

31-32 Автоматические выключатели

Автоматические выключатели предназначены для коммутации цепей при аварийных режимах, а также нечастых (от 6 до 30 в сутки) оперативных включений и отключений электрических цепей. Не имея недостатков плавких предохранителей, они обеспечивают быструю и надежную защиту электрической сети от токов перегрузки и короткого замыкания. Таким образом, автоматические выключатели одновременно выполняют функции защиты и управления.

Автоматические выключатели имеют реле прямого действия (расцепители), которые обеспечивают отключение при перегрузках, коротких замыканиях. Отключение может происходить без выдержки времени или с выдержкой. Автоматические выключатели характеризуются собственным временем отключения t_c (промежуток времени с момента, когда контролируемый параметр превысил установленное для него значение, до начала расхождения контактов). Различают нормальные выключатели с $t_{c,откл} = 0,02 \dots 0,7$ с, с выдержкой времени (селективные) и быстродействующие с $t_{c,откл} < 0,005$ с.

Нормальные и селективные выключатели не обладают токоограничивающим действием, как быстродействующие автоматические выключатели, которые отключают цепь до того, как ток в ней достигает максимального значения ударного тока I_y .

Селективные автоматические выключатели позволяют осуществлять селективную защиту сетей путем установки автоматических выключателей с разной выдержкой времени: наименьшей у потребителя и ступенчато возрастающей к источнику питания.

Для обеспечения защитных функций выключатели снабжены тепловыми или электромагнитными расцепителями либо комбинированными (тепловыми и электромагнитными). Тепловые расцепители предназначены для защиты цепей от токов длительной перегрузки, а электромагнитные — от токов короткого замыкания. В зависимости от того, как изменяется характер элемента сети по сравнению с нормальным, срабатывают встроенные в аппарат тепловые или электромагнитные расцепители.

Действие тепловых расцепителей, которые встроены в выключатель, основано на использовании нагрева биметаллической пластинки, изготовленной из спая двух металлов с различными коэффициентами теплового линейного расширения. В расцепителе при токе, превышающем ток, на который они рассчитаны, одна из пластин при нагреве удлиняется больше, в результате чего она воздействует на отключающий пружинный механизм и коммутирующие контакты размыкаются.

Тепловой расцепитель автоматического выключателя не защищает электрическую сеть или электродвигатель от короткого замыкания. Это объясняется тем, что он, обладая большой тепловой инерцией, не успевает нагреться за столь короткое время от тока короткого замыкания или пускового тока электродвигателя.

Электромагнитный расцепитель представляет собой электромагнит, воздействующий на отключающий пружинный механизм. Если ток в катушке электромагнита превышает определенное, заранее установленное значение, электромагнитный расцепитель отключает коммутирующее устройство и в результате мгновенно отключает линию.

Схема автоматического выключателя с комбинированным расцепителем показана на рис. 4.11. Для включения автоматического выключателя нажимают кнопку (выключатели серии АП50Б) или поворачивают рычаг (выключатели серий АЕ1000, АЕ2000, АЗ700, ВА), при этом замыкаются контакты 1 и защелка 3, 4 входят в зацепление.

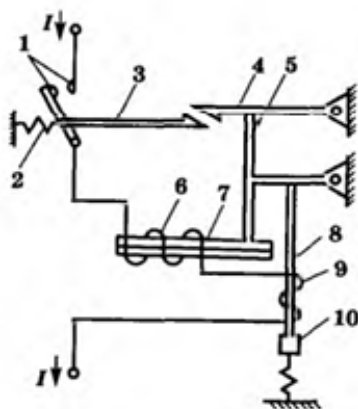


Рис. 4.11. Принципиальная схема автоматического выключателя

При номинальном режиме ток нагрузки проходит по контактам 1, нагревательному элементу 6 теплового биметаллического расцепителя, катушке 9 электромагнитного расцепителя к электроприемнику.

При перегрузке ток, проходя по нагревателю теплового реле, нагревает биметаллическую пластинку 7, которая изгибается и действует на рычаг 5. Рычаг приподнимает защелку 4, защелка 3 освобождается и при этом под действием пружины 2 контакты 1 выключателя размыкаются.

При коротком замыкании электромагнит 9 электромагнитного расцепителя мгновенно втягивает сердечник 10 и толкателем 8 воздействует на рычаг 5 — происходит автоматическое отключение выключателя.

Автоматические выключатели характеризуются номинальным напряжением (максимальное напряжение сети, при котором еще можно использовать этот аппарат) и номинальным током (максимальный ток, указанный в паспорте, который выключатель выдерживает в течение неограниченного времени).

Расцепители, встроенные в выключатель, характеризуются номинальным током, который они выдерживают длительное время. Наименьший ток, вызывающий отключение выключателя, называется током трогания или срабатывания, а настройка расцепителя на заданный ток срабатывания — уставкой тока. Уставка тока электромагнитного расцепителя на мгновенное срабатывание называется отсечкой.

Автоматические выключатели характеризуются временем срабатывания. Защитная характеристика автоматического выключателя, приведена на рис. 4.12, она имеет два участка *AB* и *CD*. Электромагнитные расцепители имеют обратозависимую от тока выдержку времени при перегрузках (участок *AB*) и независимую выдержку времени при токах короткого замыкания (участок *CD*) [5].

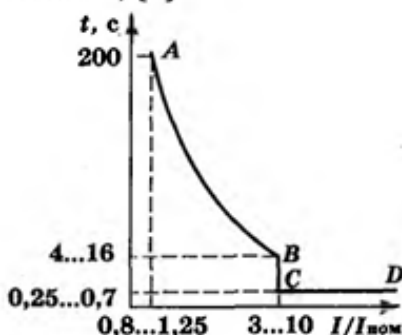


Рис. 4.12. Защитная характеристика автоматических выключателей

В современных выключателях серий АЗ700 и ВА используются полупроводниковые расцепители, которые обеспечивают более высокую точность срабатывания по току и времени. Структурная схема полупроводникового расцепителя показана на рис. 4.13. Блок 1 измеряет ток защищаемой сети. В сети переменного тока в качестве блока 1 применяются трансформаторы тока, а в сети постоянного тока — магнитные усилители. Блок 2 анализирует сигнал, поступающий из блока 1. Если этот сигнал соответ-

ствует току перегрузки, то из блока 2 поступает сигнал в блок 3, который запускает полупроводниковое реле 4, создающее зависимость от тока выдержку времени (см. участок *AB* на рис. 4.12).

При токе короткого замыкания сигнала с блока 2 достаточно для запуска блока 7, который является токовой отсечкой. Блок 6 создает выдержку времени в независимой части характеристики (участок *CD*). Блок 5 усиливает сигналы от блоков 4, 6 и подает импульс на отключающую катушку автоматического выключателя УАТ2.

Автоматические выключатели подразделяются на нерегулируемые и регулируемые. У нерегулируемых отсутствует приспособление для регулирования уставки расцепителя в процессе эксплуатации. Расцепитель каждого автоматического выключателя отрегулирован заводом-изготовителем в расчете на определенный номинальный ток. У регулируемых выключателей уставки расцепителей регулируют, воздействуя на механическую систему или специальное устройство, изменяющее время срабатывания автомата.

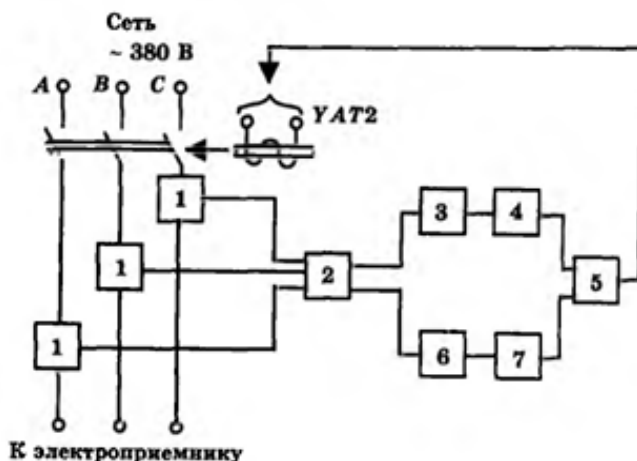


Рис. 4.13. Структурная схема полупроводникового расцепителя автоматического выключателя серии АЗ700С

В системах электроснабжения промышленных предприятий, общественных и жилых зданий, в схемах управления станков, механизмов, машин широко используются автоматические выключатели серии АП50Б, АЕ1000, АЕ2000, АЗ700 и полностью заменяющие их автоматические выключатели серий ВА51, ВА52, ВА53, ВА55, ВА75. Защитная характеристика автоматических выключателей серии ВА приведена на рис. 4.14.

Автоматические выключатели серии АЗ700 выпускают в следующих исполнениях:

- токоограничивающие (серий АЗ710Б...АЗ740Б) с полупроводниковым и электромагнитным расцепителями максимального тока, изготавливаемые в расчете на токи 40...630 А;

- токоограничивающие (серий АЗ711Б...АЗ742Б) с электромагнитным расцепителем максимального тока на 160...630 А;

- селективные (серий АЗ733С...АЗ744С) с полупроводниковым расцепителем максимального тока на 250...630 А.

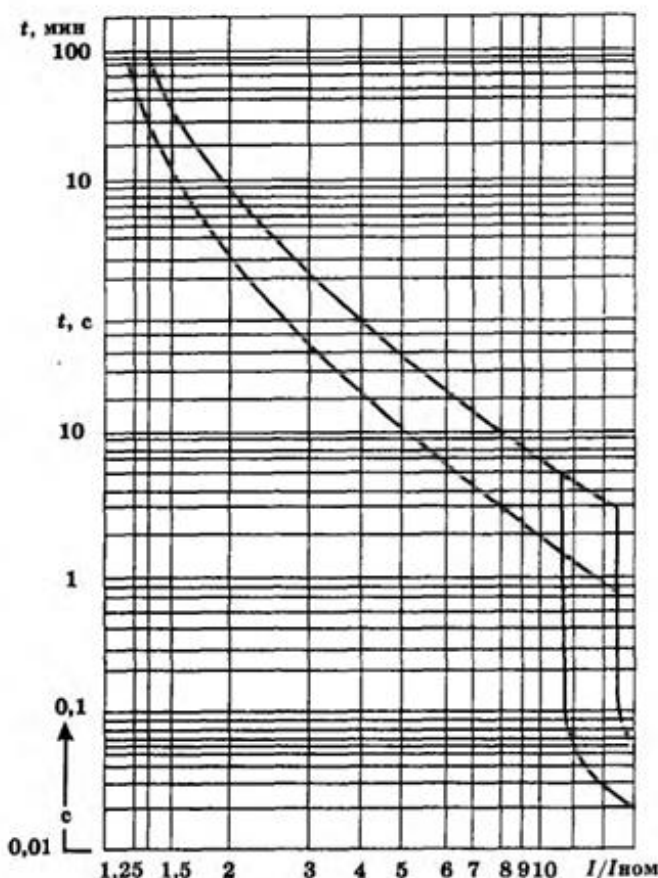


Рис. 4.14. Защитная характеристика автоматического выключателя серии ВА

Широкое распространение получили малогабаритные пробочные автоматические выключатели (рис. 4.15), предназначенные для защиты от коротких замыканий и перегрузок осветительных сетей в бытовых и жилых помещениях. Они выпускаются в расчете на номинальный ток 6...50 А и напряжение до 380 В.

Катушка электромагнита 1 и биметаллическая пластина 2 включены в цепь нагрузки последовательно. При токах перегрузки электротепловой биметаллический элемент нагревается и, изгибаясь, действует на механизм свободного расцепления 5. При токах короткого замыкания в защищаемой цепи электромагнит 1 мгновенно втягивает сердечник, который воздействует на механизм расцепителя 5, при этом происходит автоматическое отключение выключателя. Отключить выключатель можно и вручную, нажав кнопку 4, а включить, нажав кнопку 3.

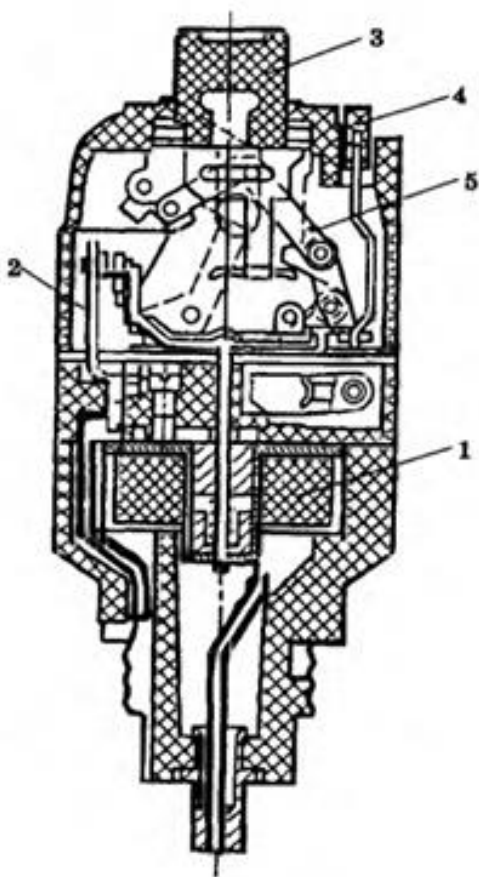
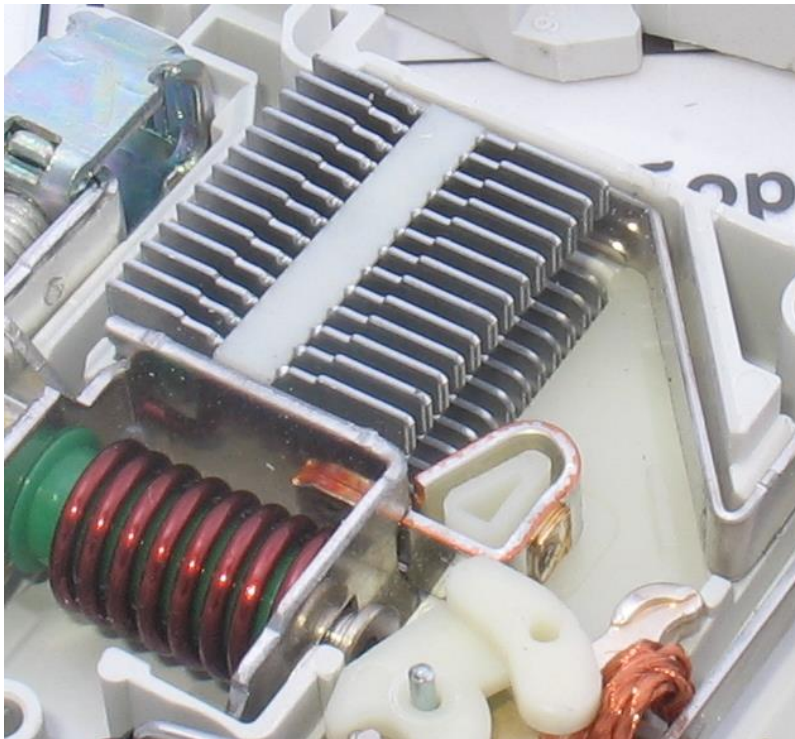


Рис. 4.15. Малогабаритный пробочный автоматический выключатель



Если в предохранителях для увеличения отключающей способности мы засыпали внутрь кварцевый песок, то в автоматический выключатель мы добавим дугогасительную камеру. Это набор металлических пластинок рядом с контактами. Если при размыкании контактов зажигается дуга, то её втягивает в пластинки камеры, дробит на много маленьких дуг, которые быстро остывают, отдав тепло в металл пластинок, и дуга гаснет.

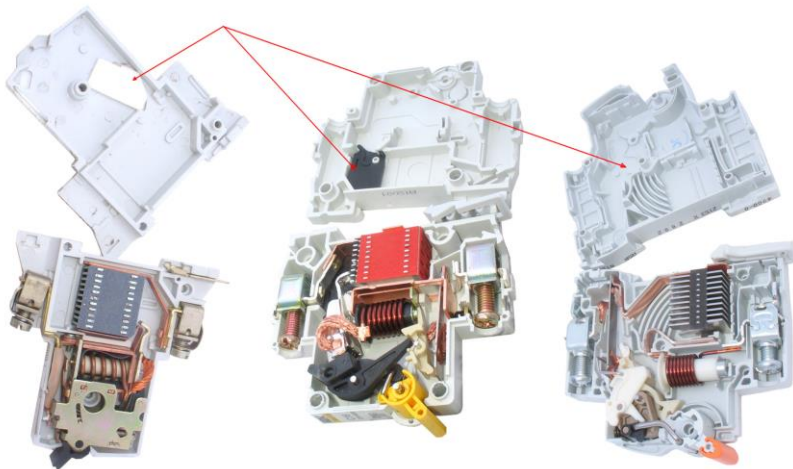
Фотография контактов и пластин дугогасительной камеры



Автоматический выключатель с дугогасительной камерой способен отключить цепь с током в несколько тысяч ампер и не сломаться. Маркировка отключающей способности наносится в виде значения тока в амперах прямоугольнике. Отключающая способность указывается для рода тока, на который рассчитан автоматический выключатель, обычно это переменный ток. При постоянном токе дуга горит устойчивее, и отключающая способность может быть в десятки раз ниже. Поэтому не используйте автоматические выключатели для переменного тока бездумно в цепях с постоянным током!

Чтобы горячая электрическая дуга, пока остывает в дугогасительной камере, не прожгла дыру в корпусе (и не повредила соседнее оборудование), добавляется теплоизолирующий вкладыш, который изображён на рисунке

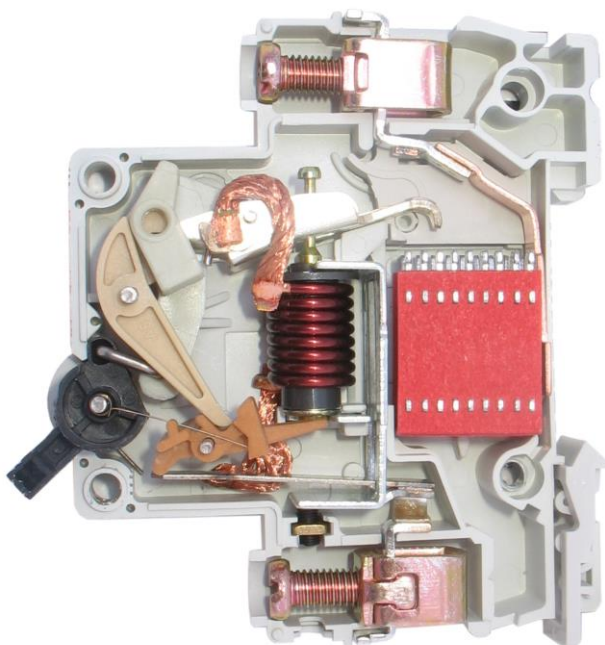
Керамический вкладыш, пластиковый и оребрение корпуса



Автоматические выключатели с отключающей способностью в 3000, 4500, 6000 и 10000 А.



Современный модульный автоматический выключатель в разрезе



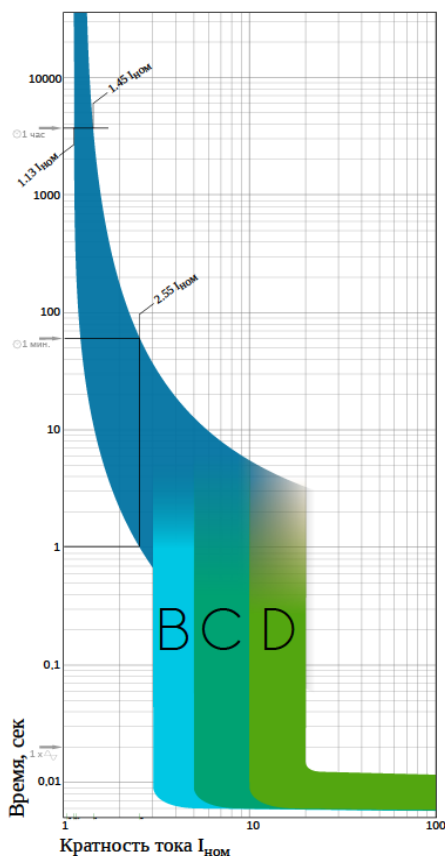
Большинство оборудования при включении потребляет стартовые токи в несколько раз больше, чем в рабочем режиме. Тепловой расцепитель медленный, и обычно на кратковременные перегрузки не реагирует, а вот электромагнитный расцепитель успевает сработать. В линейке автоматических выключателей, делают разные электромагнитные расцепители, и обозначают их тип буквой:

- В – электромагнитный расцепитель сработает при превышении номинального тока в 3–5 раз. Подойдёт для освещения, бытовых нагревательных приборов, большинства электронных устройств.
- С – электромагнитный расцепитель сработает при превышении номинального тока в 5–10 раз. Подойдёт для потребителей с двигателями, мощными трансформаторами, групп осветительных приборов.

- D – электромагнитный расцепитель сработает при превышении номинального тока в 10–20 раз. Подойдёт для использования в промышленном производстве: для приборов с могучими моторами, систем с множеством мощных импульсных блоков питания и т.д. (Правда появляется опасность, что на слабой проводке тока короткого замыкания окажется недостаточно для срабатывания).

- Для промышленности поставляются ещё автоматические выключатели с маркировкой K (8–12 раз) и Z (2–3 раза).

ГОСТ МЭК 60898-1



ГОСТ МЭК 60947-2

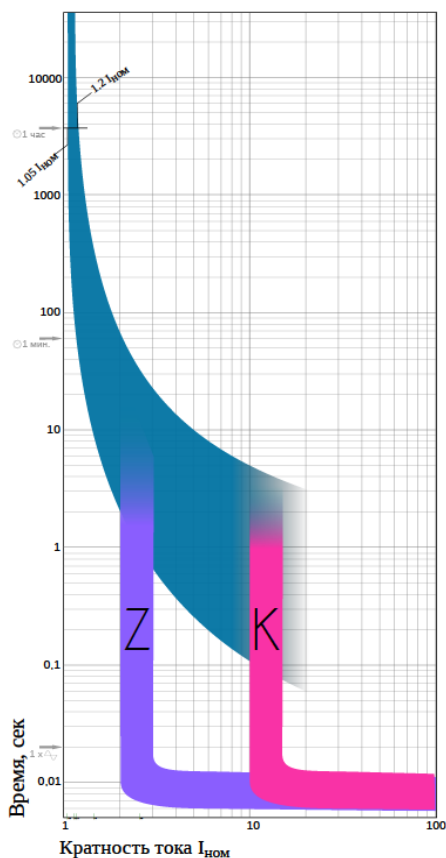


График времятоковых характеристик наглядно показывает время, за которое сработает автоматический выключатель при разных превышениях номинального тока.

Так как у нас ощутимый разброс параметров, то вместо тонких линий на графике изображены области, в которых окажется времятоковая характеристика случайно выбранного из партии автоматического выключателя. Мы видим, что при небольшом превышении тока тепловой расцепитель работает одинаково, более-менее точно и медленно, при превышении тока в 1,45 раза (т.е. на автомате написано С16, а через него протекает 23 А) он отключится за время менее 1 часа. А если ток превышает номинальный в 2,55 раза – то менее чем за 1 минуту. Зато, если у нас ток на всего лишь на секунду превысит номинальный в 4 раза, то автомат "В" у нас сработает, а вот автоматы "С" и "D" не сработают.

Базовая конструкция автоматического выключателя – тепловой, электромагнитный расцепитель, механизм свободного расцепления и дугогасительная камера

Коммутационная стойкость. При каждом включении / отключении автомата между контактами загорается дуга, которая постепенно разрушает контактную группу.

Производитель часто указывает количество циклов включения/отключения, которые должны выдержать контакты.

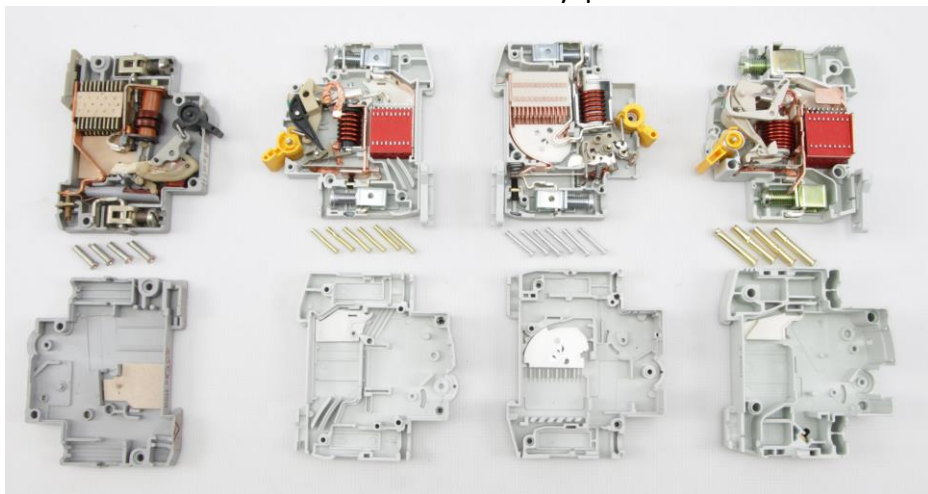
Отсюда легко видеть, что автоматический выключатель не замена нормальному выключателю при частом использовании.

Если вместо пускателя с контактором включать/отключать нагрузку, дёргая автомат по 10 раз в день, то автомат может прийти в негодность менее чем за пару лет, электрическая эрозия испортит контакты. Особенно это заметно, если нагрузка имеет большое количество импульсных блоков питания (в том числе и светодиодные драйверы).

Помните, каждая коммутация и каждое срабатывание автоматического выключателя "съедает" его ресурс.

Класс токоограничения. Указывается в виде цифры в квадратике. Класс токоограничения, если упрощать, говорит о количестве электричества, которое успеет пройти через автоматический выключатель при коротком замыкании прежде, чем он отключит цепь и о быстродействии. **Всего классов три 1,2,3.**

Автоматические выключатели с разной отключающей способностью изнутри.



Селективность

При последовательном соединении автоматов защиты подбором их характеристик можно добиться селективности – свойству срабатывать защите, расположенной ближе всего к повреждению, без срабатывания вышестоящей.

Можно воспользоваться специальными таблицами, которые есть у многих производителей, и подобрать пары автоматических выключателей, которые при перегрузке будут обеспечивать селективность. Однако обеспечить полную селективность автоматических выключателей при коротком замыкании нельзя.

Поэтому чаще всего речь идёт о частичной селективности. То есть, при токах меньше тока селективности, автоматы будут срабатывать, как задумано. При токах больше сработать могут оба устройства защиты. В бытовой серии модульных автоматических выключателей обеспечивать селективность, даже частичную, довольно трудно. Каким будет ток короткого замыкания, предсказать сложно. Если коротнёт включенный в длинную переноску перфоратор – то, возможно, селективность обеспечится. Если замкнется включенная в настенную розетку зарядка от телефона, то может выбить все автоматы, вплоть до вводного.