

Автоматы «В» — в каждый домашний щиток!

Сейчас настали такие времена, что ценность человеческой жизни стала главным приоритетом, и в то же время бывают перегибы — безопасностью оправдывают многие ограничения и нововведения. Сегодня снова поговорим о электробезопасности, которую обеспечивает домашний электрощиток, через призму знаний о токе короткого замыкания. Да, я поднимаю эту тему не в первый раз. Но не спешите перелистывать страницы журнала! Тема касается каждого — ведь это тема безопасности! Спойлер: я докажу, что щитки, укомплектованные автоматами с характеристикой «В», гораздо более предпочтительны для наших домов и квартир.

За последние годы в электротехнической сфере введены некоторые ограничения и нововведения, которые служат, прежде всего, двум целям — сохранение жизни человека и сохранение жизни оборудования (от общего к частному — электросетей, электроустановок, нагрузки). Благо, современные технологии и устройства позволяют обеспечить безопасность и людей, и проводов.

Вот неполный список защит в наших электрощитках, о которых я говорю:

- автоматические выключатели (АВ), которые выключают питание при перегрузках и коротких замыканиях. Это — единственное устройство в наших электрощитках, установка которого строго обязательна в любом случае;
- устройства защитного отключения (УЗО), или, по-новомодному, выключатели дифференциального тока (ВДТ), которые выключают питание при появлении опасного значения дифференциального тока (его появление означает, что на корпусах приборов может возникнуть опасный и даже смертельный потенциал для человека). Сюда же можно отнести и АВДТ (автоматические выключатели дифференциального тока), которые являются гибридами АВ и ВДТ;
- реле напряжения, которые выключают питание и защищают таким образом оборудование от повышенного и пониженного напряжения;
- устройства защиты от дугового пробоя (УЗДП) или устройства защиты от искрения (УЗИС), которые выключают питание при подожрении на искрение любого вида, даже при небольшом токе;
- устройства защиты от импульсного перенапряжения (УЗИП) или ограничители перенапряжения (ОПН), купирующие по мере сил мощные кратковременные скачки напряжения, которые могут быть вызваны природными или техногенными причинами. В зависимости от конфигурации

схемы, питание в этом случае тоже, как правило, отключается.

С одной стороны, народ стал побогаче, и сейчас многие могут себе позволить электронные штуки, о которых раньше можно было только мечтать. С другой — эти «штуки» стали доступнее по цене и наличию.

Некоторые говорят, что это «развод клиента на деньги», но я с этим не согласен. Если клиент ценит свою жизнь, готов платить за это, и понимает, что это и для чего — нужно ставить все возможные защиты.

Важно, что установка любой защиты должно быть оправдана, а ее характеристики тщательно просчитаны. Ведь никакая, даже самая нужная защита, не должна быть излишне сложной и портить нервы из-за ложных срабатываний.

Среди неграмотных электриков есть такой критерий выбора автомата — «Чтоб не выбивал».

В статье поговорим о том, как максимально эффективно защитить электроприборы и электропроводку от короткого замыкания (КЗ). Делается это благодаря нововведению, которое с большим трудом входит в нашу жизнь, не смотря на копеечные затраты. Виной тому — косность российского менталитета, его невежество и страхи. Которые я развею в этой статье.

Для полноты восприятия рекомендую ознакомиться с моими предыдущими статьями на эту тему — **Ток КЗ: размер имеет значение и Селективность в домашнем щите: как достичь невозможного.**

Для начала, как обычно, немного вводной информации.

Береги кабель, Саня!

К вопросу об ограничениях стоит упомянуть о том, что ужесточились требования к тепловому режиму кабелей. Хотя я и не припомню изменений в нормативно-технической документации (НТД), из-за которых это могло произойти. Зато я прекрасно помню удивленно-возмущенные глаза «старшего» электрика Иваныча на одном из моих первых объектов, когда он мне говорил: «Какие 16? всю жизнь на розетки ставили 25 Ампер! Не умничай!» А сейчас ставить 16 А на розеточные линии с сечением по меди 2,5 мм² — норма.

Считаю, это произошло по двум причинам:

- Раньше на одном автомате 25 А могло висеть пол квартиры, а это — несколько розеток, плюс несколько лампочек накаливания. Это было по бедности — так можно сэкономить и на проводах, и на автоматах, которых на квартиру было обычно 2 или 3. В этом случае ток на линии был сравнительно большим, и при номинале 16 А были бы сравнительно частые отключения из-за перегрузки. Поэтому был найден такой компромисс. Сейчас на одном автомате 16 А обычно «висят» максимум 3 розетки, а освещение подключают отдельно.
- Больше стало уделяться внимания живучести и надежности кабеля. Основное, от чего зависит срок эксплуатации кабеля — его рабочая температура. Точнее, границы перепада температур и периодичность этих перепадов. Чем чаще и больше перепады (чем чаще и больше нагревается жила) — тем быстрее сохнет и теряет сопротивление изоляция, и быстрее ухудшаются контакты в местах соединений. Основной фактор, влияющий на нагрев жилы — ток. Отсюда логичный вывод — ограничивая ток, мы ограничиваем возможный нагрев и увеличиваем срок службы кабеля. В этом смысле получается, что для защиты кабеля сечением 2,5 мм² автомат с номиналом 16 А имеет приоритет перед 20 А и тем более 25 А.

Допустимая температура нагрева жил кабеля для большинства кабелей составляет 70°C. Подробнее — в ГОСТ 31996-2012. О сечениях и сопротивлениях токопроводящих жил сказано в ГОСТ 22483-2012.

Кроме того, в новых нормах (СП 256.1325800.2016, изменение 3 от 2019 года, таблица 15.3) сказано, что кабель розеточной группы не может быть сечением менее 2,5 мм². То есть, на кабеле сэкономить теперь никак не получится, даже если на этой линии «висит» холодильник мощностью 200 Вт, а номинал автомата — 6 А. Если линия на розетки проложена кабелем с алюминиевыми жилами, его сечение должно быть не менее 4 мм².

Алюминиевый кабель меняет свои свойства и скоро может официально появиться в наших жилищах. Читайте об этом в предыдущем номере журнала.

На примере кабеля можно сказать, что режимы работы многих компонентов электросетей стали более щадящими, а сами компоненты — лучше защищены.

Защита от короткого замыкания

Самый важный момент в этом вопросе — при таком грозном явлении, как КЗ, взоры всех обитателей квартиры с надеждой обращены к электромагнитному расцепителю, который является неотъемлемой частью каждого современного автоматического выключателя. Именно он спасает всех участников электроцепи — от места КЗ до клемм АВ.

Какие гарантии может предоставить нам автомат в случае КЗ? Для ответа на этот вопрос принципиально важно знать соотношение тока КЗ и «номинала» электромагнитного (ЭМ) расцепителя (кратность тока). Главное и единственное условие выключения цепи при таких инцидентах — ток срабатывания ЭМ расцепителя при любом раскладе должен быть меньше, чем ожидаемый ток КЗ.

Иначе за дело придется взяться тепловому расцепителю, а он работает неохотно, с ленцой — в отличие от своего электромагнитного напарника. В результате за несколько томительных секунд, пока тепловой расцепитель даст команду на размыкание, может произойти непоправимое. Например, выгорит скрутка алюминия с медью, которую сделал молодой таджикский плиточник, когда переносил розетку в ванной.

Зная ожидаемый ток КЗ и характеристику расцепления (в случае с домашним щитком это «В» или «С»), мы можем точно сказать, сможет ли автомат спасти ситуацию в случае короткого замыкания (мы говорили об этом в других статьях). Но ток КЗ в большинстве случаев мы знаем лишь приблизительно — ведь он может измениться непредсказуемо от многих факторов. Что же делать?

Мой ответ таков. Мы перестраховываемся с кабелем, занижая ожидаемый ток (ограничивая его) при помощи номинального тока АВ. Но номинал автомата понизить не всегда возможно — он «упирается» в номинальный ток, потребляемый нагрузкой. Значит, нужно занизить «номинал» ЭМ расцепителя. Но сделать это надо с умом — так, чтобы обеспечить разрыв цепи при экстремально низких токах КЗ, в то же время ни в чем не ограничивая нагрузку. Логичная перестраховка?

Иными словами, нужно «понизить букву» электромагнитного расцепителя с «С» на «В», чтобы получить больше гарантий отключения при КЗ. Как это сделать, обеспечив максимальную защиту, и в то же время исключив ложные срабатывания? Ответ будет в этой статье.

Отличия характеристик «В» и «С»

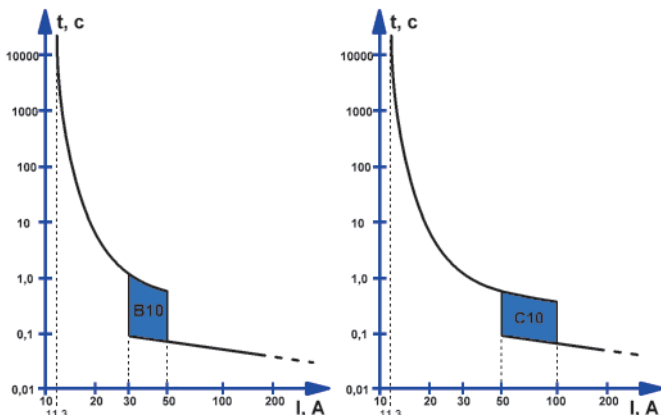
Зачем нужны разные защитные характеристики автоматов? Отличия на первый взгляд незначительные — лишь в порогах отключения электромагнитного расцепителя. При этом тепловые расцепители при том же номинальном токе не отличаются. В чем же разница?

Возьмем для сравнения два автоматических выключателя с одинаковым номинальным током 10 А. Видите разницу?



Представители автоматических выключателей семейств «В» и «С» с номинальным током 10 А

Давайте пристально посмотрим на время-токовые характеристики (ВТХ) этих двух экземпляров (данные можно взять в каталоге производителя или в ГОСТ ИЕС 60898-1-2020):



Время-токовые характеристики автоматических выключателей с типом мгновенного расцепления «В» и «С» с номинальным током 10 А

У ВТХ «В» (слева) электромагнитный расцепитель отключается (размыкает контакты), начиная от сверхтока в 3...5 раз больше номинального. Это означает, что в данном случае автомат **может** выключиться при сверхтоке более 30 А. А **должен** выключиться при токах 50 А и выше.

ВТХ «С» (справа) отличается лишь током, начиная с которого он **может и должен** выключиться — соответственно 50 и 100 А.

Время размыкания электромагнитного расцепителя (а значит, отключения цепи по короткому замыканию) должно быть менее 0,1 с. Что и показано на обоих графиках. Реальное время отключения АВ при КЗ на порядок меньше (около 0,01 с), а это только плюс. Ведь за пол периода напряжения в случае КЗ вряд ли что-то сможет повредиться или загореться. Фигурально выражаясь, ЭМ расцепитель является «самым слабым звеном» в цепи, которое предназначено соответствовать пословице «где тонко, там и рвется».

По какой причине срабатывает автомат?

Напоминаю — мы рассматриваем только электромагнитный расцепитель, к которому относятся понятия «В» и «С». Он может сработать от сверхтока в двух случаях:

- короткое замыкание;
- большой пусковой ток.

Автомату все равно, как образовался сверхток. Но давайте не будем автоматами, и рассмотрим каждый вариант подробнее.

Автомат выключается из-за короткого замыкания

Как определить, из-за чего выключился автомат — из-за перегрузки, или из-за короткого замыкания (КЗ)?

Под выключением в результате перегрузки обычно понимают любой сверхток, который привел к активации теплового расцепителя. А выключением автомата по КЗ можно считать случай, когда через автомат протекал такой сверхток, который привел в действие электромагнитный расцепитель.

Почему так важно, чтобы автомат выключался при КЗ как можно раньше? Ток КЗ — это, по сути, максимальная перегрузка, какая только может быть на данном участке цепи. Но ток короткого замыкания не бесконечен — он определяется сопротивлением цепи от подстанции до места замыкания.

Если сопротивление проводов и переходное сопротивление контактов велико (а в частном секторе это — сплошь и рядом!), ток при КЗ где-нибудь в переноске может быть всего лишь 100 А.

Если наименьший автомат защиты установлен на 25 А с типом защитной характеристики С, электромагнитная защита сработает (как повезет!) при токе от 125 до 250 А. То есть, не сработает вообще!

Выручит тепловой расцепитель, но время его реакции может быть от 2 до 10 с. А за это время от искр и пламени из злополучной переноски может загореться что угодно.

Автомат выключается из-за пускового тока

Ток, при котором срабатывает электромагнитный расцепитель, на практике может получиться не только в результате короткого замыкания. Кратковременное превышение тока в несколько раз может произойти при пуске различных инерционных устройств. Такой ток называют пусковым.

Как правило, пусковой ток электроприбора превышает номинальный, иногда в несколько раз. Численно пусковой (I_n) и номинальный (I_n) токи связаны через коэффициент кратности пускового тока K_n : $I_n = I_n \cdot K_n$, где $K_n > 1$.

Пусковой ток отличается от тока перегрузки тем, что он имеет очень небольшое время действия (от 0,01 до 0,1 с), за которое точно не успеет сработать тепловой расцепитель. За это время на него может отреагировать только ЭМ расцепитель.

В некоторых источниках указана длительность пускового тока в несколько секунд. Но там авторы лукавят — в конце этого времени ток сложно назвать пусковым, т. к. он почти равен номинальному.

Пусковые токи больше всего у нагрузок с электродвигателями, а также у устройств, имеющих в своих блоках питания конденсаторы фильтров помех и электролитические конденсаторы, а это практически вся электронная техника, начиная от светодиодных лампочек и заканчивая персональными компьютерами.

Пусковой ток — главный аргумент противников установки автоматов с типом мгновенного расцепления (характеристикой) «В». Хотите об этом поговорить? Пожалуйста!

Что делать, чтобы автомат не выключался от пускового тока?

У автоматического выключателя, как и у любого защитного устройства, суть работы заключается в том, чтобы в полной мере обеспечить защиту, но в то же время минимизировать вероятность ложного срабатывания. Поскольку пусковые токи — большие или малые — есть всегда, нужно для начала определить, чему они равны численно. Я составил таблицу, показывающую реальные пусковые токи различных бытовых устройств.

Таблица пусковых токов различных бытовых нагрузок

Прибор	Ном. мощность, Вт	Ном. ток, А	Кратность пускового тока	Пусковой ток, А
Лампа накаливания	100	0,45	10	4,5
Лампа светодиодная	10	0,045	100	4,5
Холодильник	300	1,4	5	6,8
Электроника (ТВ, компьютер)	500	2,3	5	11,4
Погружной насос	500	2,3	7	15,9
Мясорубка, кух.комбайн	1000	4,5	7	31,8
Стиральная машина	2000	9,1	3	27,3
Кондиционер	2000	9,1	3	27,3
Пылесос	2500	11,4	3	34,1

Для таблицы я взял нагрузки с мощностью больше средней, и привел ориентировочные пусковые токи. Проанализируем.

Лампочки накаливания обладают значительным пусковым током за счет физических свойств вольфрамовой спирали — в холодном состоянии ее сопротивление гораздо ниже, чем в горячем. Но что означают цифры в таблице?

Представим, что у нас есть пятирожковая люстра с общей мощностью ламп накаливания 500 Вт, которые включаются одновременно. Пусковой ток будет достигать 25 А. Много ли это? Согласно ПУЭ-7 (таблица 7.1.1) и СП 256.1325800.2016 (таблица 15.3), минимальное сечение медных токопроводящих жил должно быть равно 1,5 мм². Для надежной защиты такого кабеля нужен АВ с номиналом не более 10 А. Если установить АВ с характеристикой «В», он может выключиться при пусковых токах более 30 А. Нужен ли тут АВ «С»? Нет.

Светодиодная лампочка или прожектор устроен так, что в момент включения драйвер потребляет огромный ток. Производители стараются делать пуск таких ламп более плавным, но компромисс между пусковым током и КПД светодиодной лампы обычно выбирается на значении $K_n = 50...150$. Спасает ситуацию низкий номинальный ток таких ламп.

Если необходимо включить сразу много таких ламп, приходится идти на ухищрения и предварительные расчеты, на основе данных от производителя. Вот несколько способов, как уменьшить пусковой ток при включении большого количества светодиодных ламп:

- разбить лампы на группы, которые включаются через один автомат, но в разное время;
- разбить лампы на группы, которые включаются в одно время, но от разных автоматов;
- использовать устройства, понижающие пусковой ток в момент включения. Например — реле ограничения пускового тока МРП.

Все нагрузки, которые я рассматриваю далее, подключаются к розеточным линиям, для которых минимальное сечение жил в кабеле — 2,5 мм². А значит, не смотря на категоричное мнение Ивана, максимальный автомат мы ставим на 16 А.

Холодильник, не смотря на двигатель, имеет сравнительно небольшой пусковой ток, который даже при самом неблагоприятном раскладе не превысит 10 А.

Электроника, как я уже говорил, обладает за счет входных конденсаторов большим пусковым током. Однако, этот факт нивелируется тем, что большинство современной электроники при подаче питания работает в режиме ожидания (Standby), потребление в котором гораздо ниже номинала. Для уменьшения негатива нужно делать то же, что и со светодиодным освещением — разные приборы включать в разное время в разные розетки, которые питаются от разных автоматов.

Погружной насос, а также другая техника, где рабочий элемент закреплен непосредственно на валу двигателя, имеет самый высокий пусковой ток. Но что говорят цифры? Даже сравнительно мощный насос на 500 Вт при пуске потребляет ток не более 16 А. Значит, мы можем не только поставить автомат с характеристикой «В», но и понизить его номинал до 10 и даже 6 А! Это благотворно скажется на защите насоса — больше шансов, что автомат отключит питание при заклинивании крыльчатки (недавно мне рассказывали, что в насосе застряла крыса). Учтите также, что часто насос питается через кабель длиной десятки метров.

Стиральная машина и кондиционер редко потребляют электрическую мощность больше 2000 Вт. Но даже при такой мощности пусковой ток у них небольшой, поскольку на электродвигатель приходится только часть потребления, а питаются они не напрямую, а через схемы плавного пуска.

Мясорубка, кухонный комбайн, пылесос и подобная техника также имеют электродвигатель, который потребляет значительный пусковой ток. Но самым большим этот ток будет только в крайнем случае — при включении на максимальной скорости в устройствах без редуктора. Только тогда пусковой ток с небольшой вероятностью будет обоснованием для отказа от характеристики «В» в пользу «С».

Пусковые токи уменьшаются

Большинство производителей знают о вреде и опасностях, которые несет пусковой ток. Вот что они делают, чтобы его уменьшить.

- На входе питания электронных устройств устанавливают NTC-термистор (терморезистор), который за счет своих физических свойств имеет большое сопротивление в холодном состоянии. Конечно, это не панацея, и есть ограничения по

их использованию, связанные с понижением КПД устройства в целом.

- Инверторное питание для плавного пуска. Под этим я подразумеваю питание двигателей через полупроводниковые пускатели. Преобразователи частоты, устройства плавного пуска и гордая надпись «Inverter» — из этой оперы.

- Питание с задержкой через реле. В этом случае вначале подается часть питания, а через доли секунды — 100%. Я писал об этом выше и приводил в пример реле МРП.

- Повышение $\cos \varphi$ и уменьшение гармоник и реактивной составляющей питающего тока также вносит вклад в общее дело.

К счастью, пусковые токи, в отличие от номинальных, в большинстве случаев не действуют одновременно. Если вы включаете питание в квартире, лучше не делайте это посредством главного (вводного) выключателя. Правило хорошего тона — подавать питание последовательно, включая групповые автоматы один за другим.

Что говорится в НТД?

Прямого нормативно-технического документа, запрещающего, обязывающего или ограничивающего применение автоматов с характеристикой «В», нет. Все основывается на измерениях и расчетах. Если позволяет петля «фаза-ноль» (ток КЗ), то можно устанавливать любую характеристику (В, С, D).

Точнее говоря, характеристика «D» не разрешена к применению в жилых помещениях. В ГОСТ 32395-2020 «Щитки распределительные для жилых зданий» (а также более ранней его версии от 2013 г) говорится только про характеристики отключения «В» и «С». Характеристика «D» в быту не применяется еще и потому, что она просто напросто бессмысленна — там нет и не может быть больших пусковых токов, превышающих номинальный в 10...20 раз.

Характеристика D упоминается (а значит, допускается) только в ГОСТ 32397-2020 «Щитки распределительные для производственных и общественных зданий».

Кстати, используя «В» в групповых линиях, проще всего расширить зону селективности в домашнем щитке и увеличить надежность домашней энергосистемы.

Также в ПУЭ-7 (п. 1.7.79, 7.1.72) есть требование к автоматическим выключателям — если ток короткого замыкания не обеспечивает отключение автомата за время 0,4 секунды, то требуется установка УЗО. Не хочешь ставить УЗО — подбирай автоматы по номиналу и характеристике. Фактически — это требование, чтобы при КЗ срабатывал именно ЭМ расцепитель. Ведь только он может обеспечить такое время отключения.

Для примера: ток КЗ в розеточной сети — 100 А. Автомат С16 не подойдет ($16 \times 10 \times 1,1 = 176$ А). Что можно сделать:

- Установить автомат меньшего номинала в ущерб мощности. Но в данном случае даже С10 подойдет с большой натяжкой: $10 \times 10 \times 1,1 = 110$ А.
- Увеличить сечение кабеля. В данном случае — вместо 2,5 проложить 4 мм². Думаю, не надо объяснять, как трудно это бывает реализовать на практике. Да и не факт, что это мероприятие приведет к желаемому результату.
- Установить автомат В16 ($16 \times 5 \times 1,1 = 88$ А). Бинго!

Когда какой автомат отключится?

Для удобства я составил таблицу токов отключения самых ходовых в быту номиналов, характеристик «В» и «С»:

Таблица токов отключения по КЗ для АВ разных номиналов и характеристик отключения

Хар-ка	В		С	
	In, А	3In, А	5In, А	10In, А
6	18	30	30	60
10	30	50	50	100
16	48	80	80	160
25	75	125	125	250

Есть два пути пользования этой таблицей — исходя из имеющегося автомата, либо исходя из измеренного тока КЗ. Например, автомат С16 при сверхтоке 80 А (5In) отключится медленно, только по тепловому расцеплению. А при 160 А (10In) — отключится мгновенно (менее 0,1 с), что и требуется при КЗ.

И напоследок —

Какова цена вопроса?

Противники автоматов «В» утверждают, что цена электрощитков может взлететь до небес. Да и не найти такие девайсы в продаже. Их опасения легко разбиваются о факты. Вот сравнительная таблица для автоматов «В» и «С» двух противоположных по качеству брендов (по информации известного онлайн-магазина):

Сравнение цен автоматов «В» и «С»

In, А	ABB S201 6 кА		ЕКФ ВА47-29 4,5 кА	
	В	С	В	С
6	782	634	160	115
10	594	506	134	116
13	630	1048	—	—
16	547	462	140	99
20	564	569	126	120
25	564	553	102	115
32	744	635	120	117

Неужели разница в цене 5–10% что-то решает?

Нет в наличии? Не знаю, как у вас, а в моей провинции нужное модульное оборудование — в самом широком ассортименте.



А как у них?

По неподтвержденной информации, в продвинутых в технологическом плане странах давно по умолчанию устанавливаются автоматы «В». Чтобы поставить «С», нужно расчетное обоснование. Посмотрите на фото, которое прислал мне друг из Германии:



Примерно такие щитки устанавливают там в бюджетных квартирах. Вводная коммутация и УЗО — на лестничной площадке.

Надеюсь, я доказал (или дал пищу для ума), что на линии розеток и освещения целесообразно устанавливать автоматические выключатели с характеристикой «В». Ведь их установка в бытовых щитках (при том же ампераже, что и «С») в большинстве случаев ведет к существенному повышению электро- пожарной безопасности. Уверен, что придут времена, когда этот приоритет будет прописан в российской нормативно-технической документации.

Текст: Александр ЯРОШЕНКО,
автор блога SamElectric.ru