



# Селективность в домашнем щите: как достичь невозможного?

В предыдущей статье журнала (№6 за 2002 год) я подробно рассказал, что такое ток короткого замыкания и какое значение они имеет для всех, кто причастен к электротехнической науке. Что касается практической электротехники, в журнале №2 за этот год я на примере своей квартиры и дачи измерил реальный ток короткого замыкания тремя способами. Сегодня — завершающая статья из этого цикла статей. Я расскажу, что такое селективность, и как на нее влияет значение тока короткого замыкания. Рассмотрим, когда можно, а когда невозможно обеспечить селективность, и чем это может грозить. Приготовьтесь — для полноты изложения пришлось детально разобрать некоторые теоретические вопросы.

**В** реальной жизни отсутствие селективности может привести к очень неприятным последствиям. Например, из-за замыкания в удлинителе, передавленного шкафом, может произойти отключение всей квартиры. Далее зависит от ситуации. Если никого дома нет, возможно размораживание холодильника с порчей продуктов. Могут быть последствия еще хуже — если дело происходит зимой в частном доме, из-за остановки насоса вполне вероятно заморозка воды в отопительной системе со всеми вытекающими последствиями...

## Что такое селективность?

Применительно к автоматическим выключателям (АВ), включенным в последовательную цепь, селективностью называется способность отклю-

чения только аварийной линии, без отключения вышестоящего (вводного) выключателя.

Вместо термина «селективность» иногда используют понятие «избирательность».

Иными словами, в двухступенчатой схеме защиты, которая используется в подавляющем большинстве случаев, при возникновении сверхтока должен отключиться только нижестоящий выключатель, питающий проблемную линию, а вводной выключатель, через который питаются другие линии, которые «ни в чем не виноваты», должен продолжать исправно работать и пропускать через себя ток.

Привожу схему, поясняющую селективную работу последовательно включенных автоматических выключателей.

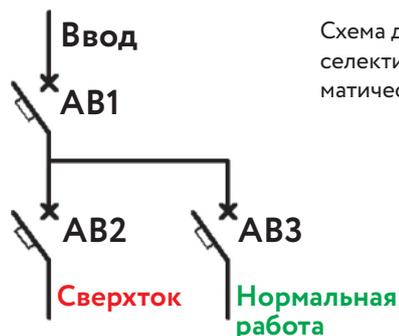


Схема для иллюстрации селективной работы автоматических выключателей

При возникновении сверхтока в линии, которая питается через автоматический выключатель АВ2, вводной АВ1 должен продолжать работать во включенном состоянии, питая остальные линии (АВ3).

Как обычно, гладко бывает только на бумаге, поскольку на практике такая селективность зависит от нескольких факторов:

- от величины (диапазона значений) сверхтока, который возник в результате нештатной ситуации;
- от соотношения номиналов вышестоящего и нижестоящего АВ;
- от характеристик отключения (время-токовых характеристик) электромагнитных расцепителей АВ (В, С, D).

Кроме того, следует учитывать, что на практике мы имеем дело не с графиками и нормами ГОСТ, а с реальными устройствами, которые могут иметь разброс параметров в определенном диапазоне.

## Что такое сверхток?

Сверхток, как известно — это любой ток, который превышает номинальный. Максимальное его значение на практике можно считать равным току КЗ.

Обычно номинальным током цепи считают номинальный ток «нижнего» по схеме автоматического выключателя, который ограничивает ток в этой цепи. Разумеется, если расчет схемы проведен верно, и автоматический выключатель является тем самым слабым звеном, которое разорвет цепь при сверхтоке.

Все значения сверхтока условно делят на две части — **ток перегрузки** и **ток короткого замыкания**. Это деление пошло из-за того, что за каждый из этих токов «отвечает» свой расцепитель внутри автоматического выключателя. Током перегрузки принято называть ток, от которого срабатывает тепловой расцепитель (биметаллическая пластина), который работает сравнительно инерционно. Током короткого замыкания называют такие величины сверхтока, при которых защиту цепи

обеспечивает электромагнитный (ЭМ) расцепитель, работающий гораздо быстрее теплового.

Следует отличать три понятия — явление короткого замыкания, ток КЗ как измеренный параметр электросети в данной точке, и ток КЗ как область работы автоматического выключателя, при котором срабатывает электромагнитный расцепитель. Ох уж эти вольности в терминологии!

## Что такое время-токовые характеристики?

Надеясь на подготовленность читателя, буду краток, и расскажу только то, что касается темы статьи. Буквы В, С и D — это главная характеристика электромагнитного расцепителя. Буквой обозначается диапазон токов мгновенного расцепления. В начале этого диапазона ЭМ расцепитель **не должен сработать**, в пределах диапазона — **может сработать**, а при сверхтоке, равном верхнему краю диапазона (и больше) — **должен сработать**. Границы диапазонов можно проиллюстрировать на упрощенных графиках для трех АВ с одинаковым номинальным током 10 А, но с разными характеристиками отключения:

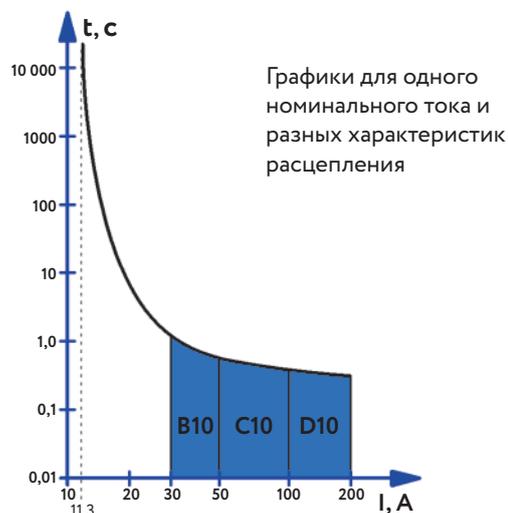


График работы теплового расцепителя, показанный плавной жирной линией, одинаков для всех трех автоматических выключателей. А вот диапазоны токов мгновенного расцепления (закрашены синим) — разные.

При сверхтоке до 11,3 А три наших выключателя выключаться не должны никогда. При увеличении тока время выключения уменьшается вплоть до секунд, а при работе в так называемой зоне токов КЗ время выключения может составлять десятки и даже единицы миллисекунд. Все токи, которые превышают отмеченные диапазоны, должны приводить к мгновенному расцеплению.

Подробно о время-токовых характеристиках автоматических выключателей можно узнать в ГОСТ IEC 60898-1-2020.

### Селективность и сверхток — какая связь?

Селективность может быть **полной**, когда вышестоящий АВ не отключится при любом токе КЗ, который ограничен отключающей способностью нижестоящего АВ.

На практике при использовании модульных автоматических выключателей удается достичь только **частичной** селективности, которая обеспечивается лишь в некотором диапазоне значений сверхтока. Верхняя граница зоны частичной селективности называется **предельным током селективности  $I_s$** . Частичная селективность по току будет обеспечена, если сверхток не будет больше тока селективности  $I_s$ .

Максимальный сверхток в конкретной точке схемы равен току КЗ  $I_{кз}$ . Поэтому на практике можно считать, что полная селективность работы последовательно включенных АВ обеспечивается при  $I_{кз} \leq I_s$ , а частичная — при  $I_{кз} > I_s$ .

Когда селективность обеспечена, то в случае возникновения сверхтока ничего страшного не произойдет — просто сработает автомат проблемной линии, а остальные линии продолжают работать, как ни в чем не бывало.

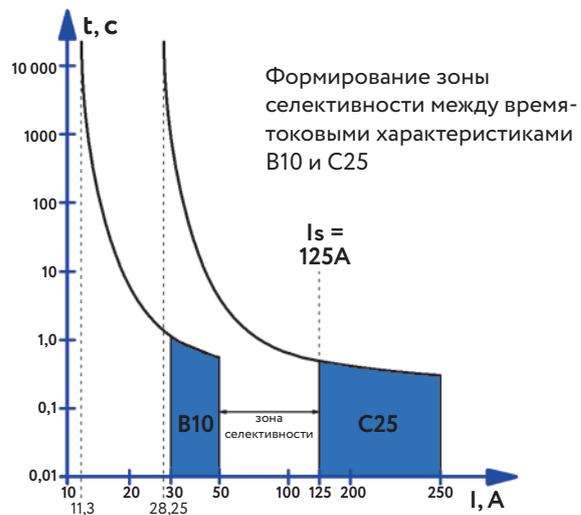
В зоне токов перегрузки можно говорить о **времятоковой** селективности, поскольку на селективность влияет и уровень сверхтока, и время его действия. Но в зоне токов КЗ имеется только **токовая** селективность, поскольку время срабатывания электромагнитных расцепителей всех характеристик одинаково.

Официальные определения по теме селективности можно прочитать в ГОСТ Р 50030.2-2010 (в частности, в п. 2.17).

### Пример обеспечения селективности

Для примера посмотрим, как будут выглядеть на одном графике время-токовые характеристики двух АВ — с номинальным током 10 А и характеристикой «В» (В10, мы про него говорили выше) и с номинальным током 25 А и характеристикой «С» (С25). Если эти автоматические выключатели включить последовательно, зона селективности

будет располагаться между их диапазонами токов мгновенного расцепления. То есть, селективность и нормальная работа схемы будет обеспечиваться при сверхтоках от 50 до 125 А:



Благодаря графическому представлению ВТХ мы видим, что предельный ток селективности равен минимальному току мгновенного расцепления — 125 А. В случае, если ожидаемый ток КЗ (максимально возможный сверхток) в точке замыкания меньше 125 А, можно говорить о полной селективности — при любом сверхтоке от 50 до 125 А нижестоящий автомат (В10) отключится мгновенно, а вышестоящий (С25) останется включенным. Тут все ясно.

Но что же будет при сверхтоках менее 50 А? Тут изменится лишь то, что время отключения может быть больше — это ясно из графика. Однако, такие сверхтоки на практике встречаются редко, а ток КЗ 50 А говорит о том, что проводку надо менять — она не может обеспечить нормальное электропитание и пожаробезопасность.

Тут может возникнуть закономерный вопрос — а для чего же выключателю С25 электромагнитный расцепитель, если он при токах менее 125 А не функционирует?

Ответ можно дать, посмотрев на такую схему:



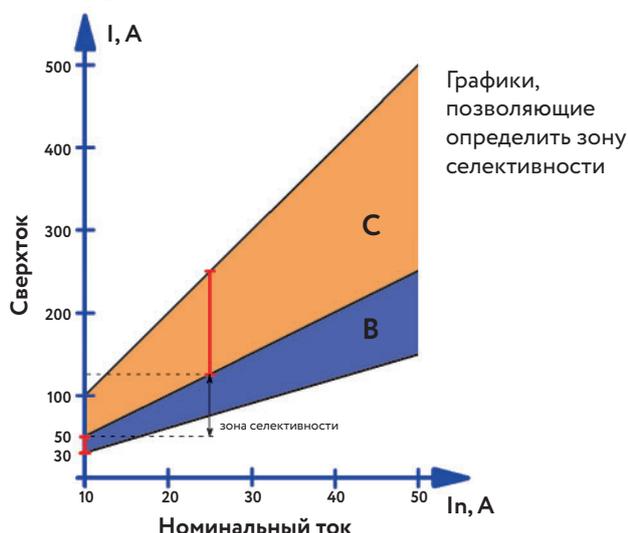
До сих пор мы говорили о токе КЗ в конце кабельной линии, в районе нагрузки. Этот ток обозначен как  $I_{кз2}$ . Но в электрощите, где установлены оба автоматических выключателя, ток КЗ, обозначенный как  $I_{кз1}$ , может быть ощутимо выше. В нашем случае в щитке он может быть более 200 А. И если замыкание происходит в щитке после вводного АВ (а это бывает в основном из-за человеческого фактора), он мгновенно выключится.

Поэтому, если устроите КЗ в щитке сразу после группового автомата АВ2, не удивляйтесь, что выбило оба автомата — ведь условие селективности не выполняется.

Кстати, во многие светлые головы, изучающие тему селективности, приходит гениальная идея — установить на вводе автомат с характеристикой «D». Да, селективность будет прекрасной — примерно такой же, как если установить на вводе рубильник. Ведь в случае низкого тока КЗ такой автомат будет бесполезен.

## Графики селективности

Графики ВТХ, которые я привел для наглядной демонстрации зоны селективности, относятся только к двум определенным автоматическим выключателям — С25 и В10. Предлагаю пойти дальше, и построить универсальные графики, по которым можно определить зоны селективности для любых пар автоматов.



Оранжевая зона на графиках — диапазон токов мгновенного расцепления для характеристики «С», синяя — для характеристики «В». Графиком пользоваться просто. Например, выбираем уже известную нам пару С25-В10. На графиках красными отрезками обозначены их «збыкие зоны», до которых они **не должны** сработать при КЗ, а **после** которых — **должны**. Между этими зонами проводим пунктиры, которые и будут обозначать границу зоны селективности.

График универсален — по нему можно графически определить зону селективности пары автоматов любых номиналов.

## Таблицы селективности

Я бы мог построить более подробный график селективности с учетом ряда номиналов, выпускаемых АВ. Но большинство производителей уже позаботились об этом вопросе, и привели на своих сайтах таблицы селективности. Эти таблицы удобнее графиков из-за обилия информации.

В таблицах селективности приводятся все модели и номиналы выпускаемых автоматических выключателей. Зная номинальные токи и характеристики отключения, можно определить предельный ток селективности. Можно решить и обратную задачу — зная ток КЗ в электрощите и ток КЗ в конце защищаемой линии, выбрать по таблицам модели вводного и группового АВ, которые смогут обеспечить селективность в данном случае.

## Выводы

Стоит помнить о том, что если вопрос селективности между модульными АВ стоит остро, нужно выполнение условий:

- должны быть известны токи КЗ в щите и в районе нагрузки;
- номинальные токи последовательно включенных АВ должны отличаться не менее чем в 2,5 раза;
- «токовое расстояние» между крайними точками диапазонов мгновенного расцепления должно быть таким, чтобы токи отличались не менее чем в 2 раза.

На практике селективность при коротких замыканиях при помощи модульных АВ обеспечить удается далеко не всегда. Этот пессимизм оправдан несколькими уважительными причинами:

- высокий ток КЗ, превышающий предельный ток селективности ( $I_{кз} > I_s$ );
- ограничение номинала вводного АВ по требованию энергоснабжающей организации;
- ограничение номиналов групповых АВ, исходя из сечения кабелей и мощности нагрузок.

На промышленных предприятиях, где отсутствие селективности может привести к остановке технологического процесса и большим материальным потерям, используют автоматические выключатели категории В (не путайте с характеристикой отключения «В»!) либо с электронными расцепителями. В результате в зоне токов короткого замыкания появляется возможность обеспечения полной селективности.

Текст: Александр ЯРОШЕНКО,  
автор блога SamElectric.ru