

# 1. Защитно-коммутационное оборудование

## 1.1. Автоматические выключатели

### Характеристики.

**Автоматический выключатель (АВ)** – одно из самых распространенных современных коммутационных устройств, использующихся для защиты электрической цепи. Все автоматические выключатели предназначены для защиты электроустановок от **сверхтоков**, протекающих в цепи в нормальном и аварийном режимах работы. Основные разновидности АВ предназначены для защиты цепи от **токов КЗ** и **токов перегрузки**. Существуют также АВ, которые обеспечивают защиту только от КЗ или только от перегрузки.

**Коротким замыканием (КЗ)** называется соединение токоведущих частей электроаппарата между собой или на корпус оборудования, соединенный с землей.

Причиной возникновения КЗ является электрическое повреждение цепи: ухудшение сопротивления изоляции во влажной или химически активной среде, при недопустимом перегреве изоляции, механические воздействия, ошибочные воздействия персонала при обслуживании и ремонте и т. Д.

Как видно из самого названия процесса, при КЗ путь тока укорачивается, т. Е. он идет, минуя сопротивление нагрузки, поэтому может увеличиться до недопустимых величин, если питание электроаппарата не отключится под действием защиты.

Ток КЗ оказывает электродинамическое воздействие на аппараты и проводники, когда их детали могут деформироваться под действием механических сил, возникающих при больших токах.

Термическое действие ТКЗ заключается в перегреве аппаратов и проводов.

**Ток перегрузки** – ток, превышающий **номинальный ток (обозначается как In)** электроаппарата, в электрически не поврежденной цепи.

Ток перегрузки возникает, к примеру, если на вал электродвигателя прикладывается слишком большая физическая нагрузка. Из-за этого токи, протекающие в обмотках электродвигателя, повышаются, что приводит к перегреву обмоток и выходу электродвигателя из строя.

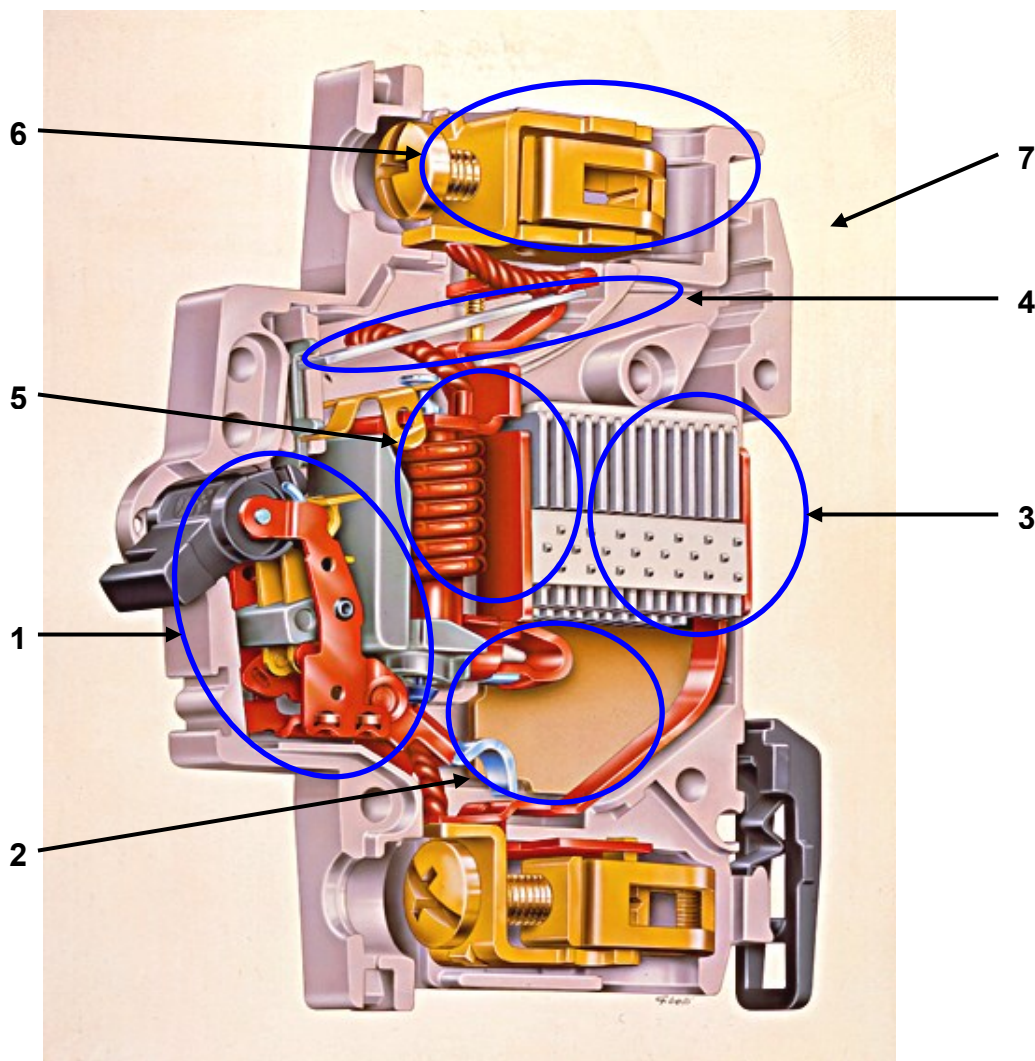


Рис.1

Автоматический выключатель состоит из **следующих основных элементов** – механизма управления (взвода, расцепления) (1), подвижного и неподвижного **силовых контактов** (2), **дуогасительной камеры** (3),

**теплового (4) и/или электромагнитного (5) расцепителя**, устройства для подключения внешних проводников (6). Все эти элементы заключены в корпус из материала, не поддерживающего горение (7). Указанные основные элементы в том или ином виде обязательно присутствуют в любом АВ. В устройстве панельных АВ часто применена **кнопка «Тест»**, она предназначена для проверки работоспособности механизма расцепления. На рис.1 показано устройство АВ на примере модульного автоматического выключателя.

Помимо основных элементов в АВ могут применяться **дополнительные элементы** (аксессуары, дополнительные сборочные единицы) – независимый расцепитель (реле дистанционного отключения, дистанционный расцепитель), расцепитель минимального (максимального) напряжения, дополнительные и сигнальные контакты, специальные механизмы подключения внешних проводников и т.д.

**Механизм управления** является важной и ответственной частью АВ, от него зависит безотказность и долговечность работы этого защитного прибора. Чем проще механизм управления, и чем меньше в нем составных частей, тем он надежнее. На надежность этого узла влияют также материалы, из которых он изготовлен. Если в производстве механизма управления использованы по большей части изделия из пластика, соответственно, меньше себестоимость самого АВ, однако это повышает вероятность выхода механизма управления из строя.

Места соприкосновения силовых контактов во время срабатывания АВ подвергаются воздействию горячей дуги, поэтому должны быть сделаны из специального серебросодержащего сплава. Это дорогой материал, поэтому некоторые недобросовестные производители экономят на данных компонентах, за счет чего уменьшают стоимость изделия, но вместе с тем - сильно уменьшают его надежность.

**Электромагнитный расцепитель** предназначен для защиты цепи от сверхтоков КЗ. Это электромагнитная катушка с сердечником, сердечник связан с механизмом управления. Принцип действия его заключается в том, что при работе АВ в пределах значения номинального тока магнитное поле, возникающее в этой катушке, недостаточно для того, чтобы привести в действие сердечник. Однако при возникновении в цепи сверхтоков КЗ магнитное поле приводит в действие сердечник, который воздействует на механизм управления, в результате чего происходит размыкание силовых контактов АВ.

Так как в режиме КЗ токи, протекающие в цепи, в несколько раз (зачастую – в десятки или сотни раз) превышают номинальный ток, то при размыкании силовых контактов между ними начинает гореть электрическая дуга (высокотемпературный газ, обладающий повышенной, по сравнению с обычным воздухом, электрической проводимостью). Горение дуги внутри АВ крайне вредно, так как это может привести к оплавлению самих силовых контактов и повреждению корпуса и механизма АВ. Помимо этого, пока происходит горение электрической дуги внутри АВ, цепь остается по сути замкнутой (дуга обладает собственной проводимостью), то есть сверхтоки в электрической цепи продолжают протекать, а это уже может привести к возгоранию электрической проводки и повреждению подключенного оборудования.

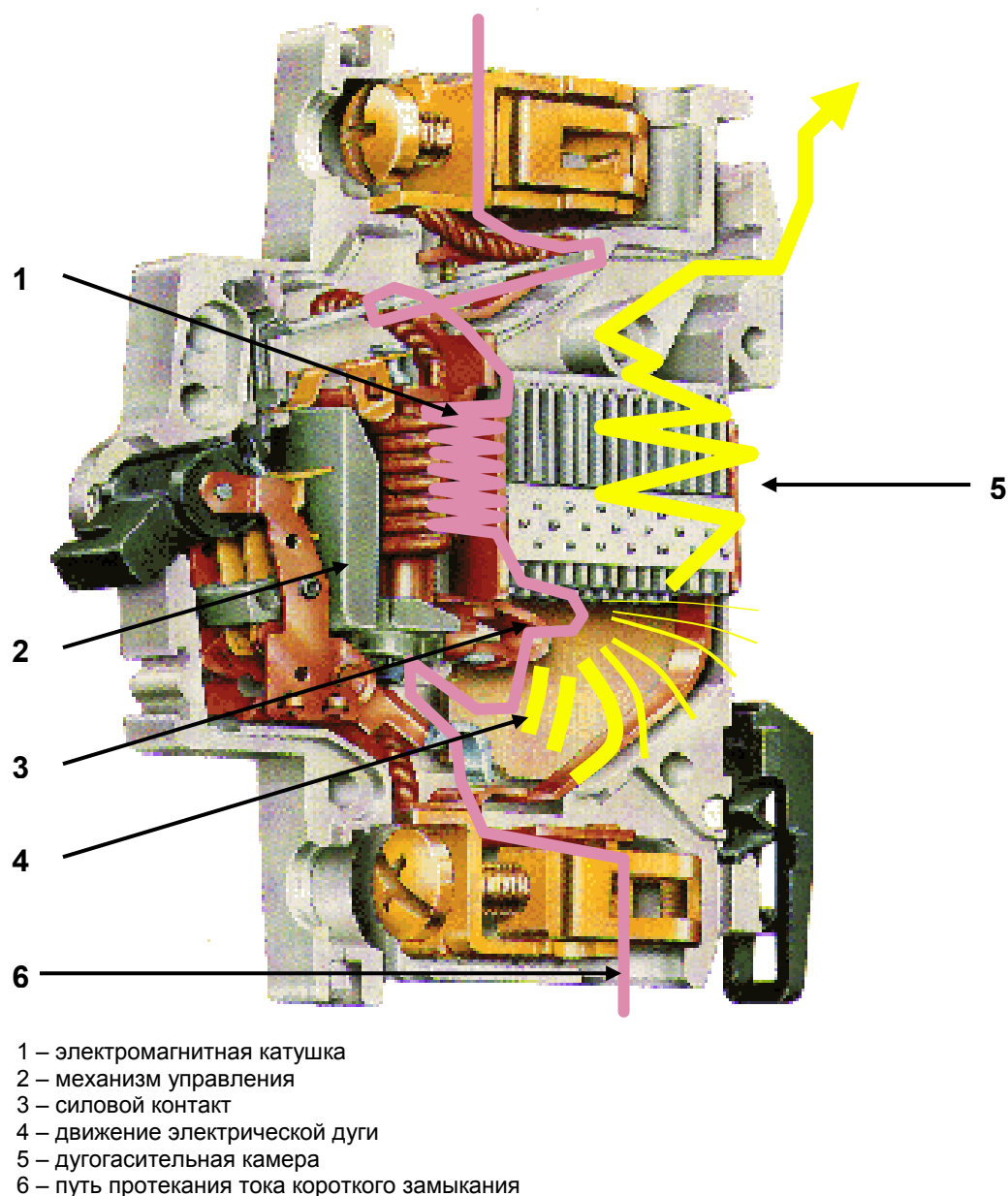


Рис.2

Для того чтобы разрушить электрическую дугу, применяется дугогасительная камера. Принцип действия ее заключается в том, что по мере размыкания силовых контактов, возникающая дуга «стекает» («соскальзывает») с них в сторону дугогасительной камеры, где «разбивается» о массивные металлические ребра: то есть вместо одной длинной дуги между ребрами камеры оказываются несколько более коротких отрезков дуги. Эти более короткие отрезки дуги обладают гораздо меньшей энергией, поэтому быстро гаснут, не причиняя большого вреда. Возникающие в результате горения дуги горячие газы в виде «выхлопа» выходят через специальные отверстия из АВ.

Важными составляющими дугогасительной камеры являются металлические ребра. Количество ребер, толщина и конфигурация металла, из которого они изготовлены, влияют на их способность разрушать электрическую дугу.

Процессы, протекающие в АВ в режиме короткого замыкания, схематически показаны на рис.2 на примере модульного автоматического выключателя.

Если в цепи долгое время протекают токи, не намного превышающие номинальный ток, то такой режим работы называют **перегрузкой**, а протекающие при этом сверхтоки – **токами перегрузки**. Работа в таком режиме опасна из-за перегрева как электроустановки, так и электрической проводки. Поэтому для защиты электроустановок от таких сверхтоков применяют **тепловой расцепитель (расцепитель перегрузки)**.

Тепловой расцепитель представляет собой **биметаллическую пластину** - отрезок соединенных между собой пластин металла, обладающих разным коэффициентом теплового расширения. Электрический ток, проходящий длительное время через биметаллическую пластину приводит к ее нагреву. При нагреве происходит изгибание пластины в сторону металла с меньшим коэффициентом расширения. Конец биметаллической пластины при изгибе приводит в действие механизм управления и происходит размыкание силовых контактов АВ. Поперечное сечение и длина биметаллической пластины, а также ее положение

относительно механизма управления подбирается и регулируется таким образом, что при протекании номинального тока изгиб ее не достаточен для того, чтобы привести в действие механизм управления. Однако при превышении  $I_n$  приводится в действие **механизм размыкания**.

Помимо АВ, в которых тепловой расцепитель отрегулирован производителем, существует множество серий АВ с **регулируемым тепловым расцепителем**. Диапазон регулировки тепловых расцепителей большинства таких АВ составляет  $0,7 - 1,15 \cdot I_n$ .

Процессы, протекающие в АВ в режиме перегрузки, схематически показаны на **рис.3** на примере модульного автоматического выключателя.

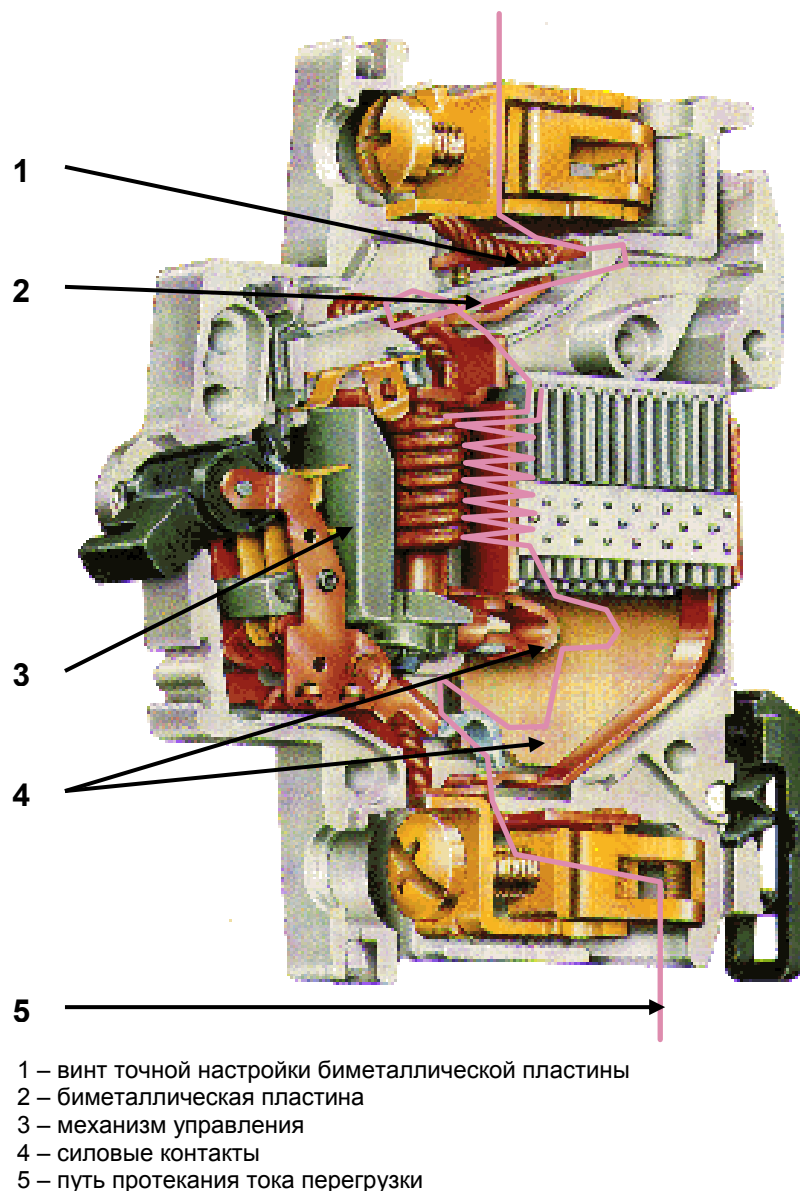


Рис.3

Существуют АВ, где вместо теплового и электромагнитного расцепителя используется более сложный и дорогой **электронный расцепитель**. В электронном расцепителе параметры электрической цепи контролируются электронной схемой через специальные трансформаторы тока, и в случае возникновения сверхтоков, превышающих установленные значения, электроника подает сигнал на механизм управления, который приводит в действие механизм расцепления, и происходит **размыкание АВ**.

Так как номинальный ток АВ рассчитывается при определенной температуре окружающей среды, следует учитывать, что при изменении температуры, соответственно, изменяются и **характеристики отключения** самого АВ. Производители АВ в технических каталогах приводят специальные графики зависимости значения  $I_n$  от температуры окружающей среды и графики взаимного влияния АВ, установленных рядом друг с другом.

#### Виды автоматических выключателей.

**По количеству полюсов АВ подразделяются на однополюсные и многополюсные** (максимум до 4 полюсов):

**1P** – однополюсный АВ с защитой в одном полюсе;

<b>1P+N</b>	– двухполюсный АВ с защитой в одном полюсе;
<b>2P</b>	– двухполюсный АВ с защитой в двух полюсах;
<b>3P</b>	– трехполюсный АВ с защитой в трех полюсах;
<b>3P+N</b>	– четырехполюсный АВ с защитой в трех полюсах;
<b>4P</b>	– четырехполюсный АВ с защитой в четырех полюсах.

«Защита» в данном случае – это наличие расцепителей и/или дугогасительных камер. Если указана маркировка **3P+N**, это означает, что АВ – четырехполюсный, но в одном полюсе, предназначенном для подключения нулевого проводника, защита отсутствует. Принято обозначать защищенный полюс буквой **P**, а полюс для подключения нулевого провода буквой **N**.

**По конфигурации корпуса, габаритным размерам и способу установки АВ подразделяются** на:

- модульные АВ;
- панельные АВ стационарного крепления;
- панельные АВ втычного типа;
- панельные АВ выкатного типа.

**По типу расцепителей АВ подразделяются** на:

- АВ с тепловым расцепителем;
- АВ с магнитным расцепителем;
- АВ с термомагнитным (комбинированным) расцепителем;
- АВ с электронным расцепителем.

**Токовременной характеристикой (кривой отключения)** называется зависимость времени срабатывания защитного устройства от тока, протекающего в цепи. Эта характеристика применима к таким защитным устройствам, как автоматические выключатели и плавкие предохранители, и является обязательной характеристикой для всех АВ, не зависимо от внешних размеров, типа крепления и номинального тока.

**Обозначение** токовременной характеристики для **модульных АВ** принято производить при помощи букв латинского алфавита, для **остальных АВ** эта характеристика указывается как кратность номинальному току, либо фиксированное значение (указывается в каталогах, прайс-листах, на корпусе АВ).

Производители автоматических выключателей предоставляют графики с диаграммами срабатывания автоматических выключателей в своих технических каталогах.

В соответствии с международными и европейскими стандартами (EN, МЭК), модульные автоматические выключатели (MCBs – Mini Circuit Breakers) подразделяются на несколько групп.

Каждой группе присвоена буква латинского алфавита. Во избежание путаницы с обозначением силы тока – ампер (А), маркировка начинается с буквы В.

Автоматические выключатели с характеристиками В, С, D предназначены для работы в цепях до 125А и не требуют обслуживания квалифицированными специалистами, что обуславливает применение их в коммерческой и бытовой сфере.

Диапазон значений тока, при которых происходит срабатывание АВ, а также сфера применения АВ с такими характеристиками следующие:

#### **Виды модульных АВ:**

**В** – от 3 до 5 In – Бытовое/Коммерческое с ограниченным коммутационным перенапряжением;

**С** – от 5 до 10 In – Бытовое/Коммерческое/Промышленные здания с люминесцентными светильниками, малыми двигателями, индуктивными токами;

**D** – от 10 до 20 In – Двигатели, Трансформаторы, Рентгеновские установки, Промышленное сварочное оборудование

Для защиты **специализированных установок и аппаратов** некоторые производители выпускают также модульные автоматические выключатели с характеристиками срабатывания К и Z. Диапазоны значений тока срабатывания следующие:

**K** – от 8 до 12 In

**Z** – от 2 до 3 In

Ниже представлен пример диаграммы срабатывания, отображающей характеристики срабатывания (кривые отключения) В, С и D модульных автоматических выключателей одного из зарубежных производителей (Рис.4):



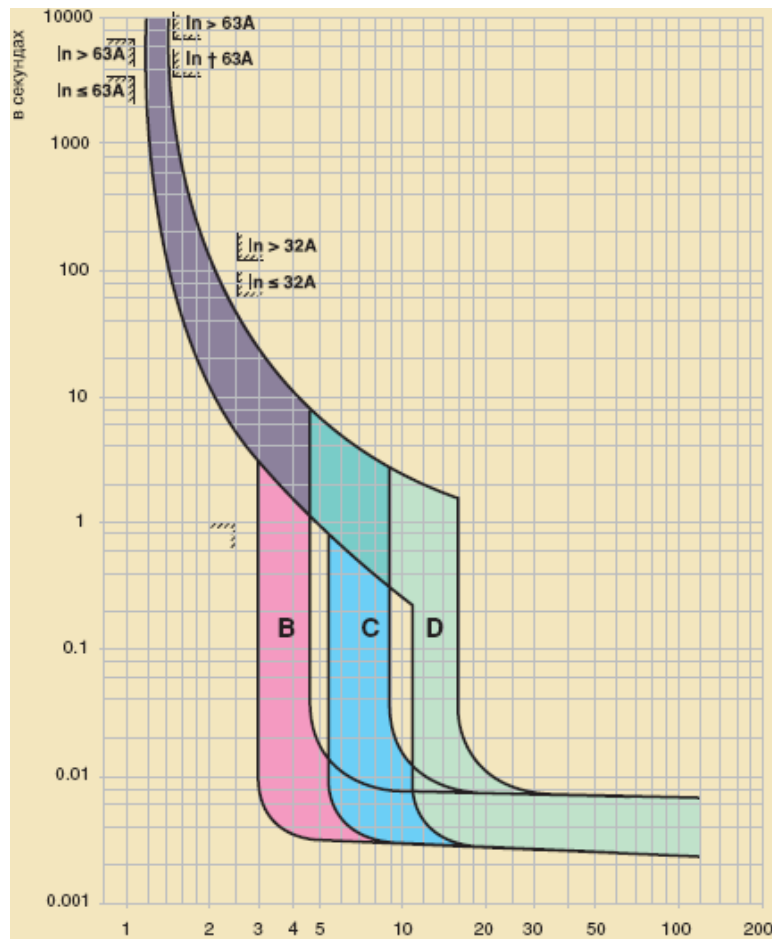


Рис.4 Диаграмма токовременных характеристик срабатывания

По вертикальной оси на графике указано время задержки срабатывания АВ в секундах, по горизонтальной оси – кратность значения номинального тока, при котором происходит срабатывание АВ.

Из графика следует, что модульный АВ с характеристикой В **гарантированно** сработает и отключит цепь **не более чем через 1 сек** при достижении **током в цепи значения около  $5 \cdot I_n$** . Чем меньше сверхток, протекающий через АВ, тем больше времени понадобится, чтобы АВ сработал.

Автоматические выключатели, не относящиеся к модульным, также имеют разные характеристики срабатывания. Производители таких АВ приводят графики с диаграммами срабатывания и таблицы значений токов расцепителей в своих технических каталогах.

Если для модульных АВ токовременная характеристика обозначается как кратность номинальному току или как буквенное латинское обозначение, то для **силовых АВ панельного крепления** эта характеристика может указываться и как кратность  $I_n$ , и как численное значение тока отсечки (к примеру для АВ с  $I_n=250A$  может быть указан ток отсечки 2500A или указано значение  $I_{отс.} = 10 \cdot I_n$ , что означает мгновенное срабатывание АВ при достижении тока в цепи в 2500A).

**Ток отсечки** – это сверхток, при котором АВ должен сработать мгновенно (меньше чем за 1 сек).

**Отключающей способностью (коммутационной способностью)** защитного устройства называют его способность выдерживать предельные токи короткого замыкания без дальнейшей потери работоспособности. По-другому говоря, если через защитный электроаппарат пройдет ток КЗ, превышающий указанную для него отключающую способность, производитель **не гарантирует**, что данный электроаппарат будет способен в дальнейшем выполнять свои защитные функции.

Различают сервисную и предельную отключающую способность. Согласно МЭК 898 – EN 60898:

**$I_{cs}$  – сервисная отключающая способность**, это значение тока КЗ, протекающего через защитное устройство в нормальных условиях.

**$I_{cu}$  – предельная отключающая способность (ПКС)**, это максимальное допустимое для данного АВ значение тока КЗ, протекающего через него в экстремальных условиях.

Значение  $I_{cu}$  должно быть указано на корпусе АВ. Допускается указание этого значения как в амперах А, так и в килоамперах кА.

Как правило, в каталогах производителей значение  $I_{cs}$  указывается в процентах от указанного значения  $I_{cu}$ .

В соответствии с МЭК 898 – EN 60898 **таблица пересчета  $I_{cu}$  в  $I_{cs}$**  выглядит так:

Предельная $I_{cu}$	Коэффициент	Сервисная $I_{cs}$
До 6000	1	6000
До 10000	0,75	7500
До 25000	0,5	12500

Стандарт МЭК 947 (EN 60947) является более мягким в этом отношении, поэтому позволяет производителю самому указывать коэффициент пересчета. Таким образом, некоторые производители могут указывать и такое соотношение:

Предельный ток  $I_{cu} = 10000\text{A}$ , однако, сервисный всего лишь  $I_{cs} = 2500\text{A}$ .

Соотношение предельной и сервисной отключающей способности следует учитывать при выборе защитного устройства. Чем выше сервисная отключающая способность, тем лучше.

Достаточно важными параметрами для АВ являются механическая и электрическая износостойкость.

**Механическая износостойкость** – количество циклов включения и выключения АВ через механизм управления без нагрузки.

**Электрическая износостойкость** – количество циклов включения/выключения АВ, находящегося под нагрузкой, и выключения в результате срабатывания расцепителей при сверхтоках.

Чем выше показатели механической и электрической износостойкости АВ, при прочих равных условиях, тем он надежнее и дороже.

### 1.1.1. Модульные автоматические выключатели.

**Модульными электроаппаратами** называют такие приборы, корпус которых имеет размеры и конфигурацию, соответствующую определенному стандарту.

Такие электроаппараты предназначены для крепления на специальной металлической или пластиковой пластине шириной 35 мм, называемой **дин-рейкой**.

**Параметры** этого стандарта - размеры 1 модуля составляют – ширина 17,5-18 мм, глубина от дин-рейки до фальш-панели (защитной передней панели в модульном щите) 40-45 мм, высота передней части 45 мм.

Остальные внешние размеры корпуса модульного электроаппарата (общая высота, расстояние от задней стенки до передней части) могут отличаться у разных производителей.

Внешний вид и размеры модульного АВ представлены на рис.5

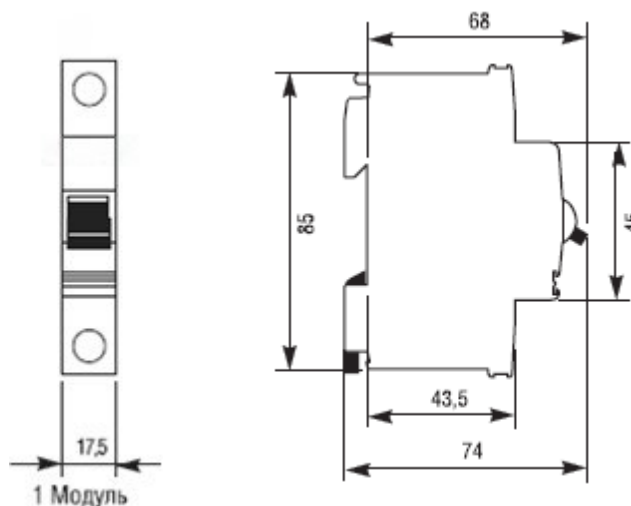


Рис.5

Как и все АВ, модульные АВ бывают 1,2,3 и 4-полюсными с защитой во всех или некоторых полюсах.

**На номинальные токи до 63 А** один полюс такого АВ имеет ширину в один модуль.

Однако, **для токов от 80 до 125А** один полюс, как правило, **имеет размеры в ширину не 1, а 1,5 модуля**. Связано это с тем, что для обеспечения защиты электрической цепи на такие номинальные токи необходимы более массивные внутренние части АВ.

Некоторые производители автоматических выключателей решили эту проблему и выпустили на рынок модульный АВ **на номинальный ток 80 и 100 А** с размерами одного полюса в один модуль. Востребованность на рынке таких аппаратов достаточно высока.

Выводы для подключения проводников для модульных АВ предназначены для подключения одножильного и многожильного провода и кабеля сечением от 16 до 35 мм<sup>2</sup>.

#### **Преимущества модульных АВ:**

Некоторые производители изготавливают АВ с силовыми выводами с возможностью подключения питания через шины штырькового типа и типа «ласточкин хвост». Унифицированность размеров и крепления таких АВ позволяет с легкостью производить замену вышедших из строя аппаратов в модульном щитке. Причем, не обязательно производить отключение и снимать все установленные рядом АВ. Достаточно отключить провода от необходимого аппарата и, отжав крепежную пластину, снять АВ с дин-рейки. В этом заключается **одно из преимуществ модульных АВ перед панельными**.

АВ модульного типа завоевали очень большую популярность среди аппаратов на токи до 125А из-за **небольших габаритных размеров, веса и высоких технических характеристик и параметров**. Такие АВ все чаще приходят на замену устаревшим и громоздким аппаратам как в быту, так и в промышленном секторе.

Диапазон номинальных токов модульных АВ известных производителей составляет от 0,5 до 125А, номинальное напряжение от 12 до 440В. Предельная коммутационная способность имеет значения 3000, 4500, 6000, 10000 А. Принято считать, что АВ с ПКС в 3000, 4500 и 6000А используются в основном в бытовом и коммерческом секторе, тогда как АВ с ПКС в 10000А используют для защиты цепей в промышленности. Следует заметить, что на европейском рынке достаточно давно принято решение о запрете использования АВ с ПКС в 3000А, а иногда даже и 4500А. На российском рынке пока таких ограничений нет.

Наиболее часто используемый тип кривой отключения для модульных АВ – С (для бытового/коммерческого сектора).

### **1.1.2. Панельные автоматические выключатели (стационарные).**

Автоматические выключатели, **устанавливаемые на монтажную панель** (лист металла или диэлектрика, предназначенный для крепления на нем электроаппаратов), и **закрепляемые на ней при помощи винтов** (болтов, шпилек) называют **панельными**, или **стационарными**.

Данный вид АВ в настоящее время является наиболее распространенным среди АВ отечественного производства. Это автоматические выключатели серий АЕ, ВА, А, АП.

Зарубежные производители также выпускают такие АВ, например, серии Tmax, DPX, Compact NS.

Панельные АВ, как правило, **используются** в качестве вводных АВ и АВ на отходящих линиях во **одно-распределительных устройствах** серий ВРУ, ЩО, ГР и прочих сборных щитовых устройствах.

**Особенность** панельных АВ в том, что подключение кабеля производится непосредственно к АВ, в то время как сам АВ неподвижно закреплен на монтажной плате. Поэтому при выходе АВ из строя или для сервисного обслуживания такого АВ необходимо производить отключение проводников, соответственно, отключив нагрузку и обесточив электрическую цепь.

Панельные АВ **применяются**, по большей части, в промышленном секторе в качестве силовых АВ на большие токи. Их подключение в электрические цепи осуществляется проводниками большого сечения, поэтому для таких АВ существует большое количество **аксессуаров** для подключения различных видов кабеля (силовые выводы). Помимо этого, для осуществления контроля за работой панельных АВ применяются различные аксессуары (независимые расцепители, реле, дополнительные контакты, моторные приводы, рукоятки взвода и пр.). Чтобы иметь возможность крепления панельного АВ на стандартной дин-рейке 35 мм, некоторые производители выпускают специальные переходники.

Общий вид стационарного АВ панельного крепления представлен на рис.6.





Рис.6 Стационарный автоматический выключатель панельного крепления

### 1.1.3. Панельные автоматические выключатели (втычные и выкатные).

Для использования в качестве силовых вводных АВ на большие токи (как правило, больше 200А) используются автоматические выключатели **втычного типа и выкатного типа**.

#### **АВ втычного типа.**

АВ втычного типа состоит из двух частей:

- неподвижная часть (корзина), закрепляемая на монтажной плате;
- подвижная часть, получаемая из стационарного АВ путем добавления разъединяемых контактов к силовым выводам, задней рамки (для крепления к стационарной части), и крышек для силовых выводов.

Подключение кабеля производится непосредственно к стационарной части (корзине), что позволяет производить снятие АВ со стационарной части без отключения цепи питания. Специальная блокировка предотвращает снятие и установку АВ, если его силовые контакты замкнуты.

АВ втычного типа **производятся** в основном зарубежными производителями (к примеру, серия Tmax), причем, унифицированность типоразмеров серий и аксессуаров позволяет с успехом использовать стационарный АВ в качестве втычного и выкатного путем использования комплектов преобразования.

Общий вид втычного АВ на примере серии Tmax представлен на рис.7



Рис.7. Втычной автоматический выключатель

#### **АВ выкатного типа.**

АВ выкатного типа, также как и втычной, состоит из нескольких частей:

- Е неподвижная часть (корзина), закрепляемая на монтажной плате, и имеющая боковые направляющие (салазки) для выкатывания и вкатывания АВ;
- Е подвижная часть, получаемая из стационарного АВ путем добавления разъединяемых контактов к силовым выводам, задней рамки (соединенной с боковыми направляющими), и крышек для силовых выводов;
- Е фронтального аксессуара (рукоятка управления, моторный привод), который не позволяет производить выкатывание/вкатывание АВ во включенном состоянии.

АВ выкатного типа **производят** как отечественные (серии ВА-57хх, ВА-04хх, ВА-51хх, А-37хх, АВ2М, Электрон и т.д.), так и зарубежные (серии Tmax, Emax, Isomax, DMX, DPX, Compact/Masterpact) производители.

Выкатное исполнение АВ можно получить из стационарного путем применения дополнительных компонентов, либо такой АВ заказывается как готовое изделие у производителя.

#### **Преимущества втычных и выкатных АВ:**

Удобство использования втычных и выкатных АВ обусловлено несколькими причинами:

- для снятия АВ в случае выхода из строя или для проведения ремонта/обслуживания не надо производить отключение кабеля;
- не требуется отключение питания в электрической цепи;
- повышается безопасность работы персонала по обслуживанию АВ, так как работа происходит вдали от находящейся под напряжением электрической цепи.



Рис.8 Выкатной автоматический выключатель

Для втычных и выкатных АВ также существует большое количество **дополнительных аксессуаров** (примеры см.выше). Общий вид выкатного АВ на примере серии Tmax представлен на рис.8

Диапазон номинальных токов панельных АВ известных производителей составляет от 0,5 до 6300А, номинальное напряжение от 220 до 660В. Предельная коммутационная способность имеет значения от 10 до 200 кА.

Современные панельные АВ на сверхбольшие токи – от 630А и выше имеют, как правило, **электронный расцепитель**. Электронный расцепитель дает возможность реализации принципа селективности – срабатывания при аварии не главного вводного АВ, а ближайшего к аварии автоматического выключателя.

**Основными характеристиками для подбора АВ по параметрам являются:**

1. Количество полюсов (наличие защиты в полюсах).
2. Номинальный ток  $I_n$ , А.
3. Кратность тока отсечки ( $x \cdot I_n$ ), либо тип кривой отключения (B,C,D,K,Z,L).
4. Предельная коммутационная способность (отключающая способность)  $I_{cu}$ , кА.
5. Исполнение по внешним размерам, габаритам, способу установки – модульный/не модульный, на дин-рейку/панельного монтажа, стационарный/втычной/выкатной.

Зная вышеперечисленные характеристики, **можно подобрать замену практически к любому АВ**, в том числе и снятому с производства.

Основными **аксессуарами** для автоматических выключателей являются:

**Независимый (дистанционный) расцепитель** (НР) – электромеханическое устройство, стыкуемое к АВ (встраиваемое в АВ) при подаче на НР рабочего напряжения, он приводит в действие механизм управления АВ и происходит срабатывание АВ.

**Расцепитель минимального (максимального) напряжения** (РМН) – электромеханическое устройство, стыкуемое к АВ (встраиваемое в АВ). Контролирует значение напряжения в электрической цепи. В случае превышения заданного значения напряжения приводит в действие механизм управления АВ, и происходит срабатывание АВ.

**Дополнительные (вспомогательные) контакты** – электромеханическое устройство, стыкуемое к АВ (встраиваемое в АВ). Сигнализируют о положении силовых контактов (включено/отключено).

**Сигнальные (аварийные) контакты** – электромеханическое устройство, стыкуемое к АВ (встраиваемое в АВ). Сигнализируют о срабатывании АВ в результате действия какого-либо расцепителя (КЗ, перегрузки, независимого, кнопки «Тест»).

**Ручной дистанционный привод** – механическое устройство, стыкуемое к АВ. Применяется для оперирования (включения/выключения) механизмом управления панельных АВ на расстоянии.

**Электромеханический (электромагнитный) привод** – электромеханическое устройство, стыкуемое к АВ. Предназначено для управления (включения/выключения) АВ на расстоянии. При подаче на привод рабочего напряжения происходит включение (отключение) АВ.

**Комплекты силовых выводов** – дополнительные устройства для подключения внешних проводников. Предназначены для подключения разных видов проводников (кабель одножильный/многожильный; кабель с наконечниками; шина). Различаются по виду подключения к АВ – переднее и заднее.

#### 1.1.4. Расшифровка обозначений наиболее распространенных АВ.

Структура условного обозначения АВ серии ВМ40 производства ОАО «Электроаппарат» г.Курск:

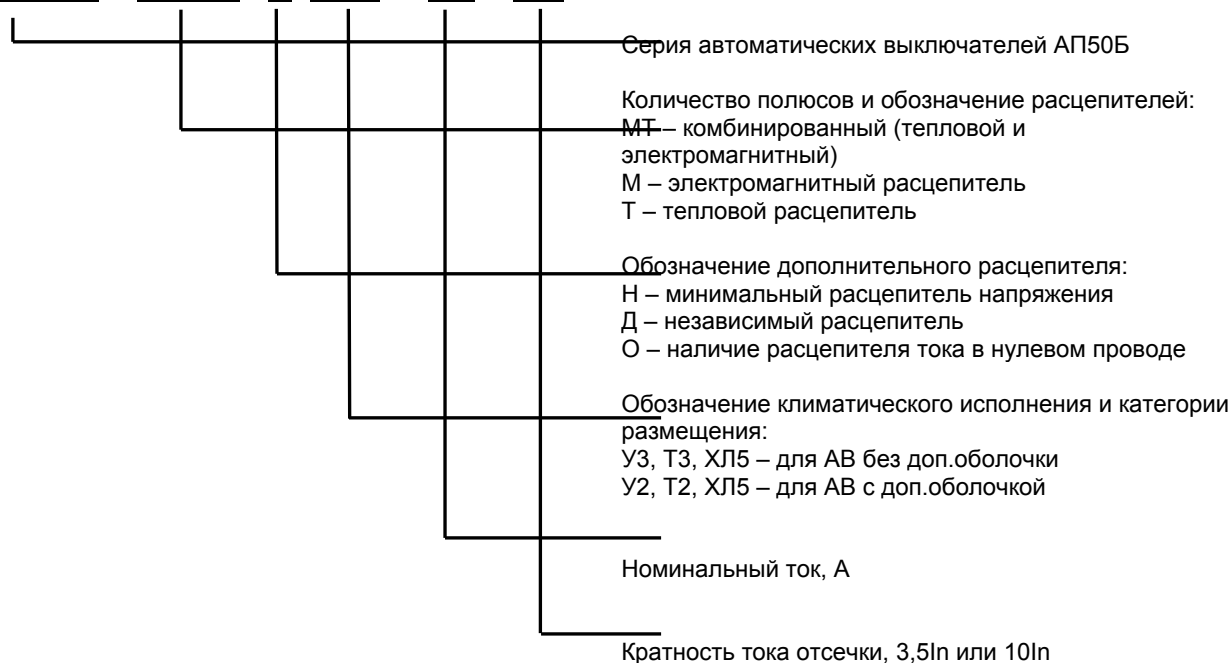
ВМ40 – X X X XX – УХЛ3



Пример обозначения АВ серии ВМ40:  
**ВМ40-1ХС16-УХЛ3**

Структура условного обозначения АВ серии АП-50Б производства ОАО «Электроаппарат» г.Курск:

АП50Б – XXXX – X XXX XX Xin



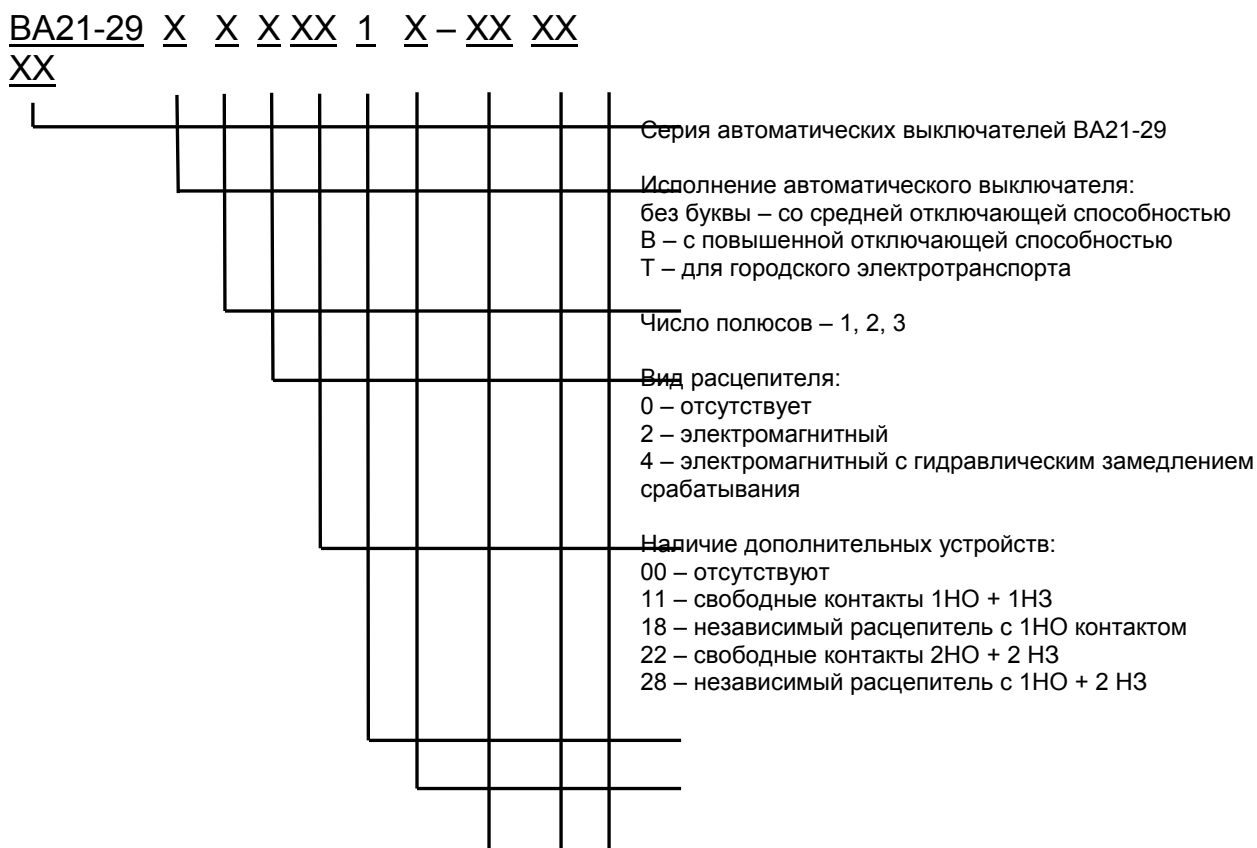
Пример обозначения АВ серии АП50Б:  
**АП50Б-3МТ У2 25А 10In**

**Структура условного обозначения АВ серии А63 производства ОАО «Электроаппарат» г.Курск:**



АВ данной серии изготавливаются только в однополюсном исполнении.  
 Пример обозначения АВ серии А63:  
**А63-МГ У3 25А 10In**

**Структура условного обозначения АВ серии ВА21 производства ОАО «Электроаппарат» г.Курск:**



контактами

1 – стационарное крепление

Внешние дополнительные устройства:

0 – отсутствуют

6 – устройство блокировки в положении «ОТКЛ»

Обозначение степени защиты IP – 00, 20 (с клеммными крышками), 54 (в дополнительной оболочке)

Климатическое исполнение:

УЗ, ТЗ – без дополнительной оболочки

У2, Т2 – в дополнительной оболочке

Номинальный ток, А

Пример обозначения АВ серии ВА21:

**ВА21-29 140010 – 00УЗ 25А**

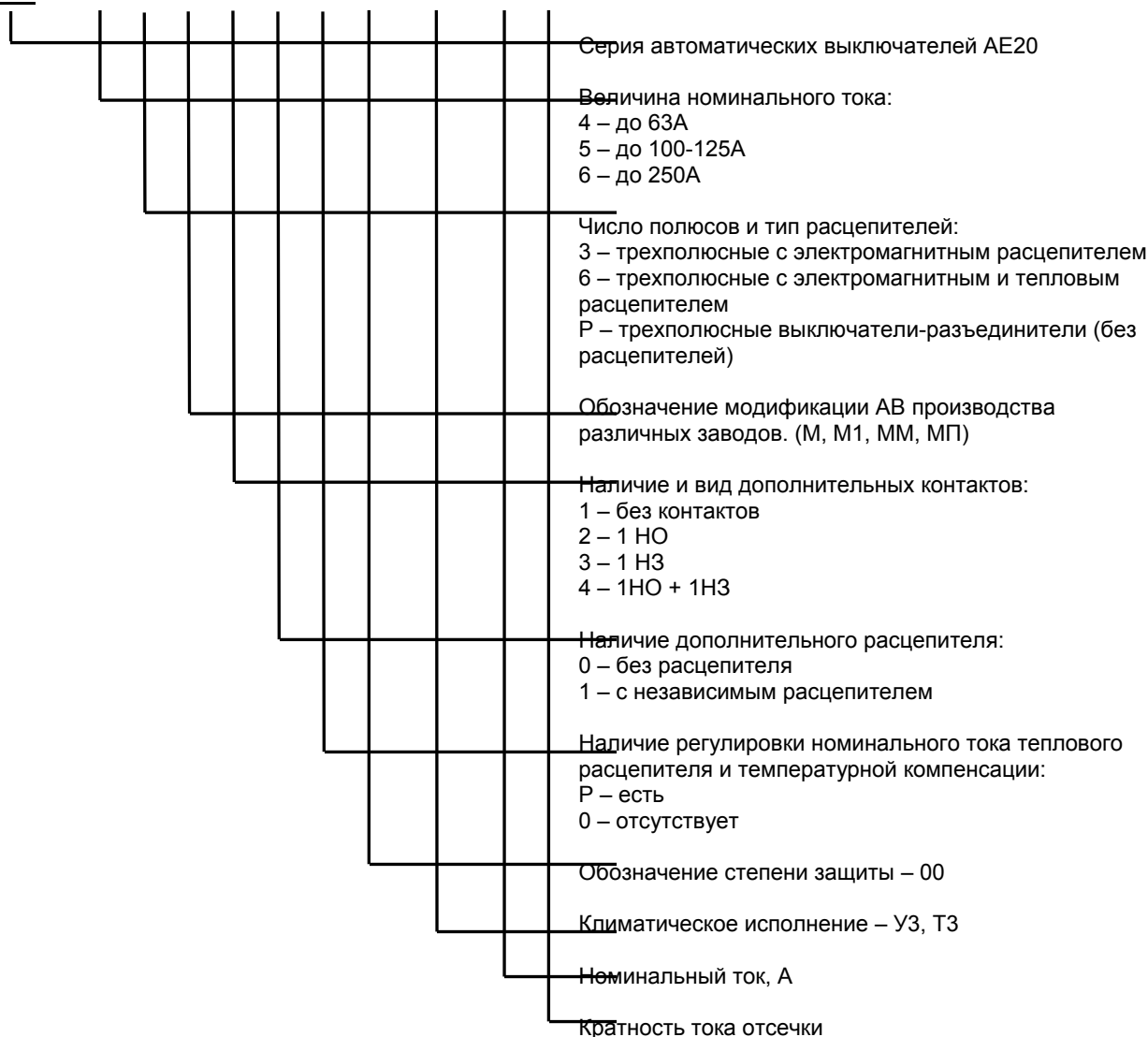


### Структура условного обозначения АВ серии АЕ20 производства:

- ОАО «Электроаппарат» г.Курск
- ЗАО «НВА» г.Черкесск
- ОАО «Дагэлектромат» г.Кизилюрт
- ОАО «Новосибирский завод НВА» г.Новосибирск
- ОАО «ДЗНВА» г.Дивногорск
- ОАО «Низковольтник» г.Октябрьский

АЕ20 X X X X X X 00 XX XX

X<sub>in</sub>



Пример общего обозначения АВ серии АЕ20:

**АЕ2046-30Р-00УЗ 25А 12I<sub>n</sub>**

**АЕ2056М1-100-00УЗ 125А 10I<sub>n</sub>**

В обозначениях АВ серии АЕ20 различных производителей после общего названия серии (2040, 2050, 2060) может встречаться буквенный индекс – М, М1, ММ, МП. **Эти обозначения означают следующее:**

**2040 без букв** – АВ на токи 10-63А производства ОАО «Электроаппарат» г.Курск, ОАО «ДЗНВА» г.Дивногорск

**2040 М** – АВ на токи 0,6-63А производства ЗАО «НВА» г.Черкесск

**2040 МП** – АВ на токи 0,6-63А производства ОАО «Дагэлектромат» г.Кизилюрт, ОАО «Низковольтник» г.Октябрьский

**2050 М** – АВ на токи 80, 100А производства ОАО «Электроаппарат» г.Курск

**2050 М1** – АВ на ток 125А производства ОАО «Электроаппарат» г.Курск

**2050 ММ** – АВ на токи 80, 100А производства ЗАО «НВА» г.Черкесск

**2050 МП** – АВ на токи 16-100А производства ОАО «Новосибирский ЗНВА» г.Новосибирск

**2060 М1** – АВ на токи 125, 160А производства ОАО «Электроаппарат» г.Курск

**2060 МП** – АВ на токи 16-250А производства ОАО «Дагэлектромат» г.Кизилюрт

Структура условного обозначения АВ серии BA57 производства ОАО «ДЗНВА» г.Дивногоorsk, серии BA51(52) производства ОАО «АЭМЗ» г.Ангарск:

BA5X X XX X X XX X X XX XXX

XX

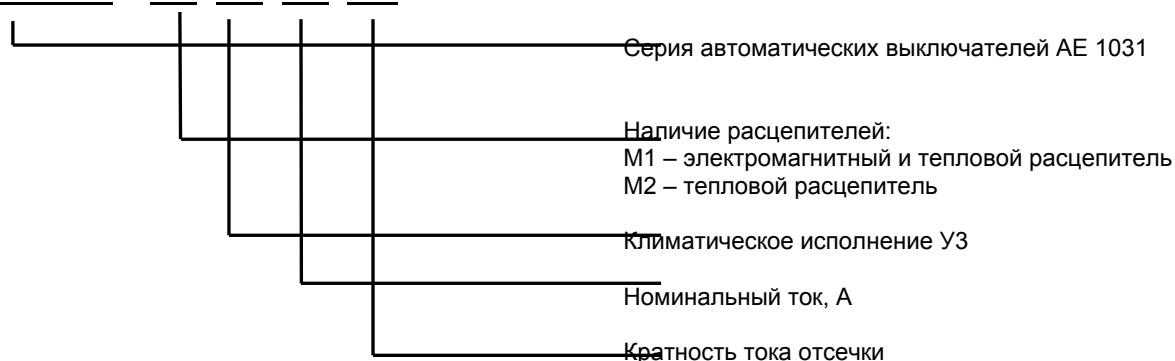
										Серия автоматических выключателей BA57, BA51(52)
										Обозначение модификации для серии BA57: без обозначения – токоограничивающий АВ до 660В Ф – АВ до 380В
										Обозначение токового габарита: 31 – до 100А 35 – до 250А 39 – до 630А
										Количество полюсов: 1 – однополюсный 8 – двухполюсный 3 – трехполюсный
										Вид расцепителя: 3 – электромагнитный 4 – комбинированный (электромагнитный и тепловой)
										Наличие и вид дополнительных аксессуаров: 00 (45)* – без доп.аксессуаров 11 (46)* – свободные контакты 12 (62)* – независимый расцепитель 13 (52)* – расцепитель мин.напряжения 15 (49)* – расцепитель нулевого напряжения 18 (47)* – свободные контакты и независимый расцепитель 23 (56)* – свободные контакты и расцепитель мин.напряжения 25 (54)* – свободные контакты и расцепитель нулевого напряжения (* - цифры в скобках обозначают дополнительные аксессуары, имеющие в составе вспомогательный контакт сигнализации срабатывания АВ)
										Вид привода и тип АВ: 1 – ручной привод, стационарный 3 – электромагнитный привод, стационарный 5 – ручной дистанционный привод, выкатной 7 – электромагнитный привод, выкатной
										Наличие внешнего дополнительного оборудования: 0 – отсутствует 5 – ручной дистанционный привод 6 – устройство для блокировки в положении «ОТКЛ»
										Обозначение степени защиты АВ: 20 – IP20 для стационарного АВ 00 – IP00 для выкатного АВ с электромагнитным приводом
										Климатическое исполнение – УХЛЗ, ТЗ
										Номинальный ток, А

Пример обозначения АВ серии BA57:  
**BA57Ф35-340010-20УХЛЗ 25А**

Пример обозначения АВ серии BA51(52):  
**BA5135-340010-20УХЛЗ 100А**

**Структура условного обозначения АВ серии АЕ1031 производства ЗАО «Тираспольский электроаппаратный завод», г.Тирасполь:**

АЕ1031– XX XX XX Xin



АВ данной серии изготавливаются только в однополюсном исполнении.

Пример обозначения АВ серии АЕ1031:

**АЕ1031-М1 УЗ 25А 10In**

**Структура условного обозначения АВ серии АЕ2044М производства ЗАО «Тираспольский электроаппаратный завод», г.Тирасполь:**

АЕ204 4 М – 1 0 0 XX XX 10In



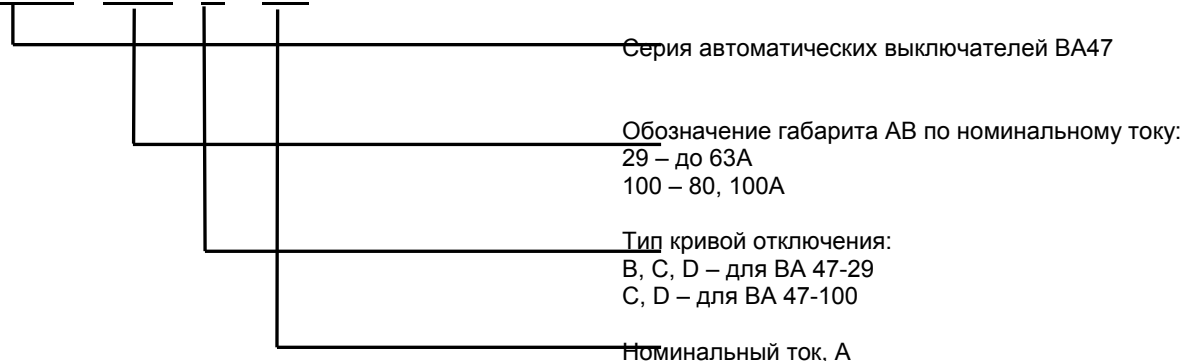
АВ данной серии изготавливаются только в однополюсном исполнении.

Пример обозначения АВ серии АЕ2044:

**АЕ2044М -100 УЗ 25А 10In**

**Структура условного обозначения АВ серии ВА 47 производства ООО «Интерэлектрокомплект»:**

ВА47 –XXX X XX



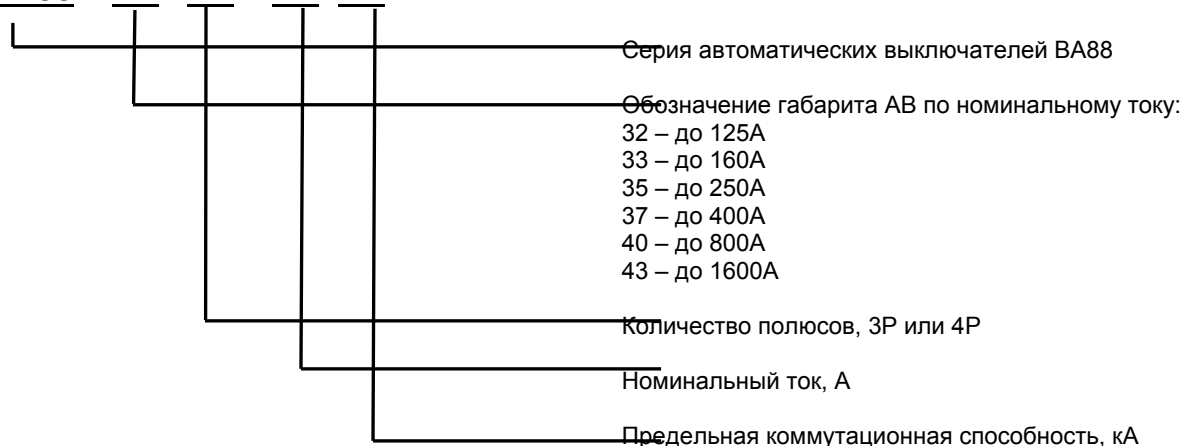
Пример обозначения АВ серии ВА47

**ВА47-29 С16**

**ВА47-100 С100**

**Структура условного обозначения АВ серии ВА 88 производства ООО «Интерэлектрокомплект»:**

ВА88 – XX XX XX XX

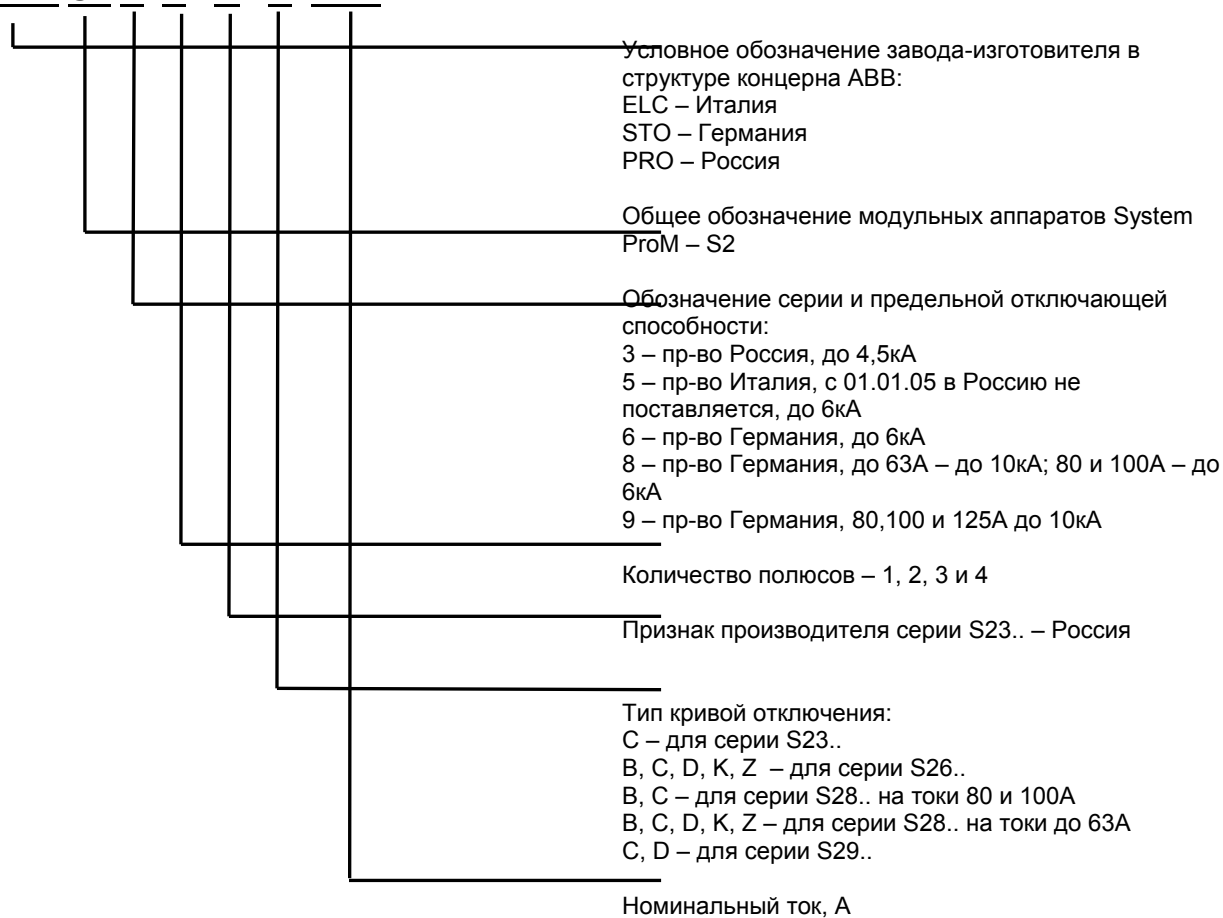


Пример обозначения АВ серии ВА88

**ВА88-35 200А 35кА**

**Структура условного обозначения АВ модульной серии S2 производства концерна «ABB»:**

XXX S2 X X R X XXX



Примеры обозначений АВ серии S2:

**ELCS293 C125**

**STOS262 C10**

**PROS233R C40**

До 1.01.05 в Россию поставлялись АВ серии S250, они являются полным аналогом существующей на сегодня серии S260, с разницей только в том, что **подключение шины типа «ласточкин хвост» к S260 возможно только снизу** (в S250 сверху и снизу).

**Структура условного обозначения АВ серии Тмах производства концерна «ABB»:**

Примеры обозначений АВ серии Tmax:  
**SACE T1B 160 TMD 63-500 3p F FC CuAl**  
**SACE T4N 250 PR221DS-I In=160 3p F F**

### Структура условного обозначения АВ модульных серий производства компании «Legrand»



Автоматические выключатели этого производителя не имеют какой-либо особенной маркировки, каждому изделию присвоен 5- или 6-значный артикул. Это облегчает идентификацию и поиск необходимого оборудования в каталоге производителя.

Наиболее распространенными АВ производства Legrand являются модульные АВ серий LR, DX Standard, DX, DX-h. Эти серии отличаются между собой предельной коммутационной способностью, диапазоном номинальных токов и количеством типов кривых отключения.

**Таблица подбора модульных АВ производства Legrand:**

Серия автоматических выключателей	Тип кривой отключения	Количество и сочетание полюсов	Диапазон номинальных токов, А	Предельная коммутационная способность, А	Номера артикулов
LR	C	1P, 2P, 3P	6-63	6000	604802-604841
DX Standard	B, C	1P, 2P, 3P, 4P	6-63	6000	03266-03499
DX Standard	C	1P+N	2-32	6000	06012-06022
DX	B, C	1P, 2P, 3P, 4P	1-63	6000	06152-06569
DX	D	1P	1-63	6000	06575-06589
DX	D	2P, 3P, 4P	1-125	6000 до 63А; 10000 для 80-125А	06625-06682
DX-h	B, C	1P, 2P, 3P, 4P	1-63	10000	06691-07006
DX-h	B, C	1P, 2P, 3P, 4P	80-125	10000	06383-06572

Серия LR является упрощенной версией серии DX Standard, причем, по техническим характеристикам обе серии идентичны. Различие в том, что в серии LR отсутствует прозрачный шильдик для маркировки и надписи On-Off на рычаге механизма управления. Эти изменения позволили уменьшить себестоимость АВ серии LR по сравнению с серией DX Standard. **Подключение шины к АВ серии DX и LR возможно только снизу.**

#### 1.1.5. Таблица подбора аналогов модульных АВ.

Ниже представлена таблица соответствия модульных АВ различных производителей по таким параметрам, как **предельная коммутационная способность, диапазон номинальных токов**.

В крайнем левом столбце указаны серии, для которых надо подобрать аналог, в шапке таблицы – аналоги:

Серия АВ	S230, 4,5кА	S260, 6кА	S280, 10кА	S290, 10кА	LR, 6кА	DX Std, 6кА	DX, 6кА	DX-h, 10кА	BM-40, 4,5кА	BA47-29, 4,5кА	BA47-100, 10кА
S230, 4,5кА	■										
S260, 6кА		■									
S280, 10кА			■								
S290, 10кА				■							
LR, 6кА		■			■						
DX Stand, 6кА		■			■	■					
DX, 6кА		■			■		■				
DX-h, 10кА			■					■			
BM-40, 4,5кА	■								■		
BA47-29, 4,5кА	■								■	■	
BA47-100, 10кА				■							■

В таблице указаны серии модульных АВ:

S230, S260, S280, S290 – производства концерна ABB

LR, DX Standard, DX, DX-h – производства компании Legrand

BM-40 – производства ОАО «Электроаппарат» г.Курск

BA47-29, BA47-100 – производство компании «Интерэлектрокомплект»

Темно-серым цветом указаны серии АВ, которые являются полным аналогом для серии АВ из крайнего левого столбца, светло-серым те, которые являются аналогом и превосходят его по параметрам или имеют более широкий диапазон номинальных токов. Следует учитывать, что указанные аналоги могут отличаться количеством типов кривых отключения (B, C, D, K, Z). Поэтому после подбора аналога по этой таблице уточнить в каталоге производителя, существует ли в выбранной серии необходимый тип кривой отключения.

#### Вопросы для самопроверки:

1. Что такое автоматический выключатель, для чего он предназначен?
2. Что называется коротким замыканием, чем опасно это явление?

3. Чем может быть вызван ток перегрузки?
4. Чем ток перегрузки опасен для электроустановок?
5. Какой компонент автоматического выключателя предназначен для защиты от токов КЗ, в чем его принцип действия?
6. Что такое тепловой расцепитель, для чего он предназначен?
7. Какие элементы автоматического выключателя в наибольшей степени влияют на его надежность и его стоимость?
8. По каким характеристикам можно подобрать необходимый клиенту автоматический выключатель?
9. Что понимается под электроаппаратом модульного типа?
10. В чем преимущества модульных аппаратов перед аналогичными панельными?
11. Какие типы кривых отключения (характеристики срабатывания) модульных АВ особенно востребованы в бытовом и коммерческом секторе?
12. Какие аксессуары для АВ наиболее часто используются?
13. В чем отличие серий модульных АВ S230 и S260? LR и DX?

## 1.2. Выключатели дифференциального тока (УЗО).

**Характеристики.**

**Устройство защитного отключения (УЗО)** – основной современный электроаппарат, обеспечивающий защиту человека от поражения током при нарушении изоляции электрической проводки и электроприборов. Данный прибор защищает также электроустановку и электропроводку от опасности возгорания в результате повреждения изоляции. Современное название этого прибора – **выключатель дифференциального тока (ВДТ)**.

**Дифференциальным током (током замыкания на землю, током утечки)** называют ток, протекающий на землю при ухудшении свойств (сопротивления) изоляции (оболочки) в электрической цепи. Как правило, такие токи возникают при механическом повреждении изоляции электропроводки. Значение тока утечки может указываться либо в амперах (А), либо в миллиамперах (мА).

Устройства защитного отключения, реагирующие на дифференциальный ток, в отличие от устройств защиты электроцепей от сверхтока (автоматический выключатель, плавкий предохранитель), в основном, относятся к видам защиты **человека от поражения электрическим током и защиты от возгорания электропроводки**.

Эта защита обеспечивается путем автоматического отключения питания в 2 случаях:

- в результате повреждения изоляции возникает ток утечки непосредственно на землю (как пример – повреждение изоляции провода электрической дрели, лежащего на земле);
- в результате повреждения изоляции возникает ток утечки на землю через человека, прикоснувшегося к корпусу оборудования под напряжением (как пример – повреждение изоляции внутри электродрели, лежащей на столе, человек, стоящий на земле, прикоснулся к корпусу электродрели).

В основе действия УЗО как средства защиты человека лежит принцип ограничения (за счет быстрого отключения) продолжительности протекания тока через тело человека при случайном прикосновении его к элементам электроустановки, находящимся под напряжением.

Из всех известных электрозащитных средств УЗО является единственным, обеспечивающим защиту человека от поражения электрическим током **при прямом прикосновении** к одной из токоведущих частей.

На рис. 9 показано принципиальное устройство УЗО.

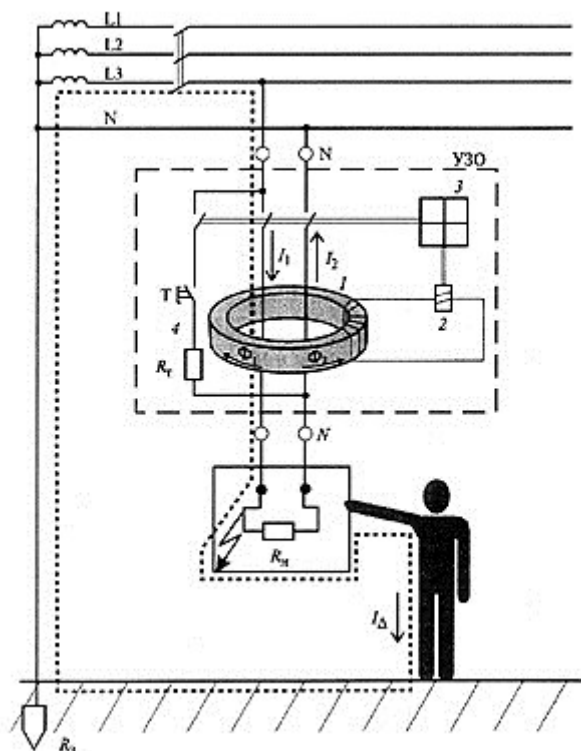


Рис.9 Схематическое устройство УЗО

**УЗО** состоит из следующих элементов – дифференциальный трансформатор тока (чувствительная магнитная катушка, состоящая из первичной и вторичной обмотки) (1) отслеживает ток утечки и формирует сигнал для пускового органа. Пусковой орган (чувствительные магнитоэлектрические реле или электронная схема) (2) регистрирует трансформированный дифференциальный ток от катушки. Исполнительный механизм (3), состоит из силовых контактов с механизмом привода, приводится в действие пусковым органом (2).

Кнопка «ТЕСТ» (4), предназначена для периодической проверки работоспособности УЗО, при нажатии на нее искусственно формируется ток утечки. Срабатывание УЗО в этом случае означает, что оно, в целом, исправно. Все эти элементы заключены в корпус из не поддерживающего горение пластика.

В нормальном режиме работы при отсутствии токов утечки, в силовой цепи по проводникам L (фаза) и N (нуль) через магнитную катушку проходят рабочие токи нагрузки  $R_n$ . Нагрузкой в этом случае может быть любой электроприбор.

Если обозначить ток, протекающий по направлению к нагрузке как ( $I_1$ ) а от нагрузки как ( $I_2$ ) то можно записать равенство:

$$(I_1) = (I_2).$$

Приходящий к нагрузке ток равен отходящему от нагрузки току.

Равные токи во встречно включенных обмотках наводят в магнитном сердечнике трансформатора тока равные магнитные потоки  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$ , которые векторно направлены навстречу друг другу. Результирующий магнитный поток  $\Phi$  в магнитном сердечнике катушки равен 0, электрический ток в катушке не возникает. Пусковой орган в этом случае находится в состоянии покоя, силовая цепь замкнута.

При прикосновении человека к открытым токопроводящим частям или к корпусу электроприбора, на который произошел пробой изоляции, по фазному проводнику L через УЗО кроме тока нагрузки ( $I_1$ ) протекает дополнительный ток – ток утечки ( $I_D$ ), являющийся дифференциальным (разностным) для трансформатора тока.

При этом в фазном проводнике L протекает ток ( $I_1 + I_D$ ); в нейтральном проводнике N протекает ток ( $I_2$ ) который равен ( $I_1$ ). Возникает неравенство:

$$(I_1 + I_D) \neq (I_2).$$

Неравенство токов в первичных обмотках вызывает неравенство магнитных потоков и, как следствие, возникновение во вторичной обмотке катушки трансформированного дифференциального тока. Если этот ток

превышает значение тока, на который настроен пусковой орган 2, последний срабатывает и воздействует на исполнительный механизм 3.

**Исполнительный механизм**, обычно состоящий из пружинного привода, спускового механизма и группы силовых контактов, **размыкает электрическую цепь**. В результате защищаемая УЗО электроустановка обесточивается.

#### Виды УЗО:

**По условиям функционирования** УЗО подразделяются на следующие типы:

**УЗО типа АС** – устройство защитного отключения, реагирующее на переменный синусоидальный дифференциальный ток, возникающий внезапно, либо медленно возрастающий. Наиболее распространенный вид УЗО на сегодняшний день.

**УЗО типа А** – устройство защитного отключения, реагирующее на переменный синусоидальный дифференциальный ток и пульсирующий постоянный дифференциальный ток, возникающие внезапно, либо медленно возрастающие. В быту применяется, как правило, для защиты стиральных машин с электродвигателем коллекторного типа.

**УЗО типа В** – устройство защитного отключения, реагирующее на переменный, постоянный и выпрямленный дифференциальные токи. Применяется для защиты специализированных электроустановок.

**УЗО типа S** – устройство защитного отключения, имеющее тип А или АС, **селективное** (с выдержкой времени отключения). Применяется для использования в качестве вводного УЗО. Обеспечение выдержки времени необходимо для того, чтобы сначала сработали неселективные УЗО на отходящих линиях.

**УЗО типа G** – то же, что и типа S, но с меньшей выдержкой времени.

**По способу технической реализации цепи питания**, УЗО делятся на следующие два типа:

**УЗО, функционально не зависящие от напряжения питания** (электромеханические). Источником энергии, необходимой для функционирования – выполнения защитных функций, включая операцию отключения, является для устройства сам сигнал – дифференциальный ток, на который оно реагирует.

**УЗО, функционально зависящие от напряжения питания** (электронные). Их механизм для выполнения операции отключения нуждается в энергии, получаемой либо от контролируемой сети, либо от внешнего источника. Устройства, функционально зависящие от напряжения питания, применяются реже из-за их меньшей надежности, подверженности воздействию внешних факторов и так далее. Однако основной причиной меньшего распространения таких устройств является их неработоспособность при обрыве нулевого проводника в цепи до УЗО по направлению к источнику питания. В этом случае «электронное» УЗО, не имея питания, не функционирует, а электроустановка по-прежнему остается подключенной к фазному проводнику с опасным для жизни человека напряжением. Такая неисправность чаще всего встречается и является наиболее опасной по вероятности поражения.

Вопрос выбора электронного или электромеханического УЗО имеет очень важное принципиальное значение с точки зрения обеспечения безопасности.

В европейских странах – Германии, Австрии, Франции электротехнические нормы допускают применение УЗО **только первого типа** – не зависящих от напряжения питания. **УЗО второго типа** разрешено применять в цепях, защищаемых электромеханическими УЗО, только в качестве дополнительной защиты для конечных потребителей, например, для электроинструмента, нестационарных электроприемников и т.д.

В России таких ограничений нет, поэтому на рынке присутствует большое количество УЗО электронного типа. Такие УЗО существенно дешевле электромеханических, но, как указывалось выше, они крайне опасны в случае обрыва нулевого проводника.

**Основное значение при действии на человека** имеет величина проходящего через его тело тока, но также влияет и род тока, его частота, путь тока через тело человека, продолжительность действия тока и индивидуальные особенности пострадавшего.

Различные величины тока частотой 50 Гц действуют следующим образом:

- 5...10 мА — боль в мышцах, судорожные их сокращения, руки с трудом можно оторвать от электродов;
- 10...20 мА — боли, руки невозможно оторвать от электродов;
- 25...50 мА — боль в руках и груди, дыхание затруднено, возможен паралич дыхания и потеря сознания;
- 50...80 мА — при длительном действии возможна клиническая смерть;
- 100 мА и более — при длительности более 3 с возможна клиническая смерть.

**По значению отслеживаемого тока утечки (чувствительности)** УЗО делятся на несколько типов:

- 10 мА
- 30 мА
- 100 мА
- 300 мА
- 500 мА

Чем меньше значение отслеживаемого тока утечки УЗО (выше чувствительность), тем оно, как правило, дороже.

Относительно безопасными для человека являются токи утечки величиной до 30 мА, таким образом, в качестве защитного устройства от поражения человека током используются УЗО на токи утечки **только 10мА и 30мА**.

Причем для защиты человека при подключении электроприборов во влажных помещениях используется УЗО с чувствительностью 10мА.

УЗО на токи утечки 100, 300, 500 мА применяются для защиты электроустановок от возгорания в случае нарушения изоляции.

Большинство УЗО по размерам и конфигурации изготавливаются модульного типа (как модульные АВ) и предназначены для использования в качестве готового отдельного электроаппарата. Однако существуют УЗО, выполненные в виде отдельных блоков, стыкуемых к каким-либо сериям АВ (как модульных, так и панельных).

**По количеству полюсов** УЗО делятся на 2 группы:

- 2-полюсные – применяются для защиты однофазных электрических цепей, сочетание полюсов 1L+N
- 4-полюсные – применяются для защиты трехфазных электрических цепей, сочетание полюсов 3L+N

Большинство УЗО разработаны с использованием нулевого проводника в схеме контроля, поэтому при подключении необходимо использовать как фазные, так и нулевые проводники. Однако существуют **УЗО**, выполненные **в виде стыкуемых блоков**, в которых производится контроль токов утечки между тремя фазными проводниками.

Как правило, клемма для подключения нулевого проводника к УЗО четко зафиксирована (отмечена на корпусе УЗО буквой N), и замена местами нулевого и фазного проводника невозможна.

Это ограничение не всегда удобно при монтаже электроаппарата в щите, поэтому некоторые производители нашли выход и разработали **двухполюсное УЗО** с подключением нулевого провода к любой клемме.

В каталогах зарубежных производителей могут встречаться **обозначения УЗО** типа:

<b>RCD</b>	residual current protective device – защитное устройство по дифференциальному (разностному) току (общее название УЗО)
<b>PRCD</b>	portable residual current protective device – переносное защитное устройство по дифференциальному току
<b>PRCD-S</b>	portable residual current protective device-safety – переносное защитное устройство по дифференциальному току (в кабеле-удлинителе)
<b>SRCD</b>	fixed socket outlet residual current protective device – защитное устройство по дифференциальному току (встроенное в розетку)
<b>RCCB</b>	residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection – защитное устройство по дифференциальному току без встроенной защиты от сверхтоков
<b>RCBO</b>	residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection – защитное устройство по дифференциальному току со встроенной защитой от сверхтоков
<b>RCM</b>	residual current monitor – устройство контроля дифференциального тока (тока утечки)

Электромеханические УЗО **производят** ведущие европейские фирмы – Siemens, ABB, GE Power, Hager, Корп, AEG, Legrand, Merlin-Gerin, и др.

К сожалению, список российских производителей УЗО не так широк. Среди них ОАО «Электроаппарат» г.Курск производящий УЗО серии УЗО-Д40; предприятие ТЕСС-Инжиниринг, производящее УЗО серии ВКЗ; государственное предприятие ОПЗ МЭИ с приборами серии Астро-УЗО; холдинг Энергомера с приборами серии УЗО-ВАД2.

Также на российском рынке представлено большое количество УЗО китайского производства (ИЭК, ДЭК, ЭКФ, Щит, Chint и прочее). Подавляющее большинство таких УЗО являются электронными.

На рисунке 10 представлен внешний вид УЗО серии F364



Рис.10 УЗО серии F364

Основными характеристиками для подбора УЗО по параметрам являются:

1. Количество полюсов – 2 или 4.
2. Номинальный ток  $I_n$ , А – от 16 до 125А.
3. Значение тока утечки, мА – от 10 до 500мА.
4. Тип УЗО по отслеживаемому току – АС, А, S.
5. Исполнение по способу установки – модульное или в виде стыкуемого блока к АВ.

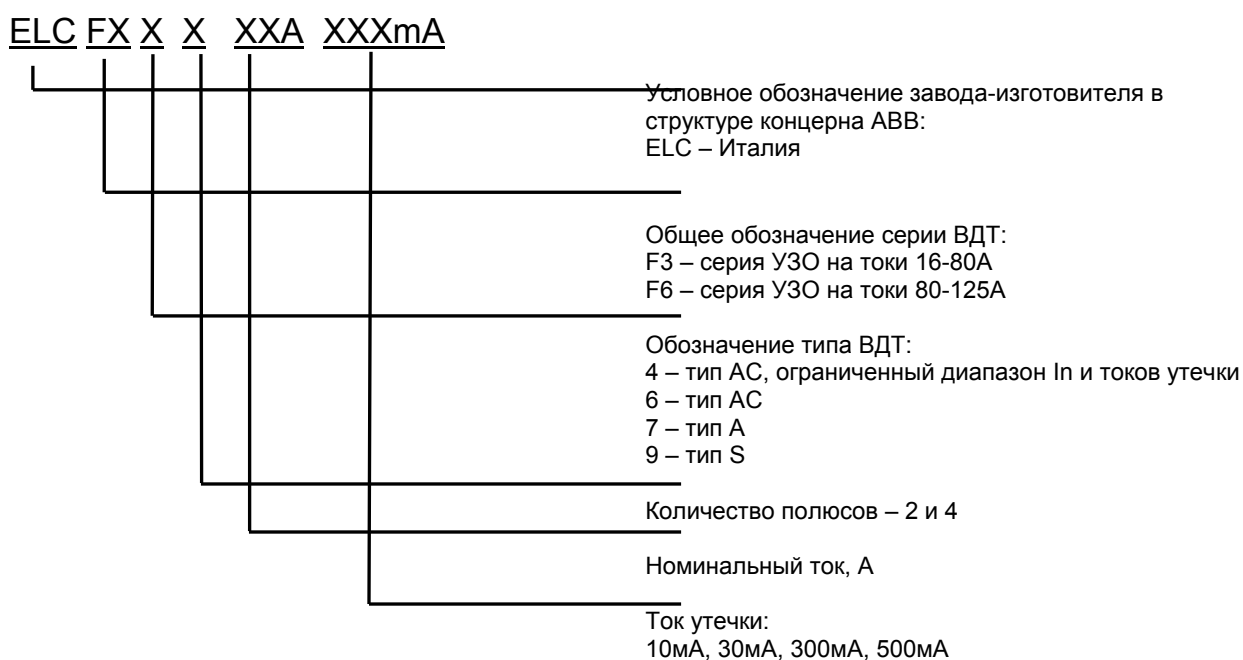
**Важные особенности:**

Большинство УЗО с  $I_n = 16A$  выпускается только с током утечки 10 мА – такие УЗО, как правило, применяются в быту для защиты электроприборов в помещениях с повышенной влажностью. Исключение – УЗО китайского производства.

Характеристика  $I_n$  в конструкции УЗО влияет только на массивность силовых контактов и сечение токопроводящих элементов, поэтому защитное устройство с меньшим  $I_n$  можно с успехом заменить на УЗО с большим значением номинального тока. Пример – для замены УЗО с характеристиками 25А 30мА подойдет УЗО 32А 30мА.

### 1.2.1. Расшифровка обозначений УЗО разных производителей.

Структура условного обозначения ВДТ модульной серии Fxxx производства концерна «ABB»:



Примеры обозначений УЗО производства ABB серии F3:



**ELCF362 25° 30mA**  
**ELCF664 125° 300mA**

### Структура условного обозначения ВДТ модульной серии производства компании «Legrand»

УЗО этого производителя не имеют какой-либо особенной маркировки, каждому изделию присвоен 5- или 6-значный артикул. Это облегчает идентификацию и поиск необходимого оборудования в каталоге производителя.

УЗО производства Legrand представлены модульными сериями LR, DX. Эти серии отличаются между собой типом по току утечки, диапазоном номинальных токов и токов утечки.

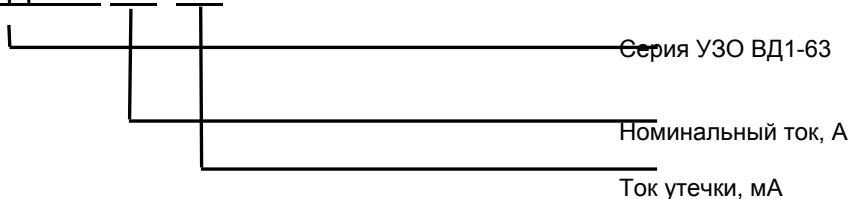
Таблица подбора модульных УЗО производства Legrand:

Серия автоматических выключателей	Тип по току утечки	Количество и сочетание полюсов	Диапазон номинальных токов, А	Диапазон токов утечки	Номера Артикулов
LR	AC	1P+N, 3P+N	25, 40, 63	30mA, 300mA	60136-60153
DX	AC, A, S	1P+N, 3P+N	16-80	10mA-500mA	08906-09166
DX-h, стыкуемый блок	AC, A, S	1P+N, 3P, 3P+N	32-125	30mA, 300mA, 1000mA	07401-07547

Серия LR является упрощенной версией серии DX, причем, по техническим характеристикам обе серии идентичны. Различие состоит в том, что в серии LR отсутствует прозрачный шильдик для маркировки и надписи On-Off на рычаге механизма управления. Помимо этого в серии LR - ограниченный диапазон номинальных токов и токов утечки. Эти изменения позволили уменьшить себестоимость АВ серии LR по сравнению с серией DX.

**Структура условного обозначения ВДТ производства ООО «Интерэлектрокомплект»:**

ВД1-63 XX XX



Примеры обозначений УЗО производства ИЭК:

**ВД1-63 25А 30мА**

Важные особенности:

Большинство УЗО с  $I_n = 16A$  выпускается только с током утечки 10 мА – такие УЗО, как правило, применяются в быту для защиты электроприборов в помещениях с повышенной влажностью. Исключение – УЗО китайского производства.

Характеристика In в конструкции УЗО влияет только на массивность силовых контактов и сечение токопроводящих элементов, поэтому защитное устройство с меньшим In можно с успехом заменить на УЗО с большим значением номинального тока. Пример – для замены УЗО с характеристиками 25А 30мА подойдет УЗО 32А 30мА.

### 1.2.2. Таблица подбора аналогов модульных УЗО.

Ниже представлена таблица соответствия модульных УЗО различных производителей по таким параметрам, как **тип УЗО по току утечки (AC, A, S), диапазон номинальных токов**. В крайнем левом столбце указаны серии, для которых надо подобрать аналог, в шапке таблицы – аналоги:

Серия УЗО	F340,тип AC	F360,тип AC	F370,тип A	F390,тип S	F660,тип AC	F670,тип A	LR,тип AC	DX, тип AC, A, S	ВД1- 63, тип AC
F340, тип AC	■	■	■	■	■		■	■	■
F360, тип AC		■	■	■	■			■	■
F370, тип A			■	■	■			■	■
F390, тип S				■	■			■	■
F660, тип AC					■	■		■	■
F670, тип A						■	■	■	■

LR,  
тип AC  
DX,  
тип AC, A,  
S  
ВД1-63,  
тип AC



В таблице указаны серии модульных УЗО:

F340, 360, F370, F390, F660, F670 – производства концерна ABB

LR, DX – производства компании Legrand

ВД1-63 – производства компании «Интерэлектрокомплект»

Темно-серым цветом указаны серии УЗО, которые являются полным аналогом для серии УЗО из крайнего левого столбца, светло-серым те, которые являются аналогом и превосходят его по параметрам или имеют более широкий диапазон номинальных токов.

#### Вопросы для самопроверки:

1. Что такое дифференциальный ток (ток утечки)?
2. Для чего предназначено УЗО?
3. Из каких основных компонентов состоит УЗО?
4. Какие типы УЗО существуют? В чем отличие типа AC от типа A?
5. В чем отличие электронных УЗО от электромеханических? Как эти отличия влияют на эффективность этих аппаратов и их цену?
6. Какие УЗО (с какими значениями тока утечки) применяются для защиты человека в жилом/коммерческом секторе и влажных помещениях?
7. По каким характеристикам можно подобрать необходимое клиенту УЗО?
8. Что означает вторая и третья цифра в обозначении УЗО серии F360?

### 1.3. Автоматические выключатели дифференциального тока (дифавтоматы).

#### Характеристики.

Дифференциальный автоматический выключатель (дифавтомат) – защитное устройство, обеспечивающее защиту электрических цепей от дифференциальных токов и сверхтоков. Современное название этого прибора – автоматический выключатель дифференциального тока (АВДТ).

Этот прибор совмещает в себе функции автоматического выключателя и УЗО. Он обеспечивает защиту от **токов утечки, токов КЗ и токов перегрузки**.

Конструктивно АВДТ представляет собой УЗО со встроенными элементами защиты от сверхтоков. Это может быть устройство в одном корпусе, либо автоматический выключатель с присоединенным в заводских условиях блоком УЗО.

**Устройство и принцип действия** АВДТ в части защиты от токов утечки идентичны УЗО, а в части защиты от сверхтоков – автоматическому выключателю. Схема устройства АВДТ представлена на рис.11

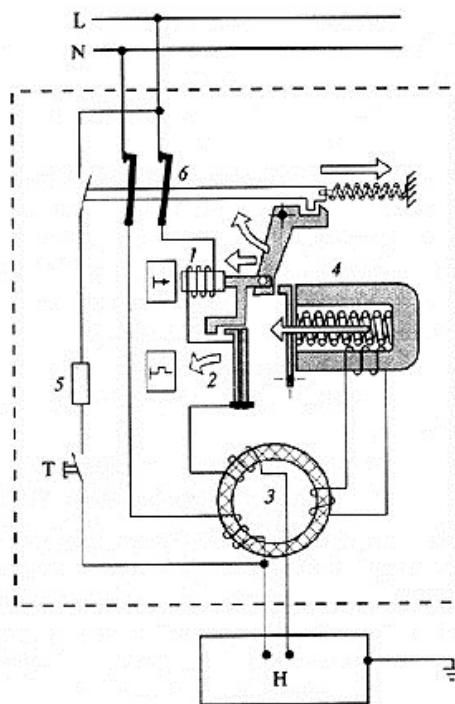


Рис.11. Устройство АВДТ:

1 – катушка электромагнитного расцепителя; 2 – биметаллическая пластина теплового расцепителя; 3 – дифференциальный трансформатор тока; 4 – пусковой орган, реагирующий на дифференциальный ток; 5 – тестовый резистор; 6 – силовые контакты; Н – нагрузка; Т – кнопка «Тест»

#### Виды дифавтоматов:

**По условиям функционирования** АВДТ подразделяются на следующие типы:

**АВДТ типа АС** – устройство защитного отключения, реагирующее на переменный синусоидальный дифференциальный ток, возникающий внезапно, либо медленно возрастающий.

**АВДТ типа А** – устройство защитного отключения, реагирующее на переменный синусоидальный дифференциальный ток и пульсирующий постоянный дифференциальный ток, возникающие внезапно, либо медленно возрастающие.

**По способу технической реализации цепи питания**, УЗО делятся на следующие два типа:

**АВДТ, функционально не зависящие от напряжения питания** (электрохимические).

**АВДТ, функционально зависящие от напряжения питания** (электронные).

Как и в случае с УЗО, электрохимические АВДТ производятся в основном европейскими производителями. Большая часть электронных АВДТ выпускается китайскими производителями.

**По значению отслеживаемого тока утечки (чувствительности)** АВДТ имеют разновидности:

Ток утечки 10 мА

Ток утечки 30 мА

Ток утечки 300 мА

АВДТ предназначены также и для защиты электрических цепей от сверхтоков, таким образом, для них имеют значение характеристики типов кривой отключения и предельной коммутационной способности.

На сегодняшний день АВДТ выпускаются с типами кривых отключения (токовременными характеристиками) В и С. Предельная коммутационная способность находится в диапазоне от 4,5 до 10 кА.

**По количеству и сочетанию полюсов** (наличию в полюсах защиты от сверхтоков) АВДТ подразделяются на:

1Р + N – двухполюсный с защитой от сверхтоков в одном полюсе

2Р – двухполюсный с защитой от сверхтоков в двух полюсах

4Р – четырехполюсный с защитой от сверхтоков в четырех полюсах

**Основными характеристиками для подбора АВДТ по параметрам являются:**

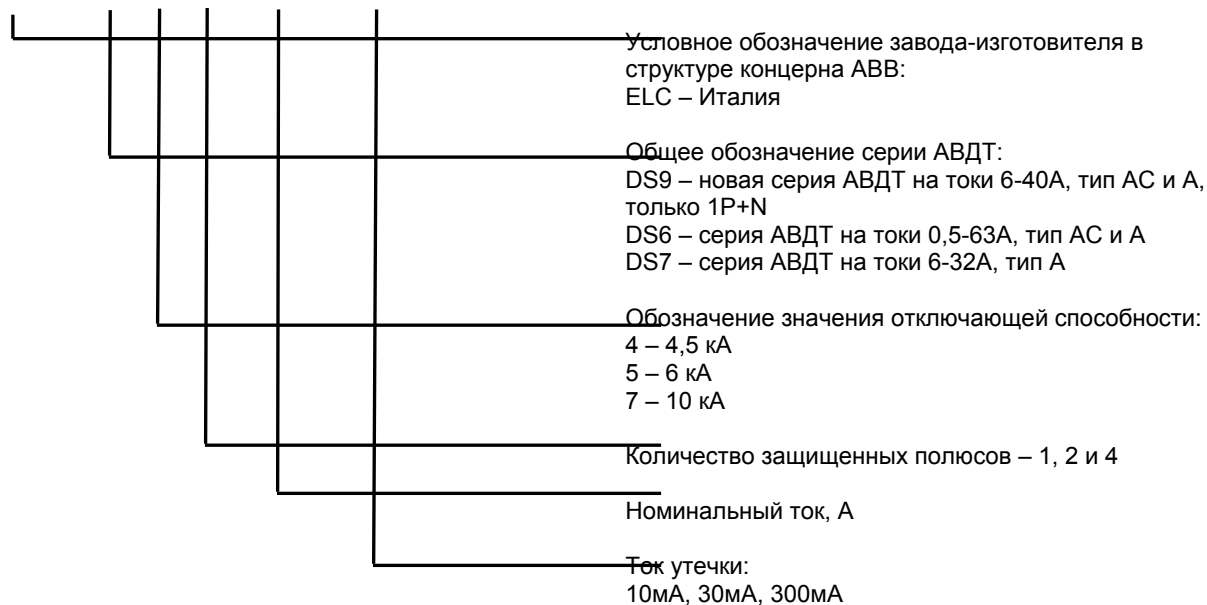
1. Количество полюсов – 1 полюс + N, 2 или 4 полюса.
2. Номинальный ток  $I_n$ , А – от 0,5 до 63А.
3. Предельная коммутационная способность, кА.
4. Значение тока утечки, мА – от 10 до 300мА.
5. Тип УЗО по отслеживаемому току – АС, А.

## 6. Тип кривой отключения.

### 1.3.1. Расшифровка обозначений АВДТ разных производителей.

Структура условного обозначения АВДТ модульной серии DSxxx производства концерна «ABB»:

ELC DSX X X XXA XXXmA



Примеры обозначений УЗО производства ABB серии DS:

**ELCDS941 25° 30mA**  
**ELCDS652 63° 300mA**  
**ELCDS672 1° 30mA**

Структура условного обозначения АВДТ модульной серии производства компании «Legrand»

АВДТ этого производителя не имеют какой-либо особенной маркировки, каждому изделию присвоен 5-значный артикул. Это облегчает идентификацию и поиск необходимого оборудования в каталоге производителя.

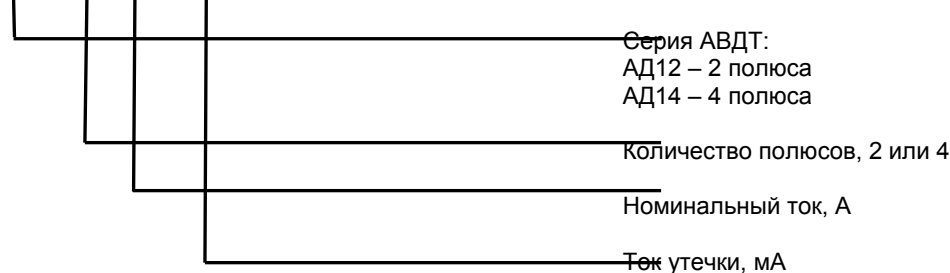
АВДТ производства Legrand представлены модульной серией DX.

Характеристики модульных АВДТ производства Legrand:

Серия автоматических выключателей	Тип по току утечки	Количество и сочетание полюсов	Диапазон номинальных токов, А	Диапазон токов утечки	Номера артикулов
<b>DX</b>	<b>AC, A</b>	<b>1P+N, 2P, 4P</b>	<b>16-63</b>	<b>10mA-300mA</b>	<b>07879-08591</b>

Структура условного обозначения ВДТ производства ООО «Интерэлектрокомплект», г.Москва:

АД -1X XX XXX



Примеры обозначений АВДТ производства «Интерэлектрокомплект»:  
**АД14 25А 30мА**

**Важные особенности:**

Так как АВДТ является гибридом УЗО и автоматического выключателя, в большинстве случаев его можно с легкостью заменить на сочетание УЗО+АВ.

**При этом необходимо соблюдать правило: номинальный ток автоматического выключателя подбирается, исходя из характеристик электрической цепи; номинальный ток УЗО должен быть равен или больше номинального тока АВ.**

### 1.3.2. Таблица подбора аналогов модульных АВДТ.

Ниже представлена таблица соответствия модульных АВДТ различных производителей по таким параметрам, как **тип АВДТ по току утечки (АС, А), предельная коммутационная способность**. В вертикальном левом столбце указаны серии, для которых надо подобрать аналог, в шапке таблицы – аналоги:

Серия АВДТ	DS941 4,5 кА, тип АС	DS640 4,5 кА, тип АС	DS650 6 кА, тип АС	DS670 10 кА, тип А	DS750 6 кА, тип А	DX 6 кА, тип АС, А	АД 12 (14) 4,5 кА, тип АС
DS941 4,5 кА, тип АС							
DS640 4,5 кА, тип АС							
DS650 6 кА, тип АС							
DS670 10 кА, тип А							
DS750 6 кА, тип А							
DX 6кА, тип АС, А							
АД 12 (14) 4,5 кА, тип АС							

В таблице указаны серии модульных УЗО:

DS940, 640, 650, 670, 750 – производства концерна ABB

DX – производства компании Legrand

АД12 (14) – производства компании «Интерэлектрокомплект»

Темно-серым цветом указаны серии АВДТ, которые являются аналогом для серии АВДТ из вертикального левого столбца, светло-серым – те, которые являются аналогом и превосходят его по параметрам.

**Вопросы для самопроверки:**

**1. Что такое АВДТ?**

**2. В чем конструктивное отличие АВДТ от УЗО?**

**3. Для чего предназначен АВДТ, помимо защиты от токов утечки?**

**4. По каким характеристикам можно подобрать необходимый клиенту АВДТ?**

**5. Что означает вторая и третья цифра в обозначении АВДТ серии DS...?**

**6. Что означает вторая цифра в обозначении АВДТ серии АД?**