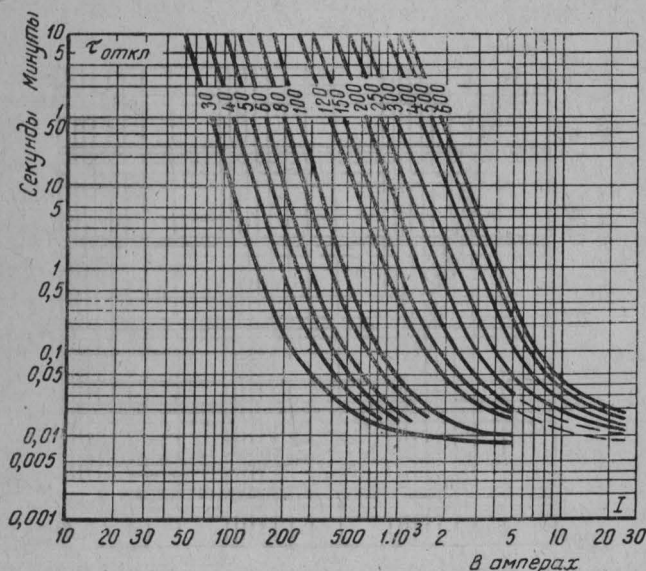


Рис. 3. Семейство защитных характеристик плавких вставок предохранителей серии ПН2

ными плавкими предохранителями от токов перегрузок и коротких замыканий. Для этого необходимо на совмещенном графике сопоставить защитную характеристику предохранителя и тепловую характеристику защищаемого элемента электроустановки (провода, кабеля, электродвигателя и т. п.). Такой способ определения надежности защиты предохранителями электроустановок является наиболее точным и применяется в ответственных и сложных случаях или при наличии характеристик*.

Тепловая характеристика элемента электрической установки изображается кривой, выражающей зависимость промежутка времени, в течение которого температура этого элемента достигнет

* На практике выбор номинальных параметров предохранителей по условиям надежности защиты электроустановок сводится к более упрощенному способу (см. раздел III).

предельно-допустимого значения от отношения фактически протекающего тока I к номинальному току I_n , т. е.

$$\tau_{\text{нагр}} = f\left(\frac{I}{I_n}\right). \quad (2)$$

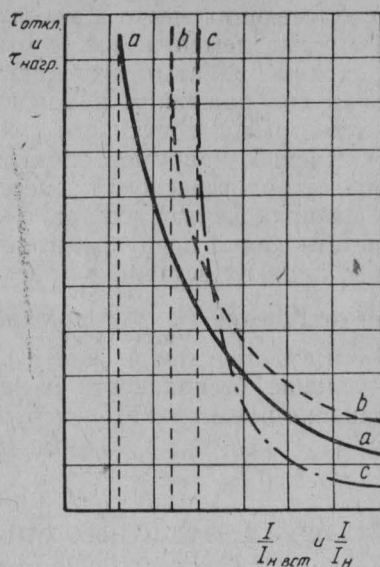


Рис. 4. Сопоставление защитных характеристик плавких вставок предохранителей с тепловой характеристикой защищаемого элемента

aa и *cc* — защитные характеристики; *bb* — тепловая характеристика

На рис. 4 показано сопоставление защитных характеристик плавких предохранителей и тепловой характеристики элемента электрической установки. Предохранитель, вставки которого имеют характеристику *aa*, обеспечивает защиту элемента электроустановки с тепловой характеристикой *bb* при любой кратности тока. Предохранитель, вставки которого имеют характеристику *cc*, может обеспечивать защиту того же элемента установки только при значительных кратностях, в данном случае при кратности более 4. При меньших кратностях температура защищаемого элемента успеет превысить предельно допустимое значение раньше, чем перегорит вставка, и элемент установки не будет защищен. Это может привести к выходу его из строя.

Поэтому для улучшения защитных характеристик плавких вставок, зависящих в основном от отношения $\frac{I_{\infty}}{I_{n. \text{вст}}}$, необходимо, чтобы это отношение было меньше.

Чем меньше это отношение, тем защитная характеристика плавкой вставки в большей степени отвечает требованиям защиты элементов установки от перегрузки.

С другой стороны, слишком малое значение отношения $\frac{I_{\infty}}{I_{н. вст}}$ явилось бы причиной ложных отключений при случайных небольших перегрузках, часто имеющих место в эксплуатации и не представляющих опасности для элемента. Такие отклонения, нарушающие нормальный режим работы технологических установок, недопустимы по многим соображениям и в частности по технике безопасности и пожаро-взрывобезопасности. Не предусмотренное режимом работы отключение, например электродвигателя, может привести к нарушению технологического процесса и в зависимости от вида установки к возникновению пожара или взрыва, если не будут приняты соответствующие предупредительные меры.

Следовательно, для плавких вставок с приемлемыми защитными характеристиками отношение $\frac{I_{\infty}}{I_{н. вст}}$ должно составлять величину не более 1,4—1,5 и вместе с тем не менее 1,25—1,3 [2].

Таким образом, условие безопасности и надежности защиты элемента электроустановки предохранителем будет выражаться соотношением:

$$\tau_{откл} \leq \tau_{нагр}. \quad (3)$$

3. СПОСОБЫ УЛУЧШЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Улучшение защитных характеристик плавких вставок может быть достигнуто следующими основными способами:

- а) выбором материала плавкой вставки;
- б) применением плавких вставок с так называемым металлургическим эффектом;
- в) конструкцией плавкой вставки, т. е. выбором ее длины и формы.

а) Материал плавкой вставки

Плавкие вставки обычно изготавливаются из меди, серебра, олова, свинца, цинка и алюминия.

Как показали испытания, материал плавкой вставки существенно влияет на ее защитную характеристику. Так, например, вставки из легкоплавких металлов — олова, свинца, цинка, алюминия — имеют более благоприятные характеристики для защиты элементов электроустановки от токов перегрузки, так как они позволяют получить большую выдержку времени. Плавкие вставки из указанных материалов характеризуются большим электрическим сопротивлением и малой теплопроводностью. Следовательно, масса плавкой вставки при одинаковом номинальном токе получается в несколько раз больше, чем у вставки из меди или серебра, что сильно снижает разрывную способность предохранителя.

Плавкие вставки из тугоплавких металлов — меди и серебра — дают меньшую выдержку времени при перегрузках, что ухудшает их защитные характеристики. Существенным недостатком медных и серебряных плавких вставок является также сравнительно высокая температура их плавления. При длительном протекании через предохранитель тока, несколько меньшего тока плавления вставки, они могут длительно нагреваться до температуры 900° или несколько больше, не расплавляясь. Такой высокий и длительный нагрев плавких вставок может привести к чрезмерному перегреву контактной системы и корпуса предохранителя, особенно закрытых предохранителей, что может явиться причиной их разрушения. Однако применение медных и серебряных плавких вставок повышает разрывную способность предохранителей (т. е. увеличивается предельный ток отключения $I_{пр}$). Кроме того, у этих вставок наконечники обладают достаточной механической прочностью.

Большая разрывная способность и лучшее качество контактов вставок из тугоплавкого металла явились предпосылкой для применения плавких вставок с так называемым металлургическим эффектом.

б) Плавкие вставки с металлургическим эффектом

Физическая сущность металлургического эффекта заключается в растворении более тугоплавкого материала вставки (меди, серебра) в жидких менее тугоплавких (олова, сплава олова с кадмием и др.), причем диффундирование меди в металл шарика повышается с увеличением температуры.

Для металлургического эффекта по середине плавкой вставки из тугоплавкого металла наплавляют шарик из легкоплавкого металла (рис. 5).

Плавкая вставка при наличии шарика имеет более благоприят-

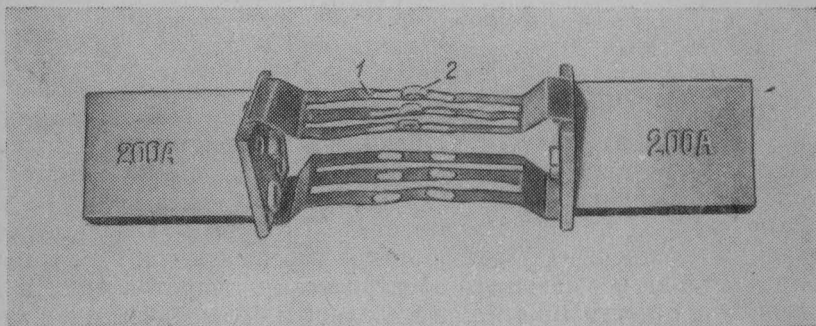


Рис. 5. Плавкая вставка с металлургическим эффектом

1 — медь; 2 — шарик из олова

ную защитную характеристику от токов перегрузки и перегорает при меньшем значении отношения $\frac{I}{I_{н.вст}}$ и относительно невысокой температуре (примерно в 2—3 раза меньшей, чем температура плавления металла вставки).

Размер шарика (называемого также металлическим растворителем) оказывает влияние на работу вставки. При слишком маленьком шарике металлургический эффект не сказывается в должной степени, при слишком большом — отвод тепла от вставки в месте нахождения шарика настолько снижает температуру вставки, что шарик не плавится, и металлургический эффект не оказывает своего действия. Например, оптимальный диаметр оловянного шарика для медных проволок диаметром 0,25—0,6 мм составляет от 1 до 2 мм и должен наноситься в центре вставки [2].

в) Конструкция плавких вставок

Влияние конструкции плавкой вставки на ее защитную характеристику определяется главным образом ее длиной и формой.

Длина вставки сильно влияет на ее характеристику, так как увеличение длины повышает ее пограничный ток I_{∞} . Исследования показали, что для предохранителей на напряжение от 120 до 500 в оптимальная активная длина вставки составляет 70 мм. При меньшей длине снижается разрывная способность предохранителя [2].

Для уменьшения объема расплавляемого металла и увеличения скорости разрыва при коротких замыканиях вставки делают с несколькими параллельными ветвями. При данном пограничном токе

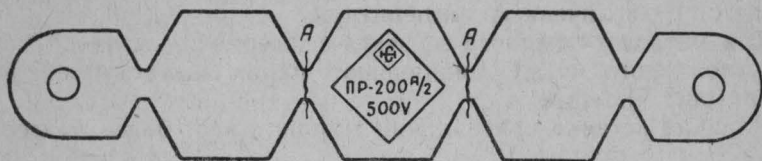


Рис. 6. Плавкая вставка предохранителей серии ПР

это уменьшает не только объем металла отдельной ветви, но и общий объем металла всей вставки. Такая конструкция плавкой вставки способствует увеличению разрывной способности предохранителя и уменьшению времени гашения дуги.

В некоторых типах предохранителей применяются плавкие вставки, имеющие 2—4 узких коротких перешейка (рис. 6). В перешейках вставки повышенного электрического сопротивления и повышенной плотности тока тепла выделяется больше, чем в широких частях.

В нормальных условиях работы это тепло отводится благодаря теплопроводности к менее нагретым широким частям вставки и

контактным ножам предохранителя, от которых оно рассеивается в окружающую среду.

При протекании тока короткого замыкания перешейки быстро нагреваются до температуры плавления металла и плавкая вставка расплавляется во всех перешейках. Широкие части вставки падают вниз патрона предохранителя (например, в трубчатых предохранителях серии ПР), благодаря чему уменьшается количество паров металла по сравнению с тем, если бы плавкая вставка плавилась по всей длине. Это, как известно, облегчает процесс гашения дуги.

При перегрузках, когда плавкая вставка нагревается значительно медленнее, чем при токе короткого замыкания, существенное значение имеет лучшее охлаждение узких мест вставки, поэтому она обычно расплавляется только в одном месте и чаще всего в средней части (например, по линии А на рис. 6).

Таким образом, придание плавким вставкам указанной формы уменьшает время отключения токов короткого замыкания, увеличивает токоограничивающее действие* и разрывную способность предохранителей, удлиняет выдержку времени срабатывания, снижает нагрев патрона и уменьшает перенапряжение, так как полная длина дугового промежутка вводится не сразу, а ступенями. Кроме того, разделение дуги на несколько коротких дуг, горящих между массивными широкими частями плавкой вставки, способствует гашению дуги так же, как разделение ее на ряд коротких дуг в дугогасительной решетке с металлическими пластинами (см. рис. 14).

4. ТИПЫ ПЛАВКИХ ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В УСТАНОВКАХ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 в

Плавкие предохранители, применяемые в установках напряжением до 1000 в, по своей конструкции могут быть разделены на следующие типы:

- а) открытые (или пластинчатые);
- б) трубчатые;
- в) однополюсные резьбовые (пробочные).

а) Открытые (пластинчатые) предохранители

Открытые предохранители весьма просты по конструкции и представляют собой открытую одиночную проволоку или несколько параллельных проволок, впаянных в медные или латунные плоские наконечники. Предохранители этого типа не имеют дугогасительных устройств и поэтому обладают малой разрывной способностью. При расплавлении вставки этих предохранителей образуется открытая дуга и происходит разбрызгивание расплавленного

* Сущность токоограничивающего действия предохранителя заключается в том, что отключаемый ток короткого замыкания в цепи уменьшается до нуля раньше, чем в цепи переменного тока он достигнет ударного значения, а в цепи постоянного тока — установившегося значения.

металла и распространение во все стороны от предохранителя раскаленных и ионизированных газов. Это представляет опасность для обслуживающего персонала, электрооборудования, а также может вызвать пожар, особенно в пожароопасных помещениях.

Поэтому во всех производственных помещениях открытые предохранители нельзя применять. Как исключение можно допустить их применение только в специальных помещениях закрытых распределительных устройств, щитовых помещениях и т. п., доступ в которые имеет только электротехнический персонал.

б) Трубчатые предохранители

В зависимости от конструкции трубчатые предохранители бывают с открытыми фарфоровыми трубками, с закрытыми фибровыми трубками и закрытые с мелкозернистым наполнителем.

Предохранители с открытыми фарфоровыми трубками (СПО и ПТ) имеют открытую фарфоровую трубку, с боковыми контактными ножами и медными проволоочными вставками (рис. 7).

При перегорании плавкой вставки, находящейся внутри фарфоровой трубки, образуется дуга, и давление внутри трубки уве-

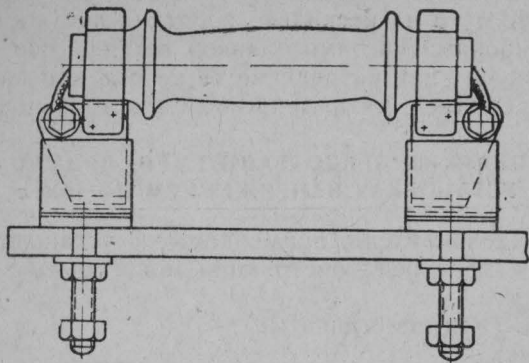


Рис. 7. Трубчатый предохранитель с открытой фарфоровой трубкой типа СПО

личивается вследствие появления паров металла и сильного нагрева заключенного в трубке воздуха.

Образующиеся газы и расширившийся воздух выдуваются вверх и вниз из открытых концов трубки и возникает продольное газовое дутье, деионизирующее и гасящее дугу. Однако эффективность такого дутья невелика. У этих предохранителей недостаточная отключающая способность, из-за большого объема пламени дуги иногда разрушаются трубки, возникают короткие замыкания между полюсами. Кроме того, при расплавлении плавкой вставки из открытых концов трубки выбрасываются на значительное расстояние брызги расплавленного металла и раскаленные ионизирован-

ные газы, которые опасны для обслуживающего персонала, электрооборудования и могут вызвать пожар.

Следовательно, данный тип предохранителей так же, как и открытые, не удовлетворяет условиям пожарной безопасности, поэтому применение его во вновь монтируемых установках следует запрещать. Кроме того, необходимо заменять эти предохранители и на действующих установках. Как исключение можно допустить их применение в таких же случаях, как и для открытых предохранителей.

Предохранители с закрытыми фибровыми трубками. К данной группе относятся предохранители серии ПР-2 и ранее выпускаемой серии ПР-1. Предохранители серии ПР применяются в установках постоянного и переменного тока напряжением 220 и 500 в

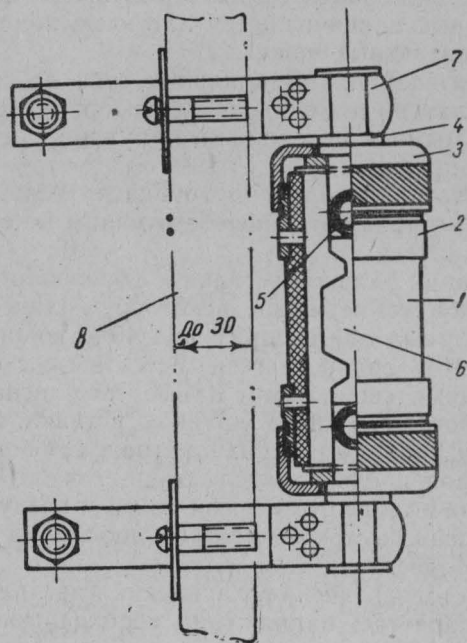


Рис. 8. Предохранитель трубчатый типа ПР-2 на 100—350 а до 500 в

и на номинальные токи от 15 до 1000 а. Они рассчитаны для установки их в различные низковольтные распределительные устройства (щиты, шкафы, ящики).

Предохранители этой серии разделяются:

по номинальному напряжению: габарит I — на напряжение до 220 в и габарит II — на напряжение до 500 в;

по номинальному току патронов: от 15 до 1000 а и плавких вставок от 6 до 1000 а;

по расположению зажимов для присоединения проводов: с передним присоединением и с задним присоединением.

Предохранители серии ПР-2 допускают присоединение не только медных, но и алюминиевых проводов, кабелей или шин.

Полный комплект предохранителя состоит из двух пружинящих контактных стоек, одного патрона и одной или двух (в зависимости от величины номинального тока предохранителя) плавких вставок.

На рис. 8 приведен предохранитель серии ПР-2.

На обоих концах фибровой трубки 1 навинчены латунные колпачки 3, зажимающие контактные ножи 4, к которым болтами 5 прикреплен цинковая плавкая вставка 6. Ножи врубаются в неподвижные пружинящие контакты 7, устанавливаемые на изоляционной плите 8. Фибровая трубка армирована латунными втулками 2, на которые навинчиваются латунные колпачки 3, закрепляющие узлы контактных ножей.

У предохранителей на номинальные токи до 60 а контактных ножей 4 нет, и латунные колпачки 3 одновременно являются контактами, врубаемыми в неподвижные пружинящие контакты 7 соответствующего профиля.

Фибра, из которой выполнена трубка патрона, является газогенерирующим материалом, способствующим процессу гашения дуги в предохранителе.

При перегорании плавкой вставки и образовании дуги под действием ее высокой температуры некоторое количество фибры обгорает, при этом выделяется примерно 40% водорода, 50% углекислого газа и 10% водяного газа. Все эти газы обладают высокими дугогасящими свойствами. Кроме того, испаряется и часть цинка, из которого выполнена плавкая вставка, пары цинка затрудняют деионизацию дуги, но их в патроне сравнительно немного.

Так как патрон предохранителя закрыт и объем его невелик, то вследствие значительного нагрева газов и воздуха дугой давление в патроне очень быстро возрастает, достигая в отдельных случаях 100 атм и более.

Известно, что с увеличением давления газа деионизация дуги усиливается и возрастает напряжение, необходимое для ее поддержания.

Указанные явления способствуют тому, что при отключении тока короткого замыкания благодаря энергичной деионизации дуги сопротивление ее настолько быстро и значительно увеличивается, что ток короткого замыкания в цепи вынужденно уменьшается до нуля раньше, чем в цепи переменного тока он достигнет ударного значения, а в цепи постоянного тока — установившегося значения. Такие предохранители называют **токоограничивающими**.

Благодаря этому предельная разрывная способность (отключающая способность) предохранителей серии ПР-2 очень велика и характеризуется данными табл. 1*.

* Таблицы технических данных предохранителей и автоматов составлены по соответствующим каталогам.

Таблица 1

Технические данные предохранителей типа ПР-2

Номинальный ток предохранителя I_n в а	Номинальный ток плавких вставок в а	Предельная разрывная способность предохранителя при переменном токе при $\cos \varphi = 0,3-0,4$			
		Габарит I		Габарит II	
		220 в	380 в	380 в	500 в
		не менее в $a_{эфф}$			
15	6, 10 и 15	1200	800	8000	7000
60	15, 20, 25, 35 45 и 60	5500	1800	4500	3500
100	60, 80 и 100	10000	6000	11000	10000
200	100, 125, 160 и 200			13000	11000
350	200, 225, 260, 300 и 350				
600	350, 430, 500, и 600	15000	13000	23000	20000
1000	600, 700, 850, и 1000		15000	20000	

Примечания. 1. В табл. 1 приведены эффективные значения периодической составляющей тока короткого замыкания.

2. Данные табл. 1 предусматривают, что в каждый полюс цепи включен предохранитель.

Применение таких предохранителей значительно повышает надежность работы электрооборудования при токах короткого замыкания, исключает проверку аппаратов и проводников на действия токов короткого замыкания.

К достоинствам предохранителей с фибровыми закрытыми трубками следует отнести сравнительную легкость и быстроту замены сгоревших вставок, а также большую безопасность для обслуживающего персонала и пожарную безопасность.

При монтаже предохранителей серии ПР, помимо общеизвестных требований, необходимо соблюдать следующие условия:

для зарядки патронов предохранителей необходимо пользоваться исключительно цинковыми плавкими вставками, так как при этом температура внутри трубки в эксплуатации не может быть выше температуры плавления цинка -420° ;

категорически запрещается заменять стандартную плавкую вставку медной проволокой или лентой, так как при этом темпе-

ратура внутри трубки длительно может быть близкой к температуре плавления меди, т. е. около 1080° , что может привести к сильному обугливанию внутренней поверхности фибровой трубки и порче изоляции подводящих проводов;

перед зарядкой патрона, в котором сгорела плавкая вставка, необходимо очистить от копоти и пыли всю его внутреннюю поверхность, а также его контактные части (колпачки, шайбы, втулки и ножи);

перед зарядкой патрона необходимо проверить соответствие $I_{н. вст}$ по току и напряжению заряжаемому патрону;

необходимо обратить внимание, что на некоторых плавких вставках имеется клеймо «две вставки», указывающее на необходимость установки в патрон двух вставок параллельно, расположив их с обеих сторон контактных ножей.

Недостатками предохранителей этого типа являются:

большая стоимость, трудоемкость и материалоемкость изготовления;

в некоторых случаях контактные соединения вставки с патроном, подвергаясь действию высоких температур, приходят в такое состояние, при котором смена вставок делается невозможной;

после отключения трех коротких замыканий при большом токе требуется замена патрона, так как нет уверенности в сохранении прежней разрывной способности предохранителя.

Однако при всех указанных недостатках достоинства предохранителей очевидны и их следует применять вместо открытых и трубчатых с открытыми фарфоровыми трубками.

Предохранители закрытые с мелкозернистым наполнителем получили весьма широкое распространение в установках до 35 кв.

В этих предохранителях плавкие вставки помещены в закрытые трубки, заполненные мелкозернистым наполнителем из изоляционного материала (обычно кварцевый песок).

При расплавлении плавкой вставки пламя и ионизированные газы из этих предохранителей не выбрасываются, что весьма упрощает их установку в распределительных устройствах, повышает пожарную безопасность и безопасность обслуживания. Работают такие предохранители бесшумно.

Гашение дуги в предохранителях с наполнителем зависит от сечения, длины и материала плавкой вставки, а также материала наполнителя. При зернистом наполнителе (кварцевом песке) раскаленные и ионизированные газы, образующиеся после испарения плавкой вставки, проникая в промежутки между зернами наполнителя и соприкасаясь с поверхностью последних, деионизируются. Пары металла вставки, разбрызгиваясь в стороны и проникая в глубь наполнителя, конденсируются на его поверхности. Зерна наполнителя, обладая в сумме большой поверхностью, хорошо поглощают тепло, охлаждают газы и тем самым резко снижают давление в патроне в момент испарения вставки. Кроме того, для предупреждения перегрева патрона при длительной перегрузке предохранителя, не сопровождающейся расплавлением плавкой встав-

ки, используют металлургический эффект, т. е. на плавкие вставки наносят растворители в виде оловянных или свинцовых шариков.

Плавкие вставки кварцевых предохранителей выполняют из одной или нескольких параллельных медных проволок или пластин. Это позволяет использовать лучшее охлаждение тонких проволок, а общее сечение вставки получается меньшим.

Таблица 2

Технические данные предохранителей с мелкозернистым наполнителем

Тип предохранителя	Номинальное напряжение переменного тока в в	Номинальные токи в а		Количество проволок или элементов	Предельный ток отключения в $\text{а}_{\text{эфф}}$, при напряжении в в	
		предохранителей	плавких вставок		380	500
НПН-15 НПН-60	500	15	6, 10, 15	2	—	2160
		60	15, 20, 25, 35, 45, 60	2÷4	—	4670
ПН2	500	100	30, 40, 50 60, 80, 100	—	28000	25000
		250	80, 100, 120 150, 200, 250	—	28000	25000
		400	200, 250, 300, 350, 400	—	28000	25000
		600	300, 400, 500, 600	—	28000	25000
ПН-Р-100	500	100	30, 40, 50 60, 80, 100	—	28000	25000
ПН-Р-250		250	80, 100, 120, 150, 200, 250	—	28000	25000
ПН-Р-400		400	200, 250, 300, 350, 400	—	28000	25000
НПР-100 НПР-200	500	100	60, 80, 100	4÷6	—	11500
		200	100, 125, 160 200	6÷12	—	16700
КП-25	500	25	6, 10, 15, 20, 25	1 1÷2	—	—
КП-60		60	15, 20, 25, 35, 40, 50	—	—	—
КП-100		100	60, 80, 100	2÷3	—	—
КП-200		200	100, 125, 160, 200	2÷5	—	—
КП-350		350	200, 225, 260, 300, 350	5÷12	—	—
КП-600		600	450, 500, 600	12÷20	—	—

Все вышеуказанные обстоятельства позволяют существенно повысить разрывную способность предохранителей, при этом кварцевые предохранители, как и предохранители типа ПР, являются токоограничивающими.

К данной группе предохранителей относятся предохранители типа НПН, НПР, ПН2, ПНР, ПНБ-2, СП, КП и высоковольтные предохранители типа ПК, ПКЭ, ПКТ, ПКТУ и т. д. В табл. 2 приведены технические данные некоторых типов предохранителей.

Наиболее распространенными трубчатыми предохранителями с мелкозернистым наполнителем являются типы НПН, НПР и ПН2.

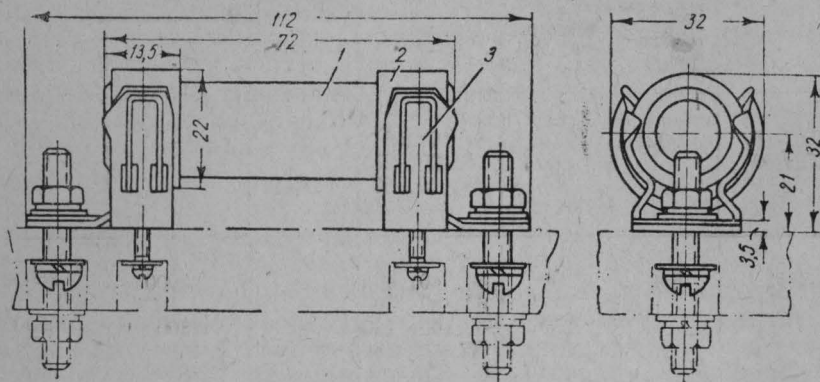


Рис. 9. Предохранитель типа НПН-15 на 15 а до 500 в

На рис. 9 показан предохранитель типа НПН-15 с передним присоединением проводов. В комплект предохранителя входит патрон, состоящий из стеклянной трубки 1 с армированными на ней двумя медными колпачками 2 и две контактные стойки 3 с пружинящими губками. Патроны предохранителей типа НПН не подлежат перезарядке и при перегорании должны заменяться новыми.

На рис. 10 показан предохранитель типа ПН2-400.

Патрон предохранителя состоит из квадратной фарфоровой трубки 1 с круглым центральным отверстием, двух металлических крышек 2, прикрепленных винтами 3 к торцам фарфоровой трубки, в которых для этого имеются отверстия с нарезкой, двух контактных ножей 4, прикрепленных винтами 5 к крышкам 2, и плавких вставок 6, укрепленных на ножах 4. Трубка заполняется сухим кварцевым песком 7.

Плавкие вставки штампуются из тонкой медной ленты. При коротких замыканиях пластины вставки расплавляются в узких местах 8.

На средней части пластин вставки напаяно олово 9 (растворитель). В этих местах пластины расплавляются при токах перегрузки.

Контактные ножи патрона врубаются в штампованные медные контактные стойки 10, укрепленные на изоляционной плите 12. Давление в контактах создают стальные пружинящие кольца 11. Зажимы 13 служат для присоединения шин или проводов. I-образные стойки 14 служат для снятия патрона предохранителя при помощи специальной ручки.

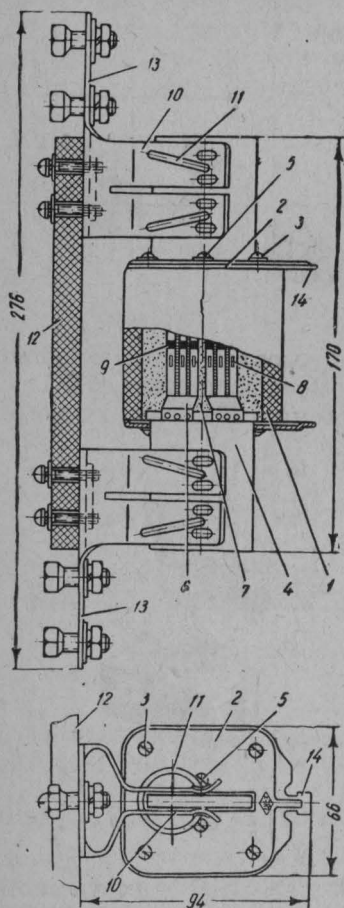


Рис. 10. Предохранитель ПН2-400 на 400 а, 500 в

в) Однополюсные резьбовые (пробочные) предохранители

В тех случаях, когда требуются особо малые габариты распределительных устройств, для защиты проводов и электрического оборудования применяются однополюсные резьбовые (пробочные) предохранители типов Ц14, Ц27, Ц33, ПД, ПДС, ПДП-2, ПЦУ-6, ПЦУ-20 и др.

Предохранители типов Ц14, Ц27 и Ц33 состоят (рис. 11) из фарфорового основания 8 с металлической резьбой 5, контакта 2, двух зажимов 1 и 6 для включения предохранителей в цепь и фарфоровой крышкой 9 основания у предохранителя Ц30 и фарфоровой или пластмассовой — у предохранителей Ц14 и Ц27. В основание ввинчивается пробка 4 с фарфоровым корпусом, металлической резьбой и металлическим контактом в основании. Внутри пробки плавкая вставка 3, один конец которой соединен с металлической резьбой пробки, а второй — с ее металлическим контактом. Ток в предохранителе идет от источника к металлическому контакту 2 через плавкую вставку 3, резьбу пробки 4, основание 8 и провод 7 к потребителю.

Технические данные предохранителей этого типа даны в табл. 3.

Предохранители типов ПД, ПДС, ПДП-2, ПЦУ-6 и ПЦУ-20 в отличие от предохранителей типов Ц14, Ц27 и Ц33 обладают высокой разрывной способностью, что достигается заполнением внутренней части корпуса плавкой вставки дугогасящим наполнителем — кварцевым песком.

По конструктивному исполнению предохранители типа ПД аналогичны ПДС и отличаются от них только материалом изоляционных оснований: у предохранителей ПД основания изготовлены из

Технические данные предохранителей типа Ц14, Ц27 и Ц33

Тип предохранителя	Номинальное напряжение в в	Номинальный ток в а		Отключающая способность при токах к. з. не менее в а	Сечение жил проводов в мм ²
		оснований	плавких вставок		
Ц14	220	10	2,5; 4, 6 и 10	350	1; 1,5 и 2,5
Ц27	380	20	6, 10, 15 и 20	600	1,5; 2,5 и 4
Ц33	380	60	10, 15, 20, 30, 40, и 60	1000	10 и 16

фарфора, у ПДС — из стеатита, что обусловлено повышенными требованиями к механической прочности предохранителя ПДС.

Предохранители ПД изготавливаются семи габаритов на номи-

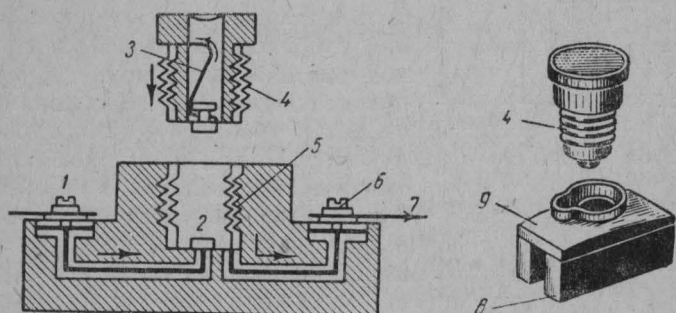


Рис. 11. Пробочный предохранитель типа Ц27 на 20 а, 380 в

нальные токи от 1 до 600 а, предохранители ПДС — шести габаритов на номинальные токи от 1 до 350 а.

Предохранители ПД и ПДС 1-, 2- и 3-го габаритов имеют одинаковое конструктивное исполнение и состоят из трех основных узлов (рис. 12): контактной гильзы 1 с фарфоровым или стеатитовым основанием 4; плавкой вставки 2 и головки 3.

В контактную гильзу предохранителя, изготовленную из латуни, завальцовано основание 4. Верхний конец контактной гильзы имеет накатную резьбу, предназначенную для ввинчивания головки предохранителя. В нижней части контактной гильзы вместе с

основанием завальцован контактный мостик с укрепленной на его выступающей части стойкой 5. Стойка имеет винт и предназначена для присоединения провода при монтаже.

Другой контакт предохранителя — стержень 6, конец которого проточен и имеет продольное рифление для крепления непосредственно в отверстии токоведущей шины путем расклепки и пайки. В верхней части стержня имеется резьбовое отверстие для крепления винтом 7 контактной гильзы и основания к шине. Торцовая поверхность винта осуществляет контакт с плавкой вставкой.

Контактная гильза предохранителя изолируется от токоведущей шины гетинаксовой шайбой 8.

На наружную резьбовую часть контактной гильзы надето пружинное кольцо 9, которое предотвращает самоотвинчивание головки.

Плавкая вставка состоит из фарфорового корпуса 10, выполненного в виде полого цилиндра, на торцах которого укреплены контактные колпачки 11 и 12. Между контактными колпач-

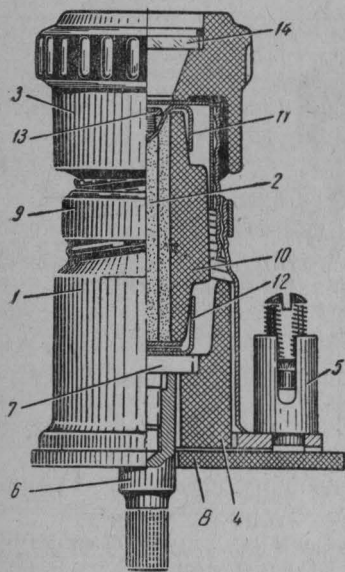


Рис. 12. Конструкция предохранителей типов ПД и ПДС, 1, 2 и 3-го габаритов

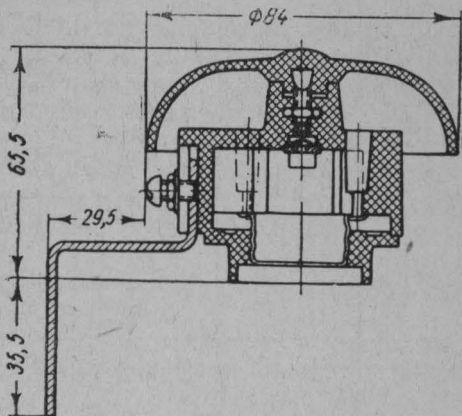


Рис. 13. Разрез столбового предохранителя на 15 а, 220 в

ками во внутренней части корпуса расположены плавкие мостики и контрольная проволочка. На верхнем колпачке имеется углубление, в которое вставлен алюминиевый контрольный глазок 13, прикрепленный к верхнему концу контрольной проволочки. Одновременно с плавкими мостиками плавится и контрольная проволочка, в результате чего глазок выбрасывается из углубления расположенной под ним пружинкой. В застекленное отверстие 14, расположенное на торцовой поверхности головки, виден контрольный глазок, по которому определяют годность плавкой вставки и ее номинальный ток.

Наружные диаметры нижних контактных колпачков плавких

вставок различны в зависимости от номинальной силы тока. При установке плавкой вставки нижний колпачок входит в установленное на дне основания фарфоровое контрольное кольцо. Каждое кольцо соответствует плавкой вставке только определенного номинального тока. Такими кольцами снабжены предохранители 1- и 3-го габаритов.

Предохранители типа ПД и ПДС рассчитаны для непосредственной установки на токоведущие шины распределительных устройств. Технические данные предохранителей указанных типов даны в табл. 4.

Таблица 4

Технические данные предохранителей типов ПД, ПДС, ПДП-2, ПЦУ-6 и ПЦУ-20

Тип предохранителя	Номинальное напряжение в в	Номинальный ток в а		Отключающая способность при токах к. з. (пиковое значение) в а	Сечение проводов в мм ²
		предохранителя	плавкой вставки		
ПД-1, ПДС-1	380	6	1; 2; 4 и 6	1000	—
ПД-2, ПДС-2		20	10; 15 и 20	2000	—
ПД-3, ПДС-3		60	25; 35 и 60	5000	—
ПД-4, ПДС-4		125	80; 100 и 125	7500	—
ПД-5, ПДС-5		225	160; 200 и 225	10000	—
ПД-6, ПДС-6		350	260; 300 и 350	12500	—
ПД-7		600	430; 500 и 600	15000	—
ПДП-2	380	20	10	1000	1 и 1,5
			15	1500	
			20	2000	
ПЦУ-6	380	6	1; 2; 4 и 6	1000	0,35 до 0,75
			10	1000	
			15	1500	
ПЦУ-20		20	20	2000	1 до 1,5

К пробочным предохранителям относится также столбовой предохранитель, который устанавливается на столбах в открытой местности. Предохранитель изготавливается на номинальный ток 15 а и напряжение 220 в переменного тока.

Патрон предохранителя (рис. 13) с плавкой вставкой имеет нормальную резьбу Ц-27. Конструктивная особенность предохранителя обеспечивает длительную и надежную ее эксплуатацию на открытом воздухе при любых атмосферных условиях.

II. АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ (АВТОМАТЫ)

1. НАЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ

Плавкие предохранители представляют простую и дешевую, но относительно несовершенную и часто недостаточную защиту электрических установок от токов перегрузок и коротких замыканий (сверхтоков).

Значительно совершеннее функции защиты от сверхтоков выполняются (в установках напряжением до 500 в) автоматическими воздушными выключателями (автоматами), которые при нарушении нормальных рабочих условий электрические цепи отключают автоматически. Кроме того, они могут служить для нечастых коммутаций этих цепей при нормальных условиях. Автоматические выключатели следует применять во всех ответственных электроустановках и там, где необходима надежная защита от токов перегрузок.

В особенности их следует рекомендовать в электроустановках взрыво- и пожароопасных производств.

Различают следующие, получившие широкое распространение виды автоматов: универсальные, быстродействующие и установочные.

Универсальные автоматы могут иметь большое число конструктивных исполнений, различающихся по характеру привода, схеме отключающего устройства и т. д. Эти автоматы выпускаются на номинальное напряжение 440 в постоянного тока и 500 в переменного тока и номинальный ток до 10 000 а и применяются главным образом для установки в распределительных устройствах.

Быстродействующие автоматы исполняются для цепей постоянного тока на номинальные токи свыше 500 а. Вследствие быстрого отключения цепи при коротких замыканиях они являются как бы токоограничивающими аппаратами. Быстродействующие автоматы применяются для защиты ртутных выпрямителей и одноякорных преобразователей. Главная область применения — тяговые подстанции.

Установочные автоматы по сравнению с вышеуказанными типами значительно проще по конструкции и меньше по размерам. Благодаря их компактности, простоте, безопасности обслуживания и

устойчивым защитным характеристикам они нашли широкое распространение не только в промышленных установках, но и в жилых, общественных зданиях и т. п.

В данном пособии рассматриваются установочные автоматы, получившие наибольшее распространение.

Установочные автоматы различаются по:

роду тока (постоянный или переменный);

роду встраиваемых расцепителей (максимального тока, минимального тока, минимального напряжения и обратной мощности);

номинальному току автомата;

номинальному току расцепителя;

числу полюсов (однополюсные, двухполюсные и трехполюсные);

исполнению кожуха (защищенные и пыленепроницаемые);

роду присоединения внешних проводов (с передним или задним присоединением) и т. д.

2. ПРИНЦИП УСТРОЙСТВА И РАБОТЫ УСТАНОВОЧНЫХ АВТОМАТОВ

Установочный автомат может состоять из следующих узлов: кожуха, коммутирующего устройства, дугогасительных камер, механизма управления, механизма свободного расцепления и расцепителя.

Кожух автомата выполняется из пластмассы, фарфора или стали и состоит из основания, на котором непосредственно монтируют-

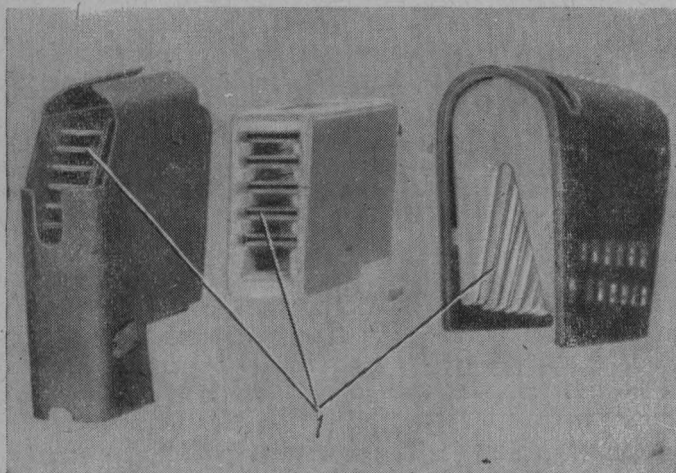


Рис. 14. Типы дугогасительных камер установочных автоматов

I — металлические пластинки

ся части автомата и крышки. Кожух закрывает все части, обеспечивая безопасность для окружающих предметов, среды и персонала при срабатывании автомата и его обслуживании.

Дугогасительные камеры. У многих автоматов контакты каждого полюса заключены в дугогасительную камеру. Гашение дуги в камере происходит путем дробления и деионизации ее поперечными металлическими пластинками (рис. 14).

Дуга, возникающая между неподвижными и подвижными контактами, загоняется в пластины, расположенные перпендикулярно дуге. Вместо одной длинной дуги возникает несколько последовательно горящих коротких дуг. При переходе переменного тока через нуль (через каждые полпериода) все эти дуги гаснут одновременно, и почти мгновенно у каждой пластины решетки образуется деионизированное пространство, для пробоя которого необходимо напряжение порядка 150—250 в.

Если суммарное напряжение, необходимое для пробоя всех околопластиночных пространств, будет больше напряжения на контактах автомата, то дуга не восстановится и процесс отключения закончится.

Гашению дуги способствует также охлаждение ее металлическими пластинами решетки.

Механизм управления обеспечивает моментное замыкание и размыкание контактов с постоянной скоростью, не зависящей от скорости движения кнопки или рычага. Механизм управления может быть в виде рычага с рукояткой, кнопки включения и отключения или штурвала (маховика). По положению рукоятки или кнопки может быть определено коммутационное положение контактов автомата.

Основным узлом, обеспечивающим автоматическое срабатывание автомата при ненормальных режимах, является расцепитель. В установочных автоматах наиболее часто применяются расцепители максимального тока.

По роду встраиваемых расцепителей максимального тока автоматы изготавливаются: только с электромагнитным расцепителем *М*; только с тепловым расцепителем *Т*; с комбинированным расцепителем, т. е. электромагнитным и тепловым.

а) Автоматы с электромагнитным расцепителем

На рис. 15 приведены принципиальная схема *а* и схематический эскиз *б* простейшего однополюсного автомата с электромагнитным расцепителем максимального тока без выдержки времени.

Во включенном положении автомат удерживается защелкой 4, сцепленной с рычагом 3 рукоятки 10. Пружина 7 обеспечивает надежность этого сцепления.

При нормальном токе нагрузки якорь 6 защелки 4 стремится притянуться к сердечнику катушки электромагнита 9, но этому препятствует пружина 7.

Когда ток в защищаемой цепи превысит некоторое установленное значение (например, при коротком замыкании), якорь 6 притягивается к сердечнику электромагнита 9, защелка 4 пово-

рачивается 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 8.

В электросиловых установках часто имеют место кратковременные толчки тока, не опасные для установки (например, пусковые токи электродвигателей). Чтобы избежать отключения цепей при таких толчках тока, максимальный расцепитель устанавли-

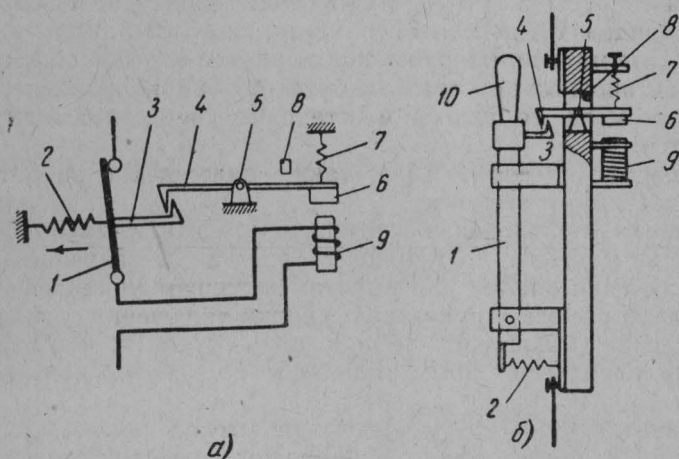


Рис. 15. Однополюсный автомат максимального тока без выдержки времени

а — принципиальная схема; б — схематический эскиз

вают на такой ток срабатывания*, который превышает значение кратковременных толчков токов. Это приводит к тому, что автомат уже не защищает электрооборудование от всех перегрузок меньших тока срабатывания расцепителя. При большой величине $I_{\text{ср}}$ по сравнению с номинальным током установки автомат практически защищает установку только от токов короткого замыкания.

Большинство автоматов имеют максимальные расцепители без выдержки времени (мгновенного отключения). Некоторые автоматы могут снабжаться максимальными расцепителями с выдержкой времени, т. е. приспособлением, которое создает определенный промежуток времени между воздействием тока на автомат и моментом отключения цепи. Для механизма выдержки времени используются: часовой механизм, масляный или воздушный тормоз, электромагнитные замедлители и т. д.

* Током срабатывания $I_{\text{ср}}$ максимального расцепителя называют минимальную величину тока, при котором расцепитель срабатывает и автомат отключается.

У таких автоматов отключение не произойдет, а сердечник электромагнита вернется в исходное положение, если толчок тока закончится прежде, чем механизм выдержки времени позволит освободить защелку.

Существенным недостатком автомата, приведенного на рис. 15, является отсутствие механизма свободного расцепления, обеспечивающего автоматическое отключение автомата при коротком замыкании в цепи и в том случае, когда по каким-либо причинам подвижный контакт его 10 продолжительно удерживается рукой во включенном положении.

Автоматы без механизмов свободного расцепления недостаточно надежны и небезопасны при обслуживании и обычно не обеспечивают селективную защиту (см. раздел III, п. 3). Поэтому применение автоматов без механизма свободного расцепления для защиты электроустановок пожаро-взрывоопасных производств следует запрещать.

Механизм свободного расцепления автомата выполняется в виде системы ломающихся рычагов.

б) Автоматы с тепловым расцепителем

Принцип действия теплового расцепителя максимального тока можно проследить по рис. 16. Такой расцепитель действует при помощи биметаллического элемента, который представляет собой две механически связанные пластины из металлов с различными температурными коэффициентами расширения. Тепло, выделяемое нагревательным элементом 2, включенным в цепь главного тока (защищаемую цепь), воздействует на биметаллический элемент 1. При перегрузке цепи главного тока обе пластины биметаллического элемента, нагреваясь, значительно удлиняются (но одна из них удлиняется больше), вследствие чего биметаллический элемент изгибается вверх и выходит из зацепления с защелкой 3. Последняя под действием пружины 4 поворачивается вокруг оси 5 по часовой стрелке и посредством изоляционной тяги 6 размыкает контакты 7, прерывая цепь оперативного тока, что действует так же, как нажатие кнопки «стоп».

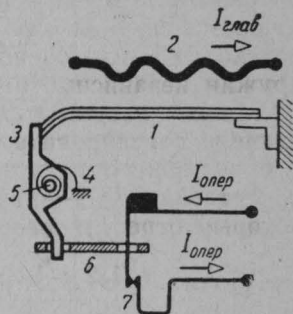


Рис. 16. Принципиальная схема теплового расцепителя максимального тока косвенного действия

Указанный тепловой расцепитель с косвенным нагревом от нагревательного элемента применяется в установочных автоматах на токи свыше 100 а. Это вызвано тем, что, во-первых, при токе более 100 а трудно выполнить биметаллический расцепитель с непосредственным нагревом биметалла током и, во-вторых, что при косвенном нагреве получаются большие выдержки времени при

перегрузках. Последнее весьма желательно, так как провода большого сечения, защищаемые автоматом на ток свыше 100 а, имеют большую постоянную времени нагрева*.

Биметаллический элемент на токи 100 а и ниже обтекается главным током или частью его. В последнем случае часть тока идет через шунт — нагреватель, в котором будут большие потери.

Характерным для тепловых расцепителей является то, что чем больше ток, тем быстрее нарастает температура биметаллического элемента, тем скорее он изгибается и производит отключение. Поэтому такие автоматы, как говорится, осуществляют защиту от токов перегрузок с обратной зависимостью от тока выдержкой времени. Тепловой расцепитель после срабатывания не допускает немедленного повторного включения.

в) Автоматы с комбинированным расцепителем

В таких автоматах при относительно небольших токах перегрузки действует тепловой расцепитель с выдержкой времени. При токах коротких замыканий выше определенной величины срабатывает электромагнитный расцепитель мгновенного действия до того, как биметаллическая пластинка успеет нагреться и изогнуться.

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

Многие автоматы имеют специальные приспособления, позволяющие регулировать величину тока срабатывания расцепителей, т. е. величину тока уставки.

Уставка $I_{уст}$ — значение величины тока срабатывания, на который отрегулирован расцепитель автомата:

$$I_{уст. (ср.) \text{ тепл}} = (1,2 \div 1,3) I_{н. \text{ тепл}} \text{ — для автоматов с тепловыми расцепителями} \quad (4)$$

$$I_{уст. (ср.) \text{ эл. м}} = (7 \div 15) I_{н. \text{ эл. м}} \text{ — для автоматов с электромагнитными расцепителями} \quad (5)$$

Номинальные токи расцепителей автоматов и токи срабатывания (уставки) их приводятся в каталогах.

* Постоянная времени нагрева T — время, которое в случае отсутствия отвода тепла требовалось бы для нагрева защищаемого элемента установки (провода, электродвигателя и т. д.) пограничным током I'_{∞} до температуры, равной установившейся температуре при длительном протекании тока I'_{∞} и наличии отвода тепла. Для защищаемого элемента электроустановки I'_{∞} ток, при котором в установившемся тепловом состоянии элемент достигает предельной длительно допустимой температуры (практически за время 1—3 часа). Для защитного аппарата пограничный ток I_{∞} — ток, вызывающий срабатывание аппарата к моменту достижения установившегося теплового состояния.

3. ЗАЩИТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Полное время отключения цепи автоматом определяется продолжительностью собственного времени отключения и времени горения дуги:

$$\tau_{\text{откл}} = \tau_{\text{с}} + \tau_{\text{д}}, \quad (6)$$

где $\tau_{\text{откл}}$ — полное время отключения в мксек;
 $\tau_{\text{с}}$ — собственное время отключения, например для тепловых расцепителей $\tau_{\text{с}} = \tau_{\text{н}} + \tau_{\text{р}}$ (где $\tau_{\text{н}}$ — время, необходимое для нагрева биметалла до температуры срабатывания; $\tau_{\text{р}}$ — время, необходимое для расцепления механизма);
 $\tau_{\text{д}}$ — время горения дуги.

Зависимость полного времени отключения $\tau_{\text{откл}}$ цепи автоматом от протекающего по нему тока изображают графически в виде так называемой защитной характеристики (рис. 17).

Защитной, или «время-токовой», характеристикой автомата называется характеристика, определяющая зависимость полного вре-

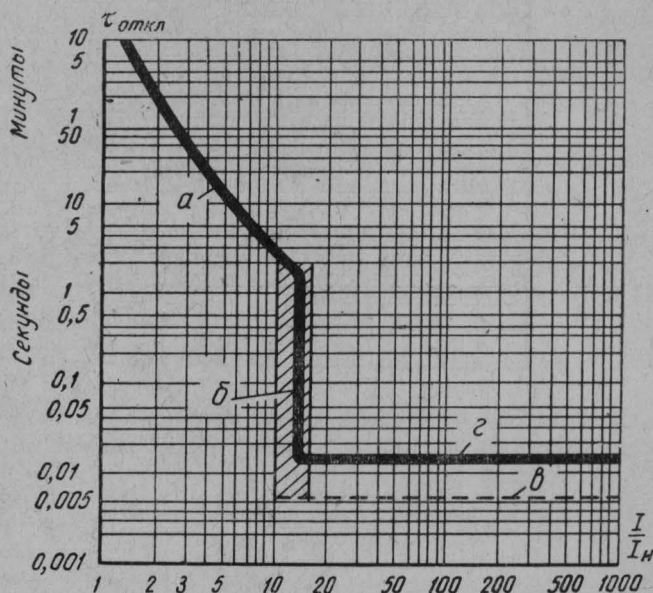


Рис. 17. Защитная характеристика установочного автомата А3120 с комбинированным расцепителем 50 а, 380 в

мени отключения цепи от отношения величины тока I , протекающего через расцепитель, к номинальному току расцепителя $I_{\text{н}}$:

$$\tau_{\text{откл}} = f \left(\frac{I}{I_{\text{н}}} \right).$$

На рис. 17 линия *а* показывает зависимость времени отключения от кратности тока перегрузки, отключаемого автоматом под воздействием тепловых расцепителей; линия *б* — номинальную кратность тока, при котором уже начинает действовать электромагнитный расцепитель без выдержки времени (фактически же этот ток может оказаться любой другой величины в пределах зоны, заштрихованной по обе стороны этой линии); линия *в* — время от начала короткого замыкания до момента удара якорька электро-

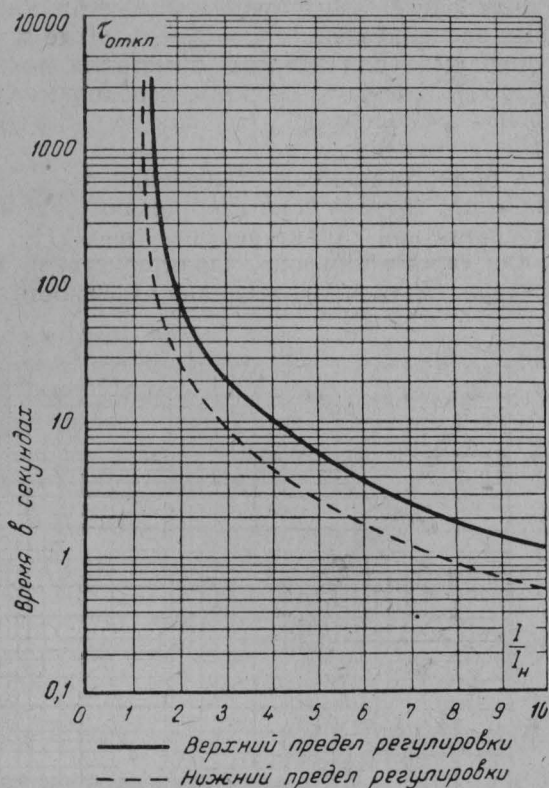


Рис. 18. Защитная характеристика автомата АБ-25

магнитного расцепителя по отключающей рейке, после чего автомат отключает независимо от того, продолжается ли короткое замыкание или нет; линия *г* — это линия времени полного отключения $\tau_{откл}$ автоматом тока короткого замыкания в сетях 380 в под воздействием электромагнитных расцепителей.

Характер защитной характеристики автомата типа АБ-25 только с тепловым расцепителем виден на рис. 18.

Построение защитной характеристики автомата позволяет

определить надежность защиты элементов электроустановок данными автоматами от токов перегрузок и коротких замыканий. Для этого так же, как и при защите предохранителями, необходимо сопоставить защитную характеристику автомата $\tau_{откл}$ с характеристикой допустимой нагрузки защищаемого элемента, т. е. с тепловой его характеристикой $\tau_{нагр}$. Между этими характеристиками должно быть соответствие, чтобы при отключении тока вследствие, например, перегрузки температура защищаемого элемента была близка к предельно допустимой.

Сопоставление защитных характеристик автоматов (а также и предохранителей) с тепловыми характеристиками защищаемых элементов производится путем наложения этих характеристик, выполненных в одинаковом масштабе (обязательно логарифмическом), друг на друга. При этом оси координат необходимо сместить параллельно друг другу так, чтобы у обеих кривых совместились значения времени (в секундах), отложенные по оси ординат, и значения тока (в амперах), отложенные по оси абсцисс.

Если при этом тепловая характеристика защищаемого элемента $\tau_{нагр}$ пойдет везде выше защитной характеристики $\tau_{откл}$ автомата (или предохранителя), то к моменту его отключения (при кратковременном режиме перегрузки) температура не превысит нормированную для продолжительного режима, т. е. условие безопасности и надежности защиты автоматом будет выражаться соотношением (3).

4. ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫХ ТИПОВ УСТАНОВОЧНЫХ АВТОМАТОВ

Наиболее распространенными установочными автоматами с расцепителями максимального тока являются автоматы серии и типов: АЗ100, АП25, АП50, АО-15, АБ-25, ЭАБ-4, Е-27 и др.

а) Автоматы серии АЗ100

Автоматы данной серии изготавливаются на номинальные токи от 50 до 600 а, устанавливаются в сетях переменного тока с частотой 50 и 60 гц напряжением до 500 в и в сетях постоянного тока напряжением 110—220 в.

Общий вид и основные узлы автомата типа АЗ114/1 показаны на рис. 19 а и б.

Автоматы типа АЗ160 выпускаются только с тепловым расцепителем, а все остальные типы (АЗ110, АЗ120, АЗ130 и АЗ140) только с электромагнитным или комбинированным расцепителем.

При возникновении в какой-либо фазе перегрузки или короткого замыкания срабатывают тепловой или электромагнитный элементы расцепителя, соответствующие данному полюсу, и поворачивают общую для всех полюсов отключающую рейку. Механизм свободного расцепления срабатывает, и все полюсы автомата размыкаются одновременно.

Характерной особенностью автоматов этой серии является то, что расцепители не имеют приспособления для регулировки тока уставки в эксплуатации. Такая регулировка может производиться только во время калибровки. Поэтому, чтобы калибровка не могла

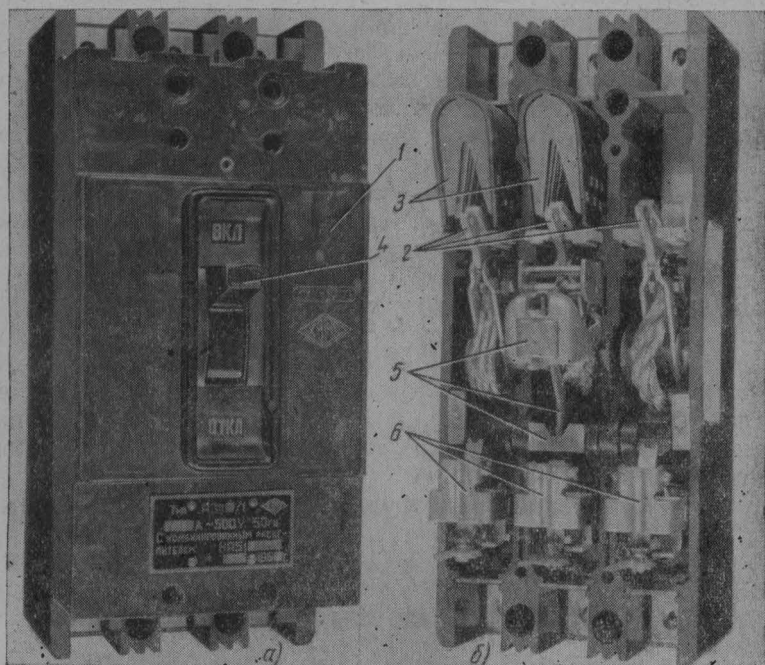


Рис. 19. Общий вид автомата А3114/1

1 — кожух; 2 — коммутующее устройство; 3 — дугогасительные камеры; 4 — механизм управления; 5 — механизм свободного расцепления; 6 — расцепитель

быть нарушена эксплуатационным персоналом, расцепители после регулировки и калибровки на заводе опечатываются.

Автоматы могут исполняться без расцепителей максимального тока как неавтоматические выключатели; в них механизм управления жестко зафиксирован в положении «взведен», а расцепитель заменен токоведущими шинами.

Таблица 5

Технические данные автоматов серии А3160

Тип автомата	Число полюсов и обозначение типа	Род расцепителя	Номинальный ток расцепителя $I_{н. \text{тепл.}}$ в а	Номинальная устав-ка $I_{уст. \text{тепл.}}$
А3160 ($I_{н}=50\text{а}$)	1 (А3161) 2 (А3162) 3 (А3163)	Тепловой	15, 20, 25, 30, 40 и 50	1,2 $I_{н. \text{тепл.}}$

Примечание. Автоматы типов А3161/7, А3162/7 и А3163/7 — без расцепителей.

Технические данные автоматов серии АЗ160 приведены в табл. 5.

Технические данные автоматов серии АЗ100 с комбинированным и электромагнитным расцепителем приведены в табл. 6.

Таблица 6

Технические данные автоматов серий АЗ110, АЗ120, АЗ130 и АЗ140

Тип автомата	Число полюсов и обозначение типа	Комбинированный расцепитель			Электромагнитный расцепитель					
		номинальный ток в а	уставка на ток мгновенного срабатывания в а	номинальная уставка теплового расцепителя I уст. тепл.	номинальный ток в а	уставка на ток мгновенного срабатывания в а				
А3110 (I _н =100а)	2 {	A3113/1-МТ	15	150	1,275 I _{н. тепл}	15	150			
			20	200		20	200			
		A3113/5-М	25	250		25	250			
		A3114/1-МТ	30	300		40	{ 300			
	3 {		40	400		70	{ 400			
			50	500			{ 500			
			60	600			{ 600			
			70	700			{ 700*			
			85	850			{ 700			
		A3114/5-М	100	1000			100	{ 850 1000		
2 {	A3123-МТ	15, 20	430	1,275 I _{н. тепл}	30	430*				
	A3123-М	25, 30								
		40, 50								
		60								
	3 {	A3124-МТ					80, 100	800	100	{ 430** 600 800
		A3124-М								
А3130 (I _н =200 а)	2 {	A3133-МТ	120	840	1,275 I _{н.тепл}	200	840			
		A3133-М	140	1000			1000			
	3 {	A3134-МТ	170	1200			1200			
		A3134-М	200	1400			1400			
	А3140 (I _н =600а)	2	А3143	250			1750	1,275 I _{н. тепл}	600	1750
				300			2100			2100
350				2450	2450					
400				2800	2800					
3		А3144	500	3500	3500					
			600	4200	4200					

* Только постоянный ток.

** Только переменный ток.

Примечания. 1. М — электромагнитный расцепитель; МТ — комбинированный расцепитель.

2. Отклонение от уставки для автоматов $A3110 \pm 30\%$, а для автоматов $A3120$, $A3130$ и $A3140 \pm 15\%$.

3. Двухполюсные и трехполюсные автоматы имеют одинаковый порядок величин номинальных токов расцепителей.

4. У всех автоматов только с тепловым расцепителем или с комбинированным расцепителем при окружающей температуре, отличающейся от $+25^\circ$, и при токах выше двукратного номинальный ток уставки теплового элемента $I_{уст.тепл.}$ за то же время изменяется следующим образом: на каждые 10° увеличения окружающей температуры уменьшается на 5—8%; на каждые 10° уменьшения окружающей температуры увеличивается на 4—7%.

5. При установке автоматов в закрытых полостях щитков ток уставки тепловых расцепителей автомата уменьшается на 10—20%.

6. Коммутационная способность автоматов на переменном токе 50—60 гц при $\cos \varphi = 0,5$ приведена в табл. 7.

б) Автоматы типа АП25 и АП50

Автоматы типа АП25 и АП50 предназначены: для ручного включения и отключения цепей переменного тока напряжением до 380 в частотой 50 гц и постоянного тока напряжением 220 в; для пуска и защиты трехфазных асинхронных электродвигателей с ко-

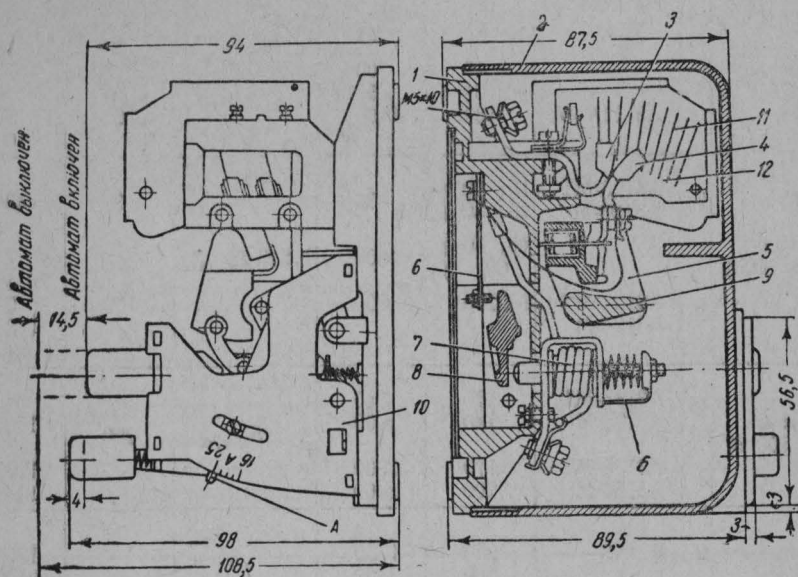


Рис. 20. Габаритные и установочные размеры и разрез автомата АП25-3МТ

роткозамкнутым ротором; для автоматического отключения в электрических установках тока короткого замыкания или тока перегрузки.

Автоматы специального исполнения пригодны для работы в условиях тропического климата.

Коммутационная способность автоматов серии АЗ100

Тип автомата	Номинальный ток расцепителя в а	Предельный допустимый ударный ток короткого замыкания в а при напряжении в в				Полное время срабатывания в миллисек.	Допустимое количество отключений не менее
		127	220	380	500		
АЗ161	15	3000	2500	—	—	15—30	10
	20	3500	3000	—	—		7
	25	4000	3500	—	—		6
	30	4500	4000	—	—		5
	40	5000	4500	—	—		4
	50	5000	5000	—	—		3
АЗ162 и АЗ163	15	—	—	2000	—	15—30	15
	20	—	—	2500	—		12
	25	—	—	3000	—		10
	30	—	—	3500	—		8
	40	—	—	4000	—		6
	50	—	—	4500	—		6
АЗ110	15	—	4000	3200	2500	10—15	15
	20	—	5000	4000	3200		12
	25	—	6500	5000	4000		10
	30	—	9000	7000	6000		7
	40	—	10000	8500	7000		5
	50	—	12000	10000	8000		4
	60, 70	—	13000	11000	9000		3
	85, 100	—	15000	12000	10000		3
АЗ120	15	—	7000	5500	4000	10—20	12
	20	—	7500	6000	5000		
	25	—	11000	9000	7000		
	30	—	12000	10000	8000		
	40	—	15000	13000	10000		
	50	—	22000	19000	14000	10—20	7
	60	—	23000	20000	15000		
	80	—	26000	22000	16000		
	100	—	30000	23000	18000		
АЗ130	120	—	22000	19000	14000	10—20	12
	140, 170	—	30000	23000	18000		8
	200	—	40000	30000	25000		5
АЗ140	250	—	35000	32000	32000	25—35	8
	300, 350	—	40000	35000	—		7
	и 400	—	—	—	35000		5
	500 и 600	—	50000	—	—		4
		—	—	50000	40000		3

Автоматы выпускаются в двухполюсном и трехполюсном исполнении:

а) с комбинированными расцепителями, т. е. с электромагнитными М и тепловыми Т расцепителями (например, АП25-3МТ, АП50-2МТ);

б) только с тепловыми расцепителями (например, АП25-2Т, АП50-3Т);

в) только с электромагнитными расцепителями (например, АП50-2М, АП25-3М).

г) без расцепителей — неавтоматические выключатели (например, АП50-3, АП25-2).

Автоматы АП50 могут быть с расцепителями минимального напряжения Н (например, АП50-2МЗТН, АП50-3ТН, АП50-2М2ТН).

На рис. 20 изображен автомат АП25-3МТ в разрезе. Все части автомата закрыты кожухом, выполненным из пластмассы и состоящим из основания 1, на котором смонтированы все части и крышки 2. Коммутирующее устройство состоит из неподвижных 3 и подвижных контактов 4.

Гибкие проводники 5 соединяют подвижные контакты с тепловыми расцепителями 6, которые в свою очередь соединены с электромагнитными расцепителями 7.

Держатели подвижных контактов монтируются на изолированной траверсе 9, кинематически связанной с механизмом свободного расцепления 10 и оперативными кнопками «вкл.» и «откл.».

Контакты каждого полюса заключены в дугогасительную камеру 11. Гашение дуги происходит путем дробления и деионизации ее поперечными стальными пластинками 12.

При возникновении в какой-либо фазе перегрузки или короткого замыкания срабатывает тепловой или электромагнитный расцепитель, соответствующий данному полюсу, и поворачивает общую для всех полюсов отключающую рейку 8. Механизм свободного отключения срабатывает, и все полюса автомата размыкаются одновременно, независимо от положения в этот момент кнопок управления.

Автомат имеет приспособление (рычаг А на механизме свободного расцепления) для регулировки тока уставки. Перемещением рычага ток уставки может быть уменьшен до номинального тока следующей по шкале уставки с точностью до 20%. Например, уставку на 25 а можно изменить до 16 а, на 16 а до 10 а, и т. д.

Электромагнитные расцепители имеют указатель Б, позволяющий в эксплуатации за счет сжатия пружины увеличить ток срабатывания примерно на 40%.

В автоматах АП50 расцепитель минимального напряжения имеет катушку напряжения, магнитопровод и кинематические звенья привода. Расцепитель минимального напряжения, встроенный в автомат, допускает включение автомата при напряжении сети не ниже 80% от номинального напряжения расцепителя минимального напряжения.

Включенный автомат при исчезновении в сети напряжения или

снижении его на 50% мгновенно отключается расцепителем минимального напряжения.

Автоматы изготавливаются в пластмассовом кожухе (защищенное исполнение) и в дополнительном металлическом кожухе (пыленепроницаемое исполнение); без блок-контактов и с блок-контактами 1НО, 1НЗ или 2НО и 2НЗ.

Блок-контакты выполнены самостоятельным узлом, состоящим из пластмассового основания и траверсы.

Ориентировочный выбор тока уставок тепловых расцепителей автомата по мощности (току статора) трехфазных асинхронных электродвигателей, для управления которыми предназначаются автоматы, можно произвести по табл. 8.

Таблица 8

Выбор тока уставок тепловых расцепителей автоматов АП25 и АП50

Мощности трехфазного асинхронного электродвигателя в <i>квт</i>	Номинальное напряжение в <i>а</i>		
	380	220	127
	Номинальный ток уставок тепловых расцепителей автоматов исполнений АП25—ЗМТ, АП50—ЗМТ, АП25—ЗТ, АП50—ЗТ в <i>а</i>		
0,6	1 — 1,6	1,6 — 2,5	4 — 6,4
1,0	1,6 — 2,5	2,5 — 4	6,4 — 10
1,7	2,5 — 4	6,4 — 10	10 — 16
2,8	4 — 6,4	10 — 16	16 — 25
4,5	6,4 — 10	10 — 16	25 — 40
7	10 — 16	16 — 25	40 — 50
10	16 — 25	25 — 40	} (АП50)
14	40 — 50 (АП50)	40 — 50 } (АП50)	

Технические данные расцепителей максимального тока автоматов приведены в табл. 9, а коммутационная (отключающая) способность автоматов в табл. 10.

в) Автоматы типа АБ25

Автоматы АБ25 предназначены для защиты однофазных электрических сетей жилых и общественных зданий служебно-бытовых и производственных помещений промышленных предприятий от перегрузки и коротких замыканий, а также для включения и выключения этих сетей вручную.

Автоматы рассчитаны на работу в стационарных установках с номинальным напряжением только переменного тока до 220 в при частоте 50 гц.

Общий вид автомата представлен на рис. 21, а кинематическая схема и габаритные размеры на рис. 22.

Технические данные расцепителей автоматов АП25 и АП50

Типы автоматов	Число полюсов	Напряжение в в	Номинальный ток уставки в а	Расцепитель тепловой				Расцепитель электромагнитный	
				Предел регулировки номинального тока уставки в а	Время срабатывания при нагрузках*			Ток мгновенного срабатывания отсечки**	
					1,1 от тока уставки	1,35 от тока уставки	шестикратный ток уставки	на перемен- ном токе (50 гц) в а	на постоянном токе в а
АП25-3МТ АП50-3МТ АП50-2М3ТН	3	380 пер.	1,6 2,5 4 6,4	1 — 1,6 1,6 — 2,5 2,5 — 4 4 — 6,4	Не срабатывает в течение 1-го часа	Не более 30 мин.	От 1 до 10 сек.	11 17,5 28 45 70	14 22 36 57 90
АП25-2МТ АП50-2МТ АП50-2М2ТН	2	220 пост.	16 25 40 50	10 — 16 16 — 25 25 — 40 40 — 50				110 175 280 350	140 220 352 440
АП25-3М АП50-3М	3	380 пер.	1,6 2,5 4 6,4	Отсутствует				11 17,5 28 45 70	14 22 36 57 90
АП25-2М АП50-2М	2	220 пост.	16 25 40 50					110 175 280 350	140 220 352 440
АП25-3Т АП50-3Т	3	380 пер.	1,6 2,5 4 6,4	1 — 1,6 1,6 — 2,5 2,5 — 4 4 — 6,4	Не срабатывает в течение 1 часа	Не более 30 мин.	От 1 до 10 сек.	Отсутствует	
АП50-3ТН			10 16 25 40 50	6,5 — 10 10 — 16 16 — 25 25 — 40 40 — 50					
АП25-2Т АП50-2Т АП50-2ТН	2	220 пост.	16 25 40 50	10 — 16 16 — 25 25 — 40 40 — 50					

* При перегрузке всех полюсов одновременно с холодного состояния при температуре окружающей среды +35° и +45° (для тропического исполнения). Время для повторного включения автомата после срабатывания тепловых расцепителей составляет не более 2 мин.

** Электромагнитный расцепитель не срабатывает при испытательном токе на 15% ниже указанных в таблице и срабатывает при испытательном токе на 15% выше. Промежуточные значения испытательного тока образуют зону производственных допусков на неточность калибровки и на срабатывания электромагнитных расцепителей.

Коммутационная (отключающая) способность автоматов

Типы автоматов	Расцепители максимального тока	Номинальный ток установки расцепителя в а	Для переменного тока с номинальным напряжением 380 в частотой 50 гц и при $\cos \varphi > 0,5$	Для постоянного тока с номинальным напряжением 220 в и постоянной времени цепи 0,01 сек. (двухполюсные*)		Допускаемое число отключений***	
			Допускаемое значение тока короткого замыкания**				
			эффективное значение короткого замыкания цепи в а	полное время отключения в сек.	установившееся значение тока короткого замыкания цепи в а		полное время отключения в сек.
АП25-3МТ АП25-2МТ АП25-3М АП25-2М АП50-3МТ АП50-2МТ АП50-3М АП50-2М АП50-2М3ТН АП50-2М2ТН	Тепловые и электромагнитные или только электромагнитные	1,6 2,5 4 6,4 10 16 25 40 50	300 400 600 800 1500 1500 1500 1500 1500 1500	0,017	1000 1000 1000 1500 1500 1500 1500 1500 1500 1500	0,02 	35 25 15 10 3 3 3 3 3 3
АП25-3Т АП25-2Т АП50-3Т АП50-2Т АП50-3ТН АП25-2ТН	Тепловые расцепители в каждом полюсе	1,6 2,5 4 6,4 10 16 25 40 50	12-кратный от номинального	—	12-кратный от номинального	— 	—

* При разрыве цепи двумя полюсами.

** В таблице приведены токи короткого замыкания, определенные без учета собственного сопротивления автомата.

*** После половины указанного числа отключений необходимо произвести осмотр автомата, зачистить контакты, удалить копоть, пыль и частицы металла с пластмассовых деталей и дугогасительного устройства. Для электрических установок, где ток короткого замыкания больше допускаемого значения тока, отключаемого автоматом, следует устанавливать последовательно с автоматом соответствующие по току и напряжению предохранители.

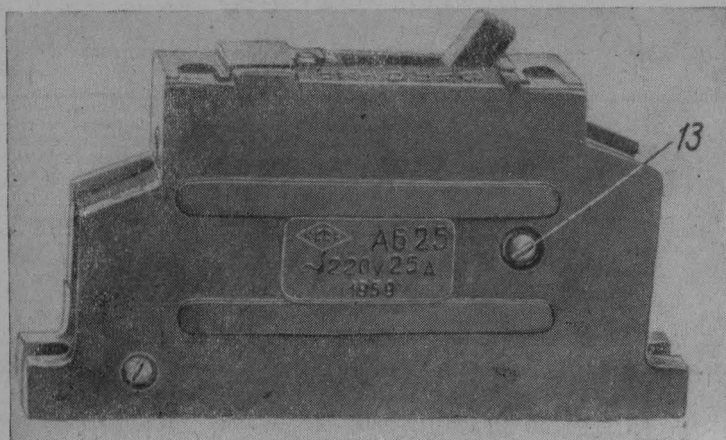


Рис. 21. Общий вид автомата АБ25

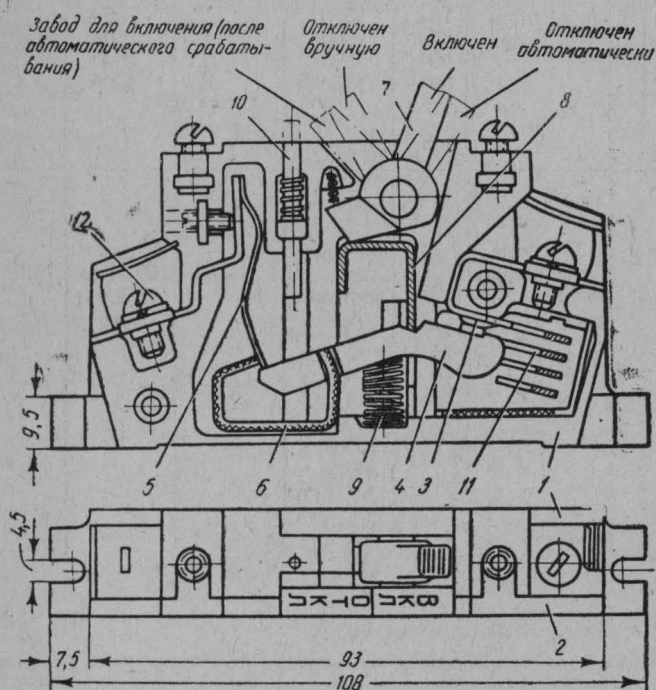


Рис. 22. Кинематическая схема и габаритные размеры автомата АБ25

Автомат АБ25 является однополюсным воздушным выключателем с тепловым расцепителем максимального тока на номинальные токи 15, 20 и 25 а.

Кинематическая схема автомата весьма проста и надежна ввиду отсутствия в ней осей и быстроизнашивающихся деталей.

Все части автомата размещаются внутри корпуса, который состоит из двух половин 1 и 2 (рис. 22), соединяющихся между собой винтами 13 (рис. 21).

Внутри корпуса находится неподвижный 3 и подвижный 4 контакты. Подвижный контакт соединен с наружным зажимом 12 (для присоединения проводов) через биметаллическую пластинку теплового расцепителя 5, которая шунтируется гибким медным проводником 6.

Для включения автомата имеется рычаг 7, который при повороте воздействует на ползун 8 и пружину 9.

Положение автоматического размыкания контактов отмечается указателем 10. Искрогашение между контактами 3 и 4 производится в камере 11.

Работа автомата осуществляется следующим образом. При прохождении через автомат тока, превышающего номинальный, расцепитель 5, нагреваясь до более высокой температуры, чем это рассчитано при номинальном токе, соскакивает с рычага подвижного контакта 4. Последний под воздействием пружины 9 поворачивается вокруг удлиненной части ползуна 8, служащего для него опорой. При этом происходит размыкание контактов 3 и 4 одновременно указатель 10, сжимая пружинку, поднимается в верхнее положение, фиксирующее автоматическое отключение. Положение отключения указывает также рычаг 7, который при срабатывании автомата перемещается к указателю «откл.».

Повторное включение автомата после автоматического отключения производится с помощью этого же рычага за два движения: одно — в сторону отключения до упора для взвода механизма, второе — в сторону включения. Автомат допускает повторное включение не позже чем через 1,5 мин. после отключения вследствие срабатывания теплового расцепителя.

Конструкция автомата позволяет использовать его и как обычный выключатель, что достигается перемещением ручки 7 в положение «выключено».

По способу монтажа и присоединения проводов автоматы выпускаются в исполнениях, допускающих их крепление с лицевой стороны щита, с передним присоединением проводов; с задней стороны щита, с задним присоединением проводов и для крепления на сборных щитах.

Технические данные автомата АБ25 приведены в табл. 11*.

* По данным испытаний в ЦНИИПО.

Технические данные автомата АБ25

Тип автомата	Номинальный ток расцепителя в <i>a</i>	Предельный допустимый ток перегрузки в <i>a</i>	Допускаемое наименьшее сечение защищаемых проводов в мм ²	Время срабатывания при нагрузке		Предельный ток короткого замыкания в <i>a</i> эфф
				1,05 от номинального	1,35 от номинального	
АБ25	15	15,7	1,5	Не срабатывает в течение 1 часа и более	Срабатывает в течение не более 30 мин.	1000
	20	21	2,5			
	25	26,3	4*			

* Для сетей, размещаемых в зданиях I и II степени огнестойкости, может быть допущен провод в 2,5 мм².

Автоматы АБ25 надежно защищают электрические сети и от токов короткого замыкания. Так, при протекании токов короткого замыкания порядка 600—800 *a* время срабатывания зафиксировано от 0,03—0,2 сек.

г) Автоматы типа АО-15

Однополюсные автоматы типа АО-15 предназначены для защиты электрических цепей с номинальным напряжением постоянного и переменного тока до 220 *v* от токов перегрузки и коротких замыканий, а также для нечастых включений и отключений этих цепей вручную. Автоматы рассчитаны на работу в стационарных и передвижных установках (промышленных, коммунальных, сельскохозяйственных, специальных и др.). Они также могут применяться и в бытовых сетях.

Автоматы имеют следующие исполнения.

1) По роду тока:

а) для переменного тока с частотой до 50 *гц* и выше (до 500 *гц*);

б) для постоянного тока.

2) По конструкции расцепителей максимального тока:

а) с тепловым Т расцепителем, срабатывающим с обратной зависимой выдержкой времени при перегрузках и коротких замыканиях (обозначается АО-15Т);

б) с электромагнитным ЭМ расцепителем, обеспечивающим мгновенное срабатывание автомата при токе установки 1,3 ($\pm 12\%$)-кратном от номинального тока расцепителя (обозначается АО-15ЭМ);

в) с электромагнитным М расцепителем, обеспечивающим мгновенное срабатывание автомата при токе установки 2—10-кратном от номинального тока расцепителя (обозначается АО-15М);

г) с комбинированным МТ расцепителем (с тепловым расцепи-

телем и электромагнитной отсечкой), обеспечивающим обратно-зависимую от тока выдержку времени до срабатывания отсечки. Отсечка срабатывает в диапазоне тока 10—15-кратном от номинального тока расцепителя (обозначается АО-15МТ).

3) По присоединению внешних проводов:

а) с передним присоединением, лапками крепления наружу;

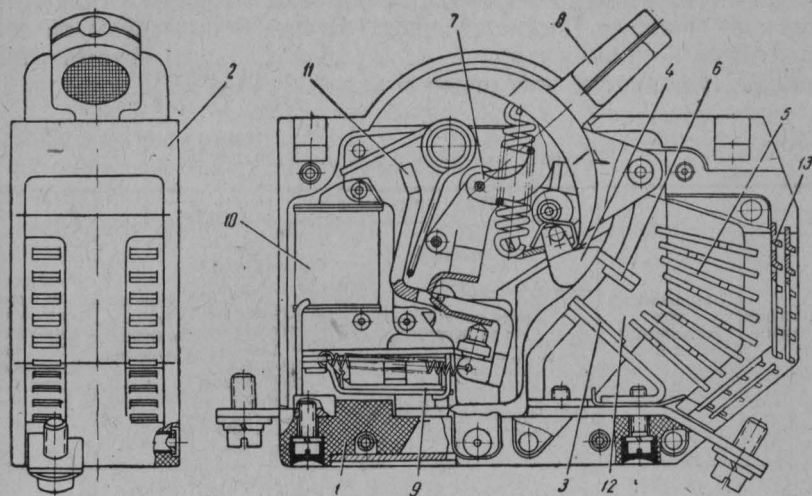


Рис. 23. Общий вид и разрез автомата АО-15

б) с передним присоединением, лапками крепления внутрь;

в) с задним присоединением.

На рис. 23 изображен в разрезе автомат АО-15МТ в отключенном положении. Автомат смонтирован в кожухе, выполненном из пластмассы, и состоит из основания 1, на котором непосредственно смонтированы все части автомата, и двух боковых крышек 2, привальцовываемых к основанию.

Коммутирующее устройство осуществляет двухкратный разрыв цепи и состоит из неподвижных контактов 3 и подвижного контактного мостика 4. Для изоляции контактных разрывов в основании 1 имеется перегородка 12. Перегородка и основание выполнено из дугостойкой пластмассы.

Подвижный контакт 6 мостикового типа опрессован пластмассой и вместе с контактным мостиком 4 соединен с механизмом свободного расцепления 7. Механизм свободного расцепления обеспечивает моментное замыкание и размыкание контактов, не зависящее от скорости движения ручки управления 8. Благодаря механизму свободного расцепления автоматическое отключение при перегрузках и коротких замыканиях происходит независимо от положения в этот момент ручки управления.

Повторное включение после автоматического отключения производится за два движения ручки: одно — в сторону отключения для установки рычага (якоря) 11 зашелки до упора (взвод механизма), второе — в сторону включения — замыкания контактов.

По положению ручки управления 8 может быть определено коммутационное состояние автомата:

при включенном положении автомата рукоятка занимает верхнее положение (видна надпись «вкл.»), при отключенном вручную — нижнее (видна надпись «откл.»), а при автоматическом отключении — промежуточное (для случая, когда автомат смонтирован дугогасительной камерой вниз).

Таблица 12

Технические данные автоматов АО-15

Исполнение автомата	Номинальный ток расцепителя в а	Расцепитель			Возможность повторного включения	Коммутационная способность при отключении токов короткого замыкания в а
		тепловой		электромагнитный		
		Время срабатывания при нагрузке		Кратность тока уставки к номинальному току расцепителя		
		1,35 $I_{н. \text{тепл.}}$	6 $I_{н. \text{тепл.}}$	$I_{уст. \text{эл.м.}}$ $I_{н. \text{эл.м.}}$		
АО-15Т	12; 15; 20	В течение часа	Переменный ток 0,8—2,5 сек. Постоянный ток 0,1—2,5 сек.	—	Через 75 сек.	500 при $\cos \varphi = 0,6$ 500**
АО-15ЭМ	1; 1,2; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 15; 20	—	—	1,3	Практически мгновенно	1800 при $\cos \varphi = 0,6$ 500** 1000***
АО-15М	1; 1,2; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 15; 20	—	—	2÷10	Практически мгновенно	То же
АО-15МТ	1; 1,2; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 15	В течение часа	5—12 сек.	10÷15	Через 75 сек.	То же

* С холодного состояния при температуре окружающей среды +25°. При изменении температуры окружающей среды на каждые 10° ток срабатывания изменяется на 7%.

** При постоянном токе 220 в и постоянной времени 0,01 сек.

*** При постоянном токе 110 в и постоянной времени 0,01 сек.

В перегородке 12 в специальных пазах установлены пластинки деионной решетки дугогасительной камеры 5.

Для окончательного охлаждения пламени дуги и ограничения его выброса из камеры за деионной решеткой в каждом разрыве установлены в два ряда пламягасительные решетки 13.

Отличительной особенностью комбинированного расцепителя является совместное действие биметаллической пластины 9 и электромагнита 10 на один и тот же рычаг — якорь 11. Это обеспечивает лучшую защиту нагревателя пластины 9 от токов, близких к току отсечки.

Автомат имеет малые времена отсечки. При коммутировании предельных токов время отсечки составляет примерно 6 мсек.

Автомат ограничивает ток короткого замыкания, т. е. начинает отключать ток короткого замыкания до достижения им максимального значения.

Основные технические данные автоматов приведены в табл. 12.

д) Автоматы типа ЭАБ-4

Низковольтные электрические бытовые автоматы типа ЭАБ-4 предназначены для защиты электрических сетей и приборов от

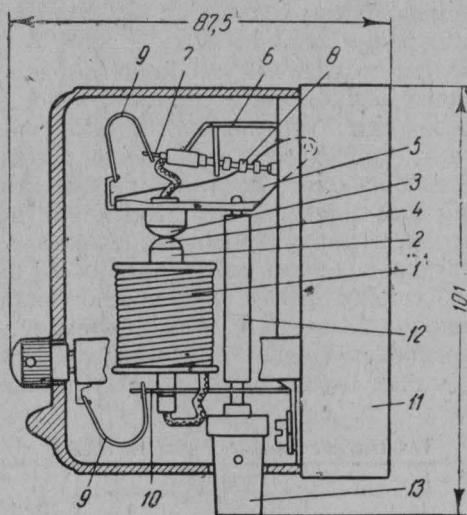


Рис. 24. Автомат типа ЭАБ-4 на 6 а, 380 в

токов короткого замыкания и перегрузок. Автомат одновременно служит для ручного включения и выключения цепи установки.

Автоматы изготавливаются с комбинированным расцепителем максимального тока в однополюсном исполнении на номинальные токи 2, 4 и 6 а и устанавливаются в цепях переменного тока до

220 в. Они применяются главным образом для защиты проводки жилых и общественных зданий и коммунальных предприятий.

На рис. 24 приведен автомат типа ЭАБ-4 на 6 а, с разрезанной крышкой. Автомат имеет два подвижных контакта 3 и 4. Верхний контакт укреплен на рычаге 5, а нижний — на сердечнике 2 последовательно включенной катушки 1 (электромагнитный расцепитель). Сердечник 2 связан с рычагом 10. Рычаги 10 и 5 шарнирно связаны с основанием 11 автомата и благодаря наличию ленточных пружин 9 могут занимать два устойчивых положения по обе стороны от мертвого положения. При перегрузках биметаллическая пластинка 7 (тепловой расцепитель), нагреваемая обвитой вокруг нее нихромовой лентой 8, скачкообразно отходит от упора 6, что вызывает скачкообразный подъем рычага 5 и размыкание контактов.

Своеобразной особенностью автомата является то, что после отключения токов перегрузки он автоматически включается через 50÷150 сек. (за счёт охлаждения биметаллической пластинкой 7) без ручного воздействия на кнопку 13.

При коротких замыканиях автомат отключает установку автоматически, без повторного включения.

При этом размыкание контактов происходит вследствие того, что серийная катушка 1 втягивает свой сердечник, который остается в нижнем положении, пока не будет возвращен в положение включения нажатием кнопки 13.

Автомат не имеет механизма свободного расцепления, однако свойство свободного расцепления имеется. Оно достигается тем, что при нажатии кнопки 13 шток 12 отодвигает рычаг 5 и связанный с ним контакт, предотвращая касание контактов. Контакты замыкаются только после того, как кнопка будет отпущена. В любом положении кнопки при коротком замыкании возможно размыкание цепи благодаря притяжению сердечника. Оперативное отключение достигается передвижением кнопки 13 вниз, что ведет к перемещению вниз сердечника 2. Оперативное включение производится нажатием кнопки 13 вверх и отпусканием ее.

Автомат закрывается крышкой и может быть опломбирован.

Технические данные автомата типа ЭАБ-4 приведены в табл. 13.

Таблица 13

Технические данные автомата ЭАБ-4

Тип автомата	Номинальный ток в а	Расцепитель		Предельный ток короткого замыкания (амплитудное значение) в а	Полное время отключения при к. з. в м/сек
		тепловой	электромагнитный		
		$I_{уст. \text{ тепл. в а}}$	$I_{уст. \text{ эл. м. в а}}$		
ЭАБ-4	2 4 6	(1,1—1,2) I_H	10 I_H	До 1000	2÷5

е) Автоматы типа Е-27

Установочные однополюсные автоматы изготавливаются на номинальные токи 6 а при напряжении не свыше 250 в переменного тока. Автоматы этого типа выпускаются для установки в сетях электрического освещения и на ответвлениях к электродвига-

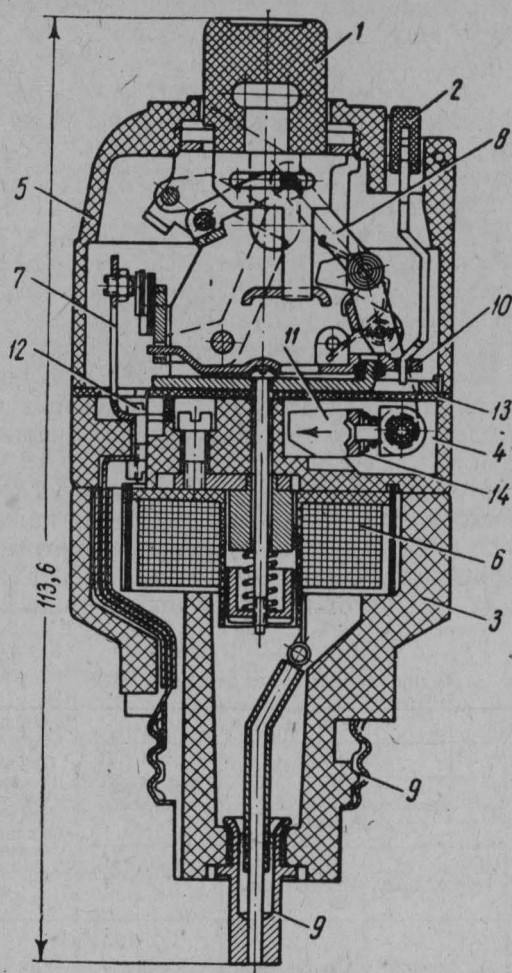


Рис. 25. Разрез малоомощного автомата типа Е-27 в отключенном состоянии

телям малой мощности. Автоматы имеют комбинированный расцепитель максимального тока, поэтому осуществляют защиту от токов коротких замыканий и чрезмерных перегрузок. Конструкцией предусмотрена контактная шейка 9 (рис. 25) с резьбой Е-27,

рассчитанная на ввертывание в контактную гильзу основания нормального пробочного предохранителя взамен пробки (плавкой вставки).

Автомат состоит из следующих основных частей: основания 3, дугогасительной камеры 4, крышки 5, отключающего электромагнита 6 (электромагнитный расцепитель), биметаллической пластинки 7 (тепловой расцепитель), механизма свободного расцепления 8, контактов 9 и рычага 10, приводящего в действие механизм свободного расцепления.

Контактная система автомата состоит из двух неподвижных контактов и подвижного контактного мостика. При размыкании цепи получаются два разрыва цепи. Контактная система помещена в дугогасительную камеру 4, состоящую из фарфоровой чашечки, накрытой фибровым диском 13.

Прохождение тока в автомате происходит через следующие последовательно соединенные элементы: контактный штырь 9, катушку электромагнита 6, первый неподвижный контакт (на рис. не виден), контактный мостик 11 (подвижный контакт), второй неподвижный контакт (на рис. не виден), биметаллическую пластинку 7, контактную шейку 12. Пружина 14 обеспечивает нажатие подвижного контакта на неподвижный во включенном положении. Стрелка показывает направление движения подвижного контакта при включении.

Включение автомата производится от руки нажатием кнопки «включено» 1. Отключение — либо от руки путем нажатия на кнопку «отключено» 2, либо под действием встроенного в автомат комбинированного расцепителя.

Технические данные автомата приведены в табл. 14.

Таблица 14

Технические данные автомата Е-27

Тип автомата	Номинальный ток в a	Расцепитель			Предельный ток короткого замыкания (амплитудное значение) в a	Полное время отключения токов к. з.
		Тепловой		Электромагнитный		
		время срабатывания при перегрузке				
		1,5 I н. тепл.	2 I н. тепл.			
				$I_{уст. \text{ эл. м. в } a}$		
Е-27	6	В течение часа	До 30 мин.	(5÷8) I_n	До 1000	0,1 сек.

Значительное распространение в СССР получили автоматы, идентичные типу Е-27, изготавливаемые в ГДР и Польской Народной Республике (рис. 26). Автоматы, изготавливаемые в Польше, рас-

считаны на номинальный ток 10 а и напряжение 250 в переменного тока. Корпус этих автоматов — пластмассовый.

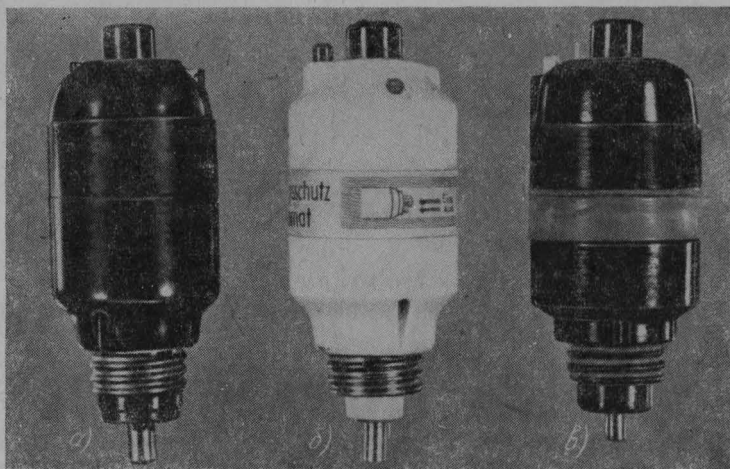


Рис. 26. Общий вид маломощных автоматов
а — изготовляемого в Польше; б — изготовляемого в ГДР; в — типа Е-27

Автоматы, изготовляемые в ГДР, рассчитаны на номинальный ток 6 а и напряжение 250 в постоянного тока и 380 в переменного тока. Заключены автоматы в фарфоровый корпус.

III. ВЫБОР АППАРАТОВ ЗАЩИТЫ

1. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДОСТОИНСТВ И НЕДОСТАТКОВ ПЛАВКИХ ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ И АВТОМАТОВ

Плавкие предохранители и автоматы имеют свои достоинства и недостатки, которые следует учитывать при решении вопроса о защите электроустановок от токов перегрузок и коротких замыканий. Особую важность приобретает этот вопрос при защите электроустановок пожаро-взрывоопасных производств.

Плавкие предохранители по сравнению с автоматами имеют следующие недостатки:

а) Предохранитель является однофазным аппаратом, поэтому при перегрузках сначала перегорает плавкая вставка в одной из фаз трехфазной сети. Если после этого ток перегрузки уменьшится, то предохранители других фаз не отключат сеть. Это приведет, например, к работе трехфазных двигателей на двух фазах. В этом случае обмотки их быстро нагреваются (в течение нескольких минут) и при отсутствии защиты от перегрузки тепловыми реле могут быть повреждены.

Увеличение тока в других фазах в связи с работой на двух фазах может быть недостаточно для расплавления плавких вставок предохранителей, так как их номинальные токи приходится выбирать из условий пусковых токов, а не по номинальному току двигателей.

Указанная причина является одной из основных выхода из строя двигателей и длительного простоя технологического оборудования.

б) Предохранители хуже, чем автоматы, защищают установку от небольших перегрузок, так как у них отношение $\frac{I_{\infty}}{I_{н. вст}}$ высокое.

в) Габариты предохранителей в сочетании с рубильниками больше, чем у заменяющего их установочного автомата.

г) Время, потребное на восстановление питания отключенной установки, в случае защиты предохранителями велико, и возникают большие простои оборудования, чем при применении автомата.

тов. Необходимость замены сгоревшей плавкой вставки и наличия запасных также осложняет обслуживание.

Кроме того, в ряде случаев конструкция предохранителей позволяет применять нестандартные, некалиброванные плавкие вставки в виде медных или из другого металла проволок. Пограничный и номинальный токи такой «вставки», как и вся защитная характеристика предохранителя, в этом случае имеют крайне неопределенные значения. Проволока одного и того же диаметра может плавиться в патронах предохранителей при различных значениях тока и с разной выдержкой времени. При таких кустарных вставках весьма вероятны местные перегревы, порча и даже разрывы патронов (например, предохранителей серии ПР). Коммутационная (разрывная) способность предохранителей с такими вставками резко снижается. Они перестают быть калиброванными надежными защитными аппаратами и могут вызвать аварии, пожары и взрывы.

Однако по сравнению с автоматами предохранители имеют некоторые преимущества. Они дешевы, конструкция их проста и срабатывают они при сверхтоках безотказно. Кроме того, предохранители лучше ограничивают большие токи коротких замыканий и обладают большей разрывной способностью, чем установочные автоматы. Поэтому в ряде случаев, когда автоматы будут иметь недостаточную отключающую способность для защиты сетей и установок, целесообразно сочетать автоматы с последовательно включенными токоограничивающими предохранителями. Защитные характеристики автомата и предохранителя подбираются таким образом, что при перегрузке и токе короткого замыкания, меньшем отключающей способности автомата, срабатывает его защита, а при токе, превышающем отключающую способность автомата, перегорает предохранитель.

Так как автоматы с комбинированным расцепителем имеют тепловой расцепитель для защиты от перегрузок, а электромагнитный расцепитель — для защиты от токов коротких замыканий, то замена сгоревшей плавкой вставки последовательно включенного предохранителя будет необходимой только после коротких замыканий, превышающих отключающую способность автоматов.

Вышеуказанные преимущества предохранителей и недостаточный выпуск автоматов в настоящее время обуславливают еще значительное применение предохранителей.

Автоматы рекомендуются применять в ответственных установках, где по условиям обеспечения пожаро-взрывобезопасности технологического процесса необходимо быстрое восстановление питания или дистанционное управление, или автоматическое отключение при разных ненормальных режимах (а не только при сверхтоках), или автоматическое включение. Автоматы имеют более устойчивые и более постоянные защитные характеристики, обеспечивают надежное отключение и селективную защиту от сверхтоков, позволяют производить более точную установку определенного тока срабатывания.

2. ТРЕБОВАНИЯ К АППАРАТАМ ЗАЩИТЫ

Аппараты обязаны удовлетворять следующим условиям:

а) *не должны перегреваться сверх допустимых для них температур в условиях нормальной эксплуатации;*

б) *не должны отключать электроустановки при кратковременных перегрузках (пусковые токи, токи технологических нагрузок, токи при самозапуске и т. п.).*

Номинальные токи плавких вставок предохранителей и токи уставок автоматов, служащих для защиты отдельных участков сети, во всех случаях следует выбирать, по возможности, минимальными по расчетным токам этих участков или номинальным токам электроприемников.

Строгое соблюдение условий «а» и «б» обязательно во всех случаях. Длительный перегрев сверх нормы самих аппаратов защиты приводит к резкому ухудшению защитных свойств их, например, к возможности срабатывания при перегрузках, свойственных нормальной эксплуатации электроустановок; отклонению защитных характеристик от стандартных, свойственных нормальному температурному режиму работы, и т. д. Частые, не оправданные условиями эксплуатации отключения электроустановок могут приводить к расстройству технологического процесса и послужить причиной возникновения аварий, пожаров и взрывов.

Кроме того, при ненормальном температурном режиме аппараты защиты могут срабатывать не селективно, что также нарушает нормальную работу электроустановок.

Для удовлетворения условия «а» необходимо выбирать аппарат защиты так, чтобы номинальный ток самого аппарата и ток плавкой вставки (для предохранителей) или расцепителей (для автоматов) были равны или несколько больше расчетного тока сети, т. е.

$$\frac{I_{н. пр}}{I_{н. вст}} \geq I_p \text{ (для предохранителей)} \quad (8)$$

$$\frac{I_{н. тепл}}{I_{н. эл. м}} \geq I_p \text{ (для автоматов)} \quad (9)$$

Для удовлетворения условия «б» необходимо учитывать режим работы установки и расчетные токи сети.

При защите предохранителями необходимо выбирать плавкую вставку так, чтобы при перегрузках, свойственных нормальной эксплуатации, она не нагревалась чрезмерно, так как это влечет за собой окисление поверхности вставки, быстрое ее старение, постепенное ослабление контактов и ложные отключения.

Выбор плавких вставок при наличии их характеристик производится следующим образом: на семейство кривых (рис. 27) наносится пусковая токовая характеристика электродвигателя (показана жирной линией). Плавкая вставка должна быть выбрана с такой характеристикой, чтобы все точки ее лежали выше кривой

изменения пускового тока электродвигателя во времени, в данном случае с характеристикой 2.

При отсутствии характеристик плавких вставок последние могут быть выбраны упрощенным способом, которым пользуются в

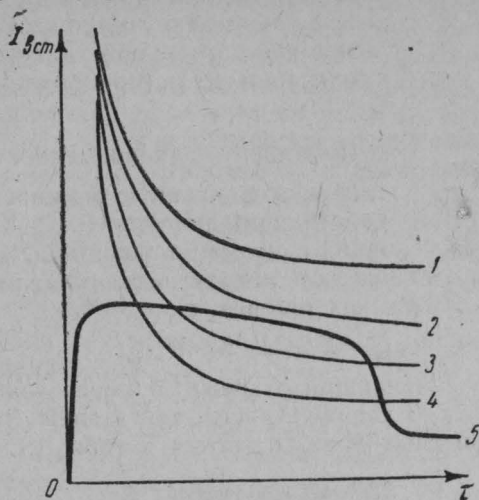


Рис. 27. Семейство кривых плавких вставок 1, 2, 3, 4 и пусковая характеристика электродвигателя 5, для которого выбирается плавкая вставка

большинстве случаев, как при проектировании, так и при эксплуатации, а именно:

$$I_{н. вст} \geq I_p; \quad (10)$$

для защиты ответвлений к одиночным двигателям

$$I_{н. вст} \geq \frac{I_{пуск}}{\alpha}; \quad (11)$$

для защиты сетей, питающих более одного двигателя

$$I_{н. вст} \geq \frac{I_{макс}}{\alpha}, \quad (12)$$

где $I_{н. вст}$ — расчетная величина номинального тока плавкой вставки в α ;

$$I_{пуск} = I_n \beta \quad \text{— пусковой ток двигателя в } \alpha; \quad (13)$$

$$I_n = \frac{P \cdot 1000}{\sqrt{3} U_n \cos \varphi \cdot \eta} \quad \text{— номинальный ток двигателя в } \alpha;$$

$$\beta = \frac{I_{пуск}}{I_n} \quad \text{— кратность пускового тока, определяемая по каталогу на данную серию двигателей. Для двигателей с фазным ротором принимается равной в пределах 1,5—2,5, а для двигателей с короткозамкнутым ротором в пределах 5—8;}$$

Для двигателей с фазным ротором принимается равной в пределах 1,5—2,5, а для двигателей с короткозамкнутым ротором в пределах 5—8;

$$I_{макс} = \sum I_{p(n-1)} K_0 + I_{пуск} \quad \text{— наибольшая величина кратковременного тока, протекающего через предохранитель;} \quad (14)$$

$\Sigma I_{p(n-1)}$ — сумма рабочих токов всех двигателей без одного, дающего наибольшее приращение пускового тока над рабочим, в а;

$I_p = I_n \cdot K_3$ — рабочий ток двигателя в а;

K_3 — коэффициент загрузки двигателя, т. е. отношение действительной нагрузки двигателя к номинальной (при отсутствии данных $K_3 = 1$);

$K_o = \frac{\Sigma P_{\text{работающих}}}{\Sigma P_{\text{присоединенных}}}$ — коэффициент одновременности, учитывающий присоединенную мощность фактически работающих двигателей.

В практических условиях в целях большей надежности во многих случаях $I_{\text{макс}}$ определяют, исходя не из рабочих токов двигателей, а из номинальных их токов, т. е.

$$I_{\text{макс}} = \Sigma I_n (n-1) K_o + I_{\text{пуск}}; \quad (15)$$

α — коэффициент, зависящий от режима перегрузки предохранителя, его типа и условий пуска двигателей. Значения α на основании опытных данных даются в табл. 15.

Таблица 15

Значения коэффициента α

Тип и марка предохранителя		Материал плавкой вставки	Рекомендуемые значения	
			Для легких условий пуска* электродвигателей и при самозапуске их при холостом ходе механизма	Для тяжелых условий пуска** электродвигателей и при самозапуске его при нагруженном механизме
Инерционные	Е-27 и Е-33 при $I_{\text{н. вст}} \leq 35a$	Свинец	Выбираются только по условию $I_{\text{н. вст}} \geq I_p$	$\alpha = 3,75$
	СПО и ПТ	Медь		
Малоинерционные	ПР-2	Цинк	$\alpha = 3$	$\alpha = 2$
	П при $I_{\text{н. вст}} \geq 35a$	Медь		
Безынерционные	Е-33 при $I_{\text{н. вст}} = 60a$	Серебро	$\alpha = 2,5$	$\alpha = 1,6$
	КП, НПН, НПР, П при $I_{\text{н. вст}} < 35a$	Медь		

* Под легкими условиями пуска подразумеваются резкие пуски с длительностью разгона до 10 сек.

** Под тяжелыми — частые пуски с длительностью разгона до 40 сек.

При отсутствии данных, позволяющих воспользоваться табл. 15, как это обычно бывает на практике, значение коэффициента α принимается во всех случаях равным 2,5.

Плавкий предохранитель не реагирует на то, какое сечение (большое или малое) имеет проводник защищаемой линии. Плавкая вставка предохранителя одинаково сгорит и при проводнике большого сечения и малого сечения, если в линии имеют место нагрузки чрезмерной для нее величины, длительности и частоты. Поэтому при выборе плавкой вставки предохранителя необходимо считаться только с режимом работы установки, при этом, если бесперебойность работы установки обеспечивается меньшей плавкой вставкой, — нельзя ставить большую.

Допускаемое ПУЭ заглубление защиты до $I_{н.вст} = 3 I_{доп}$ [см. выражение (18)] следует применять лишь в крайних случаях, в местах и сетях, требующих защиты только от токов короткого замыкания, где воспламенение изоляции не грозит пожаром или взрывом, и только для проводников, проложенных в трубах или имеющих негорючие оболочки.

Пример 1. Определить номинальный ток плавкой вставки предохранителя типа ПР-2, защищающего сеть, выполненную проводами ПР-500 в газовой трубе. Сечение каждого провода по условиям нагрева равно $S = 1,5 \text{ мм}^2$ ($I_{доп} = 17 \text{ а}$). Сеть питает короткозамкнутый электродвигатель А52-6 мощностью 4,5 квт. Напряжение сети 380 в, $\beta = I_{пуск} / I_n = 5$; $\eta = 0,845$; $\cos \varphi = 0,8$. Коэффициент загрузки $K_3 = 1$. Температура среды в цехе $+25^\circ$. Пуск электродвигателя — легкий.

Решение 1. Номинальный ток электродвигателя:

$$I_n = \frac{P_n \cdot 1000}{1,73 U_n \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{4,5 \cdot 1000}{1,73 \cdot 380 \cdot 0,8 \cdot 0,845} = 10,1 \text{ а}.$$

2. Пусковой ток электродвигателя [формула (13)]

$$I_{пуск} = I_n \beta = 10,1 \cdot 5 = 50,5 \text{ а}.$$

3. Номинальный ток плавкой вставки [формула (11)]

$$I_{н.вст.} = \frac{I_{пуск}}{\alpha} = \frac{50,5}{3} = 16,83 \text{ а},$$

где α — по табл. 15 для предохранителей ПР-2 принимаем равным 3.

4. По табл. 1 принимаем номинальный ток плавкой вставки равным 20 а.

5. Правильность расчета проверяем на удовлетворение формулы (18)

$\frac{I_{н.вст.}}{I_{доп.}} \leq 3$; $\frac{20}{17} = 1,17 < 3$ — следовательно, выбранная плавкая вставка предохранителя соответствует защищаемому сечению проводов и пусковым условиям электродвигателя.

При защите автоматами. При выборе автоматов необходимо, чтобы ток уставки (ток срабатывания) расцепителей превышал

максимальный кратковременный ток линии, определяемый по выражениям (13) и (14), не менее чем на:

$$\left. \begin{aligned} I_{\text{ср. эл. м}} &\geq 1,35 I_{\text{макс}} && \text{— для автоматов АЗ120, АЗ130 и АЗ140;} \\ I_{\text{ср. эл. м}} &\geq 1,65 I_{\text{макс}} && \text{— для автоматов АЗ110;} \\ I_{\text{ср. эл. м}} &\geq 1,25 I_{\text{макс}} && \text{— для автоматов АП25, АП50.} \end{aligned} \right\} (16)$$

Коэффициенты 1,35; 1,65 и 1,25 учитывают возможные неточности в определении $I_{\text{макс}}$ и в настройке расцепителя

$$\left. \begin{aligned} I_{\text{ср. тепл}} &\geq 1,25 I_{\text{р}} && \text{— для автоматов АП25 и АП50;} \\ I_{\text{ср. тепл}} &\geq 1,2 I_{\text{р}} && \text{— для автоматов АЗ160;} \\ I_{\text{ср. тепл}} &\geq 1,275 I_{\text{р}} && \text{— для автоматов АЗ110, АЗ120, АЗ130 и АЗ140;} \end{aligned} \right\} (17)^*$$

$$I_{\text{ср. тепл}} \geq 1,35 I_{\text{р}} \text{ — для автоматов АО-15.}$$

В тяжелых условиях пуска двигателей для автоматов всех типов необходима проверка уставок по защитным характеристикам.

в) *Аппараты защиты должны отключать сеть при длительных перегрузках с обратно зависимой от тока выдержкой времени, т. е. чем больше ток перегрузки, тем быстрее должен отключаться защитный аппарат.*

Защита от перегрузок не всегда может быть выполнена без значительного завышения сечений проводников. Поэтому ПУЭ для сетей, защищаемых только от токов короткого замыкания, допускают отступления от этого условия и ограничиваются лишь предписанием, чтобы по отношению к длительно допустимым токовым нагрузкам на защищаемые проводники защитные аппараты имели кратность **:

$$\frac{I_{\text{н. вст}}}{I_{\text{доп}}} \leq 3 \quad (18)$$

(при защите предохранителями);

$$\frac{I_{\text{уст. эл. м}}}{I_{\text{доп}}} \leq 4,5 \quad (19)$$

[при защите автоматом только с максимальным электромагнитным расцепителем (отсечка)];

$$\frac{I_{\text{н. тепл}}}{I_{\text{доп}}} \leq 1 \quad (20)$$

[при защите автоматом (с тепловыми расцепителями) с нерегулируемой обратозависимой от тока характеристикой (независимо от наличия или отсутствия отсечки)];

$$\frac{I_{\text{уст. эл. м}}}{I_{\text{доп}}} \leq 1,5 \quad (21)$$

[при защите автоматом (с тепловым расцепителем) с регулируемой обратозависимой от тока характеристикой].

* В выражениях (17) $I_{\text{р}}$ — рабочий ток в защищаемой сети.

** Завышение номинальных токов плавких вставок предохранителей и уставок автоматов по сравнению с величинами, приведенными в выражениях (18), (19), (20) и (21), допускается в необходимых случаях, например, для надежной отстройки от токов самозапуска электродвигателей при условии, если кратность тока короткого замыкания [выражение (22)] имеет значения не менее 5 для предохранителей и не менее 1,5 — для автоматов.

Защите от токов перегрузки подлежат сети внутри помещений, выполненные открыто проложенными незащищенными изолированными проводниками с горючей оболочкой. От перегрузки должны быть защищены также сети внутри помещений, выполненные защищенными проводниками, проложенными в трубах, в несгораемых строительных конструкциях и т. п., в следующих случаях:

1) осветительные сети в жилых и общественных зданиях и торговых помещениях, служебно-бытовых помещениях промышленных предприятий, включая сети для бытовых и переносных электроприемников (утюгов, чайников, комнатных холодильников, пылесосов, стиральных и швейных машин и т. п.), а также в пожароопасных производственных помещениях;

2) силовые сети в промышленных предприятиях, в жилых и общественных зданиях и торговых помещениях — только в случаях, когда по условиям технологического процесса или режиму работы сети может возникать длительная перегрузка проводов и кабелей;

3) сети всех видов во взрывоопасных помещениях и взрывоопасных наружных установках — независимо от условий технологического процесса или режима работы сети.

Во всех остальных случаях сети защищаются лишь от токов коротких замыканий с соблюдением требований, указанных в выражениях (18), (19), (20) и (21).

Пример 2. Магистраль проложена по стенке кабелем ААБГ сечением $3 \times 35 + 1 \times 16 \text{ мм}^2$ ($I_{\text{доп}} = 95 \text{ а}$).

От магистрали питаются два асинхронных электродвигателя с короткозамкнутым ротором типов:

1) А52-2 ($P = 10 \text{ кВт}$, $\cos \varphi = 0,89$; $\eta = 0,875$; $K_3 = 0,85$; $\beta = 6,5$);

2) А81-6 ($P = 28 \text{ кВт}$, $\cos \varphi = 0,85$, $\eta = 0,89$; $K_3 = 0,9$; $\beta = 5$).

Напряжение сети 380 в.

Определить необходимую величину номинального тока автомата серии АЗ100, ток уставки (ток срабатывания) и тип автомата этой серии, надежно защищающий магистраль.

Решение 1. Рабочие токи электродвигателей

$$I_{p_1} = I_{n_1} K_{3_1} = \frac{P_n \cdot 1000 \cdot K_3}{1,73 U_n \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{10 \cdot 1000 \cdot 0,85}{1,73 \cdot 380 \cdot 0,89 \cdot 0,875} = 16,6 \text{ а} (I_{n_1} = 19,5 \text{ а});$$

$$I_{p_2} = I_{n_2} K_{3_2} = \frac{28 \cdot 1000 \cdot 0,9}{1,73 \cdot 380 \cdot 0,85 \cdot 0,89} = 51 \text{ а} \quad (I_{n_2} = 56,5 \text{ а}).$$

2. Наибольшая величина кратковременного тока, протекающего по автомату $I_{\text{макс}}$ [формула (14)].

$$I_{\text{макс}} = I_{p(n-1)} K_0 + I_{\text{пуск}} = 16,6 + 282,5 = 299,1 \text{ а},$$

где K_0 — принимаем равным 1.

По формуле (13) $I_{\text{пуск}_2} = I_{\text{н}_2} \beta_2 = 56,5 \cdot 5 = 282,5 \text{ а.}$

3. Номинальный ток автомата и его тип выбираем по формуле (9) и табл. 6:

для $\Sigma I_p = 16,6 + 51 = 67,6 \text{ а}$ принимаем автомат типа АЗ114/1-МТ (с комбинированным расцепителем) с

$$I_{\text{н. комб}} = 85 > I_p = 67,6 \text{ а.}$$

4. Правильность выбора номинальных параметров автомата и надежность защиты им магистрали проверяем по формулам (16), (17) и (20) и табл. 6.

По формуле (16) $I_{\text{ср. эл. м}} \geq 1,65 \cdot I_{\text{макс}}$
 $850 > 1,65 \cdot 299,1 = 493,5 \text{ а}$ — удовлетворительно.

По формуле (17) $I_{\text{ср. тепл}} \geq 1,275 I_p$
 $1,275 \cdot 85 = 108,4 > 1,275 \cdot 67,6 = 86,2$ — удовлетворительно.

По формуле (20) $\frac{I_{\text{н. тепл}}}{I_{\text{доп}}} \leq 1$

$$\frac{85}{95} = 0,9 < 1 \text{ — удовлетворительно.}$$

Вывод. Выбранный тип автомата и его номинальные параметры соответствуют защищаемому сечению кабеля и пусковым условиям электродвигателей.

г) Во всех случаях аппараты защиты должны обеспечивать отключение аварийного участка при коротких замыканиях в конце защищаемой линии:

одно- и многофазных — в сетях с глухозаземленной нейтралью; двух- и трехфазных — в сетях с изолированной нейтралью.

Это требование объясняется тем, что, например, электромагнитный расцепитель автомата выбирается по выражению (19), т. е. $I_{\text{ср. эл. м}} \leq 4,5 I_{\text{доп}}$. Если при повреждении линии величина тока короткого замыкания будет превышать ток срабатывания автомата, последний мгновенно отключит защищаемую линию и предотвратит возникновение недопустимого перегрева проводов линии током короткого замыкания.

Если же величина тока короткого замыкания окажется, например, равной четырехкратной величине допустимого тока провода линии и меньше тока срабатывания, автомат, выбранный по выражению (19), не сработает, и ток короткого замыкания быстро выведет из строя провода или кабель поврежденного участка линии.

Длительно не отключаемые короткие замыкания тем более не допустимы там, где имеется особая опасность пожара или взрыва, например, во взрывоопасных помещениях любого класса.

Обычно учитывают опасность длительного протекания чрезмерных токов короткого замыкания, вызывающих перегрев проводов и кабелей и воспламенение их изоляции по всей длине. Но короткие замыкания с током, не вызывающим перегрузки, достаточной для воспламенения изоляции проводников, тоже могут быть опасными. Электрическая дуга в месте повреждения, если она длительно не отключается, способна вызвать местное воспламенение изо-

ляции. По мере ее разрушения короткое замыкание будет перемещаться по направлению к источнику питания, пока не возрастет настолько, что кратность окажется достаточной для срабатывания предохранителей или автоматов.

При правильно выбранных сечениях проводов и кабелей по нагреву и потере напряжения, а также номинальных токов плавких вставок предохранителей или уставок автоматов необходимая кратность тока, обеспечивающая отключение при междуфазных замыканиях в сети, получается автоматически.

Вместе с тем иногда встречаются отклонения, с которыми нужно считаться. Следует учитывать, что в практике эксплуатации электроустановок во многих случаях идут на некоторое увеличение номинального тока плавких вставок и токов срабатывания расцепителей автоматов, например для исключения ложных отключений от допустимых кратковременных перегрузок. Иногда это же делается для достижения селективности по отношению к нижестоящим аппаратам защиты. Загрубление предохранителей применяется иногда для сокращения числа случаев повреждений двигателей вследствие работы на двух фазах.

Таким образом, в некоторых случаях проверка аппаратов защиты на отключение токов короткого замыкания становится необходимой. Отключение короткого замыкания будет обеспечено, если будут выполнены следующие условия*:

$$\frac{I_{к.з}}{I_{н.вст}} \geq 3; \quad (22)$$

$$\frac{I_{к.з}}{I_{ср.авт}} \geq 1,25$$

(при защите линий в невзрывоопасных помещениях и установках);

$$\frac{I_{к.з}}{I_{н.вст}} \geq 4; \quad (23)$$

$$\frac{I_{к.з}}{I_{ср.авт}} \geq 2$$

(при защите линий во взрывоопасных помещениях и установках).

Расчет токов короткого замыкания в сетях до 1000 в требует много труда и, как правило, не может претендовать на точные результаты, так как в таких сетях существенное значение имеет переходное сопротивление каждого контакта как стационарного, так и коммутирующего, и таких факторов, как наличие или отсутствие трансформаторов тока в замкнутой цепи, токоограничивающее действие самого защитного аппарата, сопротивление контактов в месте короткого замыкания и т. д. Между тем на практике в этих случаях нет нужды стремиться к большой точности; достаточ-

* Расчетная или экспериментальная проверка этих условий [выражение (22)] не требуется, если выполняются указания необходимых кратностей по выражениям (18), (19), (20) и (21).

но приближенно оценить возможные значения токов короткого замыкания, чтобы ответить на вопрос — отключит ли надежно и быстро аппарат защиты аварийный участок.

Для определения величины тока короткого замыкания можно пользоваться приближенной формулой:

$$I_{к.з} = \frac{U_n}{Z_n \nrightarrow Z_T}, \quad (24)$$

где U_n — берется равным междуфазному (линейному) номинальному напряжению (для сети с изолированной нейтралью) и фазному номинальному напряжению (для сети с глухозаземленной нейтралью);

$Z_n = \sqrt{r_n^2 + x_n^2}$ — полное сопротивление петли (возникающей при коротком замыкании линии) до места короткого замыкания двухфазных проводов (для сети с изолированной нейтралью) или фазного и нулевого провода (для сети с глухозаземленной нейтралью) в *ом*;

r_n — активное сопротивление проводников петли в *ом*;

x_n — реактивное сопротивление проводников петли в *ом*;

Z_T — полное сопротивление обмоток питающего трансформатора в *ом*.

Согласно ПУЭ сопротивление трансформатора учитывается для однофазного короткого замыкания и только в случае соединения обмоток трансформатора мощностью до 560 *кВА* по схеме.

Y/Y_0 — 12 и при проводах из цветных металлов.

Расчетные значения Z_T , приведенные к напряжению 400 *В* (для трансформаторов 380/220 *В*), для этих условий приведены в табл. 16.

Таблица 16

Расчетные значения сопротивлений трансформаторов, изготавливаемых по ГОСТ 401-41 со схемой соединения Y/Y_0 —12

Мощность трансформатора в <i>кВА</i>	20	30	50	100	180	320	560
Расчетное сопротивление в <i>ом</i>	0,97	0,72	0,54	0,17	0,12	0,08	0,05

Примечание. Для трансформаторов напряжением 220/127 *В* значения сопротивлений в табл. 16 должны быть уменьшены в 3 раза.

Во всех остальных случаях сопротивление трансформатора по выражению (24) не учитывается.

При практических подсчетах реактивным сопротивлением петли можно пренебречь, и тогда полное сопротивление петли будет равняться активному сопротивлению, состоящему из суммы сопротивлений фазных и зануляющих проводов различных участков петли, т. е.

$$Z_{\Pi} \approx r_{\Pi} = \Sigma r_{\phi} + \Sigma r_0. \quad (25)$$

Тогда выражение (24) для однофазного короткого замыкания при системе с глухим заземлением нейтрали примет вид:

$$I_{\text{к.з}} = \frac{U_{\text{н}}}{\Sigma r_{\phi} + \Sigma r_0}. \quad (26)$$

Если защитный аппарат не обеспечивает надежного отключения короткого замыкания в соответствии с выражениями (22) и (23), необходимо дополнительно установить на линии промежуточный защитный аппарат с меньшим током срабатывания или принять меры к уменьшению сопротивления линии (например, увеличить сечение нулевого провода).

Пример 3. Проверить автомат АЗ114/1, установленный на магистрали, выполненной кабелем ААБГ 3×35+1×16 (см. пример 2), на отключение при коротком замыкании в конце магистрали. Дополнительные данные: магистраль питается от трансформаторной подстанции мощностью 1×560 ква, напряжение сети 380/220 в. Длина магистрали — 70 м.

Решение. 1. Величину тока короткого замыкания определяем по формуле (26)

$$I_{\text{к.з}} = \frac{U_{\text{н}}}{\Sigma r_{\phi} + \Sigma r_0} = \frac{220}{0,058 + 0,125} = \frac{220}{0,184} = 1200 \text{ а.}$$

Примечание. Сеть 380/220 в выполняется с глухозаземленной нейтралью, расчет ведется для однофазного короткого замыкания.

$$r_{\phi} = \rho \frac{l}{S_{\phi}} = 0,029 \frac{70}{35} = 0,058 \text{ ом;}$$

$$r_0 = \rho \frac{l}{S_0} = 0,029 \frac{70}{16} = 0,125 \text{ ом.}$$

2. Отключение тока короткого замыкания автоматом проверяем по формуле (22)

$$\frac{I_{\text{к.з}}}{I_{\text{ср. эл. м}}} \geq 1,25; \quad \frac{1200}{850} = 1,41 > 1,25 \text{ — требование удовлетворено.}$$

д) По своей отключающей способности ($I_{\text{пр}}$) аппараты защиты должны соответствовать токам короткого замыкания в начале защищаемого участка сети.

Данное требование объясняется тем, что если отключающая

способность аппаратов защиты (см. таблицы 1—4, 7 и 10—14) окажется меньше величины возможного тока короткого замыкания, то отключение аварийного участка не произойдет или время отключения будет недопустимо большим, а сам аппарат может быть поврежден.

Все указанное может привести к повреждению сети, машин и аппаратов и, как следствие из этого, не исключена возможность возникновения пожара или взрыва.

Для удовлетворения указанного требования необходимо, чтобы

$$I_{\text{пр}} > I_{\text{к.з.}} \quad (27)$$

3. СЕЛЕКТИВНОСТЬ (ИЗБИРАТЕЛЬНОСТЬ) ДЕЙСТВИЯ АППАРАТОВ ЗАЩИТЫ

Аппараты защиты должны отключать сеть и установки при появлении опасных для них токов коротких замыканий в минимальное время, но, по возможности, селективно.

Под селективным действием аппаратов защиты следует понимать такую их работу, когда на появление сверхтоков (токов перегрузки, коротких замыканий и т. п.) реагирует только ближайший к месту повреждения защитный аппарат и не отключается вышестоящий аппарат.

Например, при защите установки предохранителями плавкая вставка ближайшего к месту повреждения предохранителя 1 (рис. 28) должна перегорать раньше, чем температура плавкой вставки вышестоящего предохранителя 2 успеет повыситься до температуры плавления.

Для пояснения рассмотрим схему станции низкого напряжения малой мощности (рис. 28).

Ток нагрузки одной отходящей линии всегда меньше номинального тока генератора, так как генератор обычно питает несколько линий. Поэтому номинальный ток плавкой вставки $I_{\text{н. вст.1}}$ предохранителя 1 меньше номинального тока плавкой вставки $I_{\text{н. вст.2}}$ генераторного предохранителя 2.

Если обозначить время полного отключения тока короткого замыкания предохранителем 1 $\tau_{\text{откл.1}}$, а предохранителем 2 $\tau_{\text{откл.2}}$, то селективность действия их будет обеспечена, если $\tau_{\text{откл.1}} < \tau_{\text{откл.2}}$, т. е. если их защитные характеристики будут расположены, как указано на рис. 29.

Результаты расчета селективности, наблюдения и исследования показывают, что если устанавливают одинаковые предохранители с плавкими вставками из одного материала, то для обеспечения селективного их действия необходимо, чтобы номинальные токи плавких вставок последовательно включенных предохранителей отличались друг от друга, по возможности, на две ступени шкалы номинальных токов, т. е. (см. рис. 28):

$$\frac{I_{\text{н. вст.2}}}{I_{\text{н. вст.1}}} \geq 1,6 \div 2. \quad (28)$$

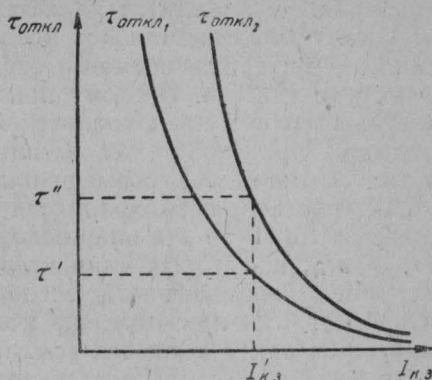
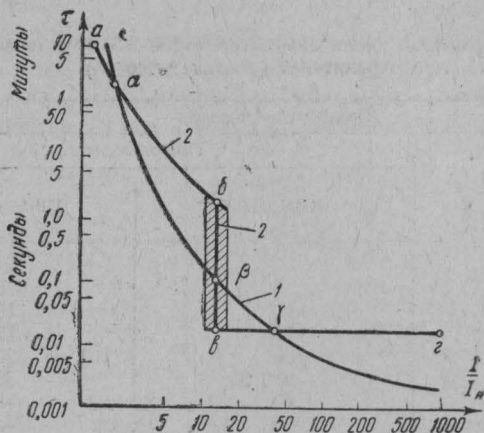


Рис. 29. Расположение защитных характеристик предохранителей при соблюдении условий селективности действия (см. рис. 28)



На участке *а-б* действует защита от перегрузки; на участке *б-в* срабатывает отсечка; участок *в-г* соответствует полному времени срабатывания автомата.

Однако, если предохранители имеют плавкие вставки, выполненные из разных металлов, то и при выполнении требований выражения (28) селективность действия предохранителей может быть не достигнута, так как время плавления плавких вставок зависит от металла вставки. В таких случаях селективность действия следует проверить по защитным характеристикам.

При защите электроустановок предохранителями и автоматами (особенно без выдержки времени) осуществить селективность действия часто не удается. Поэтому при такой защите селективность действия автоматов и предохранителей проверяется и подбирается по защитным характеристикам их или по таблицам.

На рис. 30 приведены совмещенные на одном графике защитные характеристики предохранителя НПР и автомата АЗ120 с номинальным током 50 а и напряжением 380 в. На графике видны точки α , β и γ , в которых характеристики предохранителя и автомата имеют пересечение и, следовательно, возможна неселективная работа. Если при этом еще учесть, что действительное время отключения как у автомата (см. заштрихованную зону), так и у предохранителя, несколько отличается от приведенного на графике (кривые 1 и 2), то область возможной неселективной работы расширяется еще более.

Селективность автоматов серии АЗ100 и предохранителей приведена в табл. 17 и 18 [1].

Таблица 17

Селективность вышестоящих автоматов серии АЗ100 и нижестоящих предохранителей (до тока отсечки)

Автомат	Номинальные токи в а	
	Предохранитель	
	ПН-Н, ПН-Р	ПР-2 (длинные)
15	6	6
20	10	10
25	15	15
40	20	20, 25
50	25, 30	35
60	40	—
80	50	—
100	60	60
120	80	80
140	100	100
200	125	125

Автоматы типа АП25, АП50, АО-15 и АБ-25 имеют характеристики, которые хорошо согласуются с характеристиками плавких предохранителей, поэтому во многих случаях можно достичь селективности их работы.

Таблица 18

**Селективность вышестоящих предохранителей ПН-Н и ПН-Р
и нижестоящих автоматов серии АЗ100**

Предохранитель	Номинальные токи в <i>a</i>		
	При коротком замыкании	При перегрузках	
	АЗ161, АЗ163	АЗ161, АЗ163, АЗ110	АЗ120
40	—	15	—
60	—	20	15
100	—	25	20
150	15	30	25
200	20, 25	40	30
250	30	—	—
300	40	50	40
400	50	—	50

Следует отметить, что не всегда можно добиться полной селективности работы защитных аппаратов для всех возможных режимов перегрузки и короткого замыкания. Поэтому действующие ПУЭ лишь рекомендуют выбирать защиту так, чтобы участки сети на различных ступенях распределения энергии отключались селективно.

Выполнение требования селективной работы аппаратов защиты обязательно во всех случаях, когда неселективные отключения могут привести к авариям, пожарам, взрывам, порчи оборудования и продукции, расстройству всего технологического процесса и т. п.

IV. ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ АППАРАТОВ ЗАЩИТЫ

Аппараты защиты, являясь устройствами предупреждения последствий токов коротких замыканий, перегрузок и т. д., при неправильном монтаже и эксплуатации сами могут явиться причиной возникновения пожара или взрыва, так как при разрыве цепей в них возникают электрические искры и дуги. По условиям работы они относятся к нормально искрящим аппаратам.

Возможность возникновения пожара или взрыва от аппаратов защиты объясняется тем, что часто может возникать сочетание источника воспламенения и горючей среды.

В плавких предохранителях в качестве источника воспламенения горючей среды могут быть открытая дуга, разбрызгивающийся расплавленный металл плавкой вставки и раскаленные ионизированные газы.

В автоматах источниками воспламенения могут быть также электрическая дуга и искры при замыкании и размыкании цепи и раскаленные ионизированные газы.

В предохранителях и автоматах может происходить также нагрев токоведущих частей вследствие неправильного выбора их или нагрева от больших переходных сопротивлений мест плохих контактов, мест окислений и т. п.

Сгораемые конструкции зданий, сооружений и технологических установок, горючие и легкогорючие фабрикаты и полуфабрикаты, пыль и волокна пожароопасных помещений, взрывоопасные смеси горючих пылей и волокон, газов и паров ЛВЖ могут явиться горючей средой, способной воспламениться или взорваться. Наиболее благоприятные условия для возникновения пожара или взрыва создаются в пожаро-взрывоопасных помещениях всех классов.

Кроме того, неправильный выбор аппаратов защиты, например по предельной отключающей способности, завышение номинальных токов плавких вставок предохранителей или уставок автоматов и др. может привести к тому, что они не отключат закороченную или перегруженную сеть или установку. Это может усугубить ненормальный режим сети или установки и привести к аварии, пожару или взрыву.

V. ВЫБОР МЕСТ УСТАНОВКИ АППАРАТОВ ЗАЩИТЫ ПО УСЛОВИЯМ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ТЕХНИЧЕСКИМ УСЛОВИЯМ

По условиям пожарной безопасности аппараты защиты устанавливаются на панелях сборок, щитов, шкафов и пультов так, чтобы было обеспечено безопасное обслуживание и возникающие в аппаратах искры и электрическая дуга не могли причинить вреда обслуживающему персоналу, воспламенить или повредить окружающие предметы и вызвать короткое замыкание и замыкание на землю.

Предохранители, например, следует располагать на панели щита ниже измерительных приборов, рубильников и другой аппаратуры.

В сырых помещениях и с химически активной средой аппараты защиты следует располагать в герметических шкафах или выносить за пределы этих помещений, так как повышенное содержание влаги и химически активных веществ в воздухе будет способствовать окислению и постепенному разрушению аппаратов защиты при их открытой установке.

Аппараты защиты необходимо устанавливать в пыленепроницаемых (уплотненных) щитах и шкафах для пожароопасных помещений классов П—I и П—II и закрытых шкафах для помещений класса П—IIa. Лучше всего щиты и шкафы с аппаратами защиты выносить из пожароопасных помещений. Это объясняется тем, что в пожароопасных помещениях в щиты и шкафы, даже пыленепроницаемые, попадают пыль и волокна, проникающие внутрь аппаратов защиты.

Установка щитов и шкафов с аппаратами защиты во взрывоопасных помещениях любого класса запрещается.

По техническим условиям при выборе мест установки аппаратов защиты необходимо руководствоваться следующими указаниями:

а) аппараты следует располагать в местах, легко доступных для обслуживания и исключающих возможность их механического повреждения;

б) аппараты необходимо устанавливать во всех местах сети,

где сечение проводника уменьшается, или в местах, где это необходимо для соблюдения селективности;

в) аппараты защиты должны устанавливаться непосредственно в местах присоединения защищаемых проводников к питающей линии. В случае необходимости длину участка между питающей линией и защитным аппаратом ответвлений допускается принимать до 3 м. Проводники на этом участке могут иметь сечение меньше, чем сечение питающей линии (но не менее сечения проводников после защитного аппарата); в этом случае эти проводники должны быть проложены в трубах или иметь негорючую оболочку. Открытая прокладка проводников на этом участке допускается только в непожароопасных помещениях по несгораемым поверхностям.

Для ответвлений, выполняемых в труднодоступных местах (например, на большой высоте), аппараты защиты допускается устанавливать на расстоянии до 30 м от точки ответвления в удобном для обслуживания месте (например, на вводе в распределительный пункт, в пускателе электроприемника и др.). При этом сечение ответвления должно быть не менее сечения, определяемого расчетным током, но не ниже 10%, пропускной способности защищенного участка сети, а проводники должны быть проложены в трубах или иметь негорючие оболочки;

г) аппараты защиты должны устанавливаться на всех нормально не заземленных полюсах или фазах;

д) аппараты защиты можно не устанавливать, если это целесообразно по условиям эксплуатации, в следующих случаях:

в местах снижения сечения питающей линии по ее длине и на ответвлениях от нее, если защита предыдущего участка линии защищает участок со сниженным сечением или если защищенные участки линии или ответвления от нее выполнены проводниками сечением не менее половины сечения защищенного участка линии;

в местах ответвления от питающей линии проводников измерений, управления и сигнализации, если эти проводники не выходят за пределы соответствующих машин или щита, либо эти проводники выходят за их пределы, но электропроводка выполнена в трубах или имеет негорючую оболочку;

е) не допускается устанавливать аппараты защиты в местах присоединения к питающей линии таких цепей управления, сигнализации и измерения, отключение которых может повлечь за собой опасные последствия (отключение пожарных насосов; вентиляторов, предотвращающих образование взрывоопасных концентраций; некоторых механизмов собственных нужд электростанций и т. д.). Во всех случаях такие цепи должны выполняться проводами в трубах или иметь негорючую оболочку;

ж) запрещается устанавливать аппараты защиты в нулевых и нейтральных проводниках трехпроводных и четырехпроводных цепей, а также в нулевых проводниках двухпроводных цепей, где требуется заземление.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов Р. С. Аппараты распределительных устройств низкого напряжения. Госэнергоиздат, 1956.
2. Айзенберг Б. Л. Плавкие предохранители в установках напряжением до 1000 вольт. Госэнергоиздат, 1955.
3. Баптиданов Л. Н. и Тарасов В. И. Электрооборудование электрических станций и подстанций. Госэнергоиздат, 1960.
4. Федоров А. А. Электроснабжение промышленных предприятий. Госэнергоиздат, 1961.
5. Рябков А. Я. Электрические системы. Госэнергоиздат, 1960.
6. Бенерман В. И. и Ловцкий Н. Н. Проектирование силового электрооборудования промышленных предприятий. Госэнергоиздат, 1960.
7. Лившиц Д. С. Нагрев проводников и защита предохранителями в электрических сетях до 1000 в. Госэнергоиздат, 1959.
8. Лившиц Д. С. Выбор аппаратов защиты электросетей. «Энергетик» № 9, 11, 1955; № 2, 3, 1956; № 2, 1957 и № 5, 1958.
9. Мишустина Л. И. Воздушные автоматические установочные выключатели серии АЗ100. Госэнергоиздат, 1961.
10. Черкасов В. Н. Пожарная профилактика в сельских электроустановках. Издательство МКХ РСФСР, 1957.
11. Черкасов В. Н. Лабораторный практикум по пожарной профилактике в электроустановках. Изд. ВШ МВД РСФСР, 1960.
12. Федосеенко Р. Я. Предохранители в городских электросетях низкого напряжения. «Энергетик» № 8, 1959.
13. Крымский Г. А., Караченцев Б. И., Сошин А. Н. Новая серия мощных разборных предохранителей без наполнителя. «Вестник электропромышленности» № 3, 1957.
14. Авербух Г. Л., Коган И. Я. и Лурье З. Я. Выбор установочных автоматов серии АЗ100 для защиты цепей трехфазных двигателей с короткозамкнутым ротором. «Вестник электропромышленности» № 5, 1959.
15. Спеваков П. И. Выбор сечения нулевых проводов в четырехпроводных сетях. «Промышленная энергетика» № 3, 1961.
16. ЦБТИ НИИ электропромышленности. Электрические аппараты низкого напряжения, 1959.
17. Правила устройства электроустановок. Госэнергоиздат, 1957.
18. Сборник. Электрические аппараты. Стандартгиз, 1957.
19. Каталоги электрооборудования МЭП СССР.

53

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение	3
I. Плавкие предохранители	4
1. Назначение, принцип устройства и работы	4
2. Защитные характеристики	6
3. Способы улучшения защитных характеристик	10
4. Типы плавких предохранителей, применяемых в установках напряжением до 1000 в	13
II. Автоматические выключатели (автоматы)	25
1. Назначение и классификация	25
2. Принцип устройства и работы установочных автоматов	26
3. Защитные характеристики	31
4. Техническая характеристика наиболее распространенных типов установочных автоматов	33
III. Выбор аппаратов защиты	52
1. Сравнительная характеристика достоинств и недостатков плавких предохранителей и автоматов	52
2. Требования к аппаратам защиты	54
3. Селективность (избирательность) действия аппаратов защиты	64
IV. Пожарная опасность аппаратов защиты	68
V. Выбор мест установки аппаратов защиты по условиям пожарной безопасности и техническим условиям	69
Литература	71

Владимир Николаевич ЧЕРКАСОВ

АППАРАТЫ ЗАЩИТЫ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ

Спецредактор И. И. Ракович

Редактор В. П. Перевалюк.

Корректор Э. Д. Жебровская.

Сдано в набор 24 апреля 1962 года	Подписано к печати	28/VI-62 г.
Формат бумаги 60×92 ¹ / ₁₆ .	Печ. л. 4,5	Уч.-изд. л. 4,2
Л 56096	Тираж 1 300 экз.	Цена 15 коп.
		Зак. 332.

1-я типография Профиздата. Москва, Крутицкий вал, 18