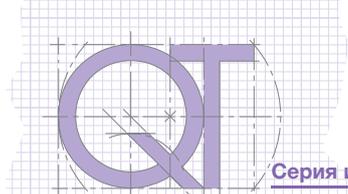


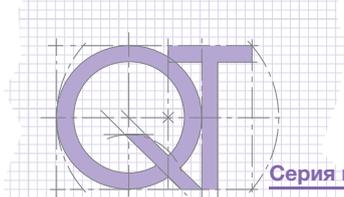
Низковольтное оборудование.
Автоматические выключатели АББ
для применений на постоянном токе.
Серия инженера-конструктора.



Автоматические выключатели АББ для применений на постоянном токе

Содержание

1 Введение	2	6.3 Сеть с заземлённой средней точкой источника питания.....	18
2 Общие положения о постоянном токе	3	7 Выбор защитного устройства	20
3 Применения	5	8 Использование оборудования переменного тока на постоянном токе	
3.1 Преобразование различных энергий в электрическую	5	8.1 Изменение магнитного срабатывания	33
3.2 Электрическая тяга	7	8.2 Параллельное соединение полюсов автоматического выключателя	35
3.3 Питание аварийных или вспомогательных служб	8	9 Предложение АББ	
3.4 Специфические промышленные применения	8	9.1 Автоматические выключатели	36
4 Генерация	9	9.2 Выключатели-разъединители	43
4.1 Аккумуляторные батареи	9	Приложение А: Системы распределения постоянного тока	44
4.2 Статическое преобразование	10	Приложение В: Расчёт токов короткого замыкания.....	47
4.3 Динамо-машина	11	Приложение С: Автоматические выключатели и разъединители для применений до 1000 В пост. тока.....	50
5 Замечания по отключению тока	12	Глоссарий	54
6 Топологии сетей постоянного тока			
6.1 Сеть, изолированная от земли	14		
6.2 Сеть с одной заземленной полярностью	16		



1 Введение

Постоянный ток, который всегда был одним из главных способов передачи и распределения электрической энергии, и сейчас широко используется в электроустановках, питающих специфические промышленные применения.

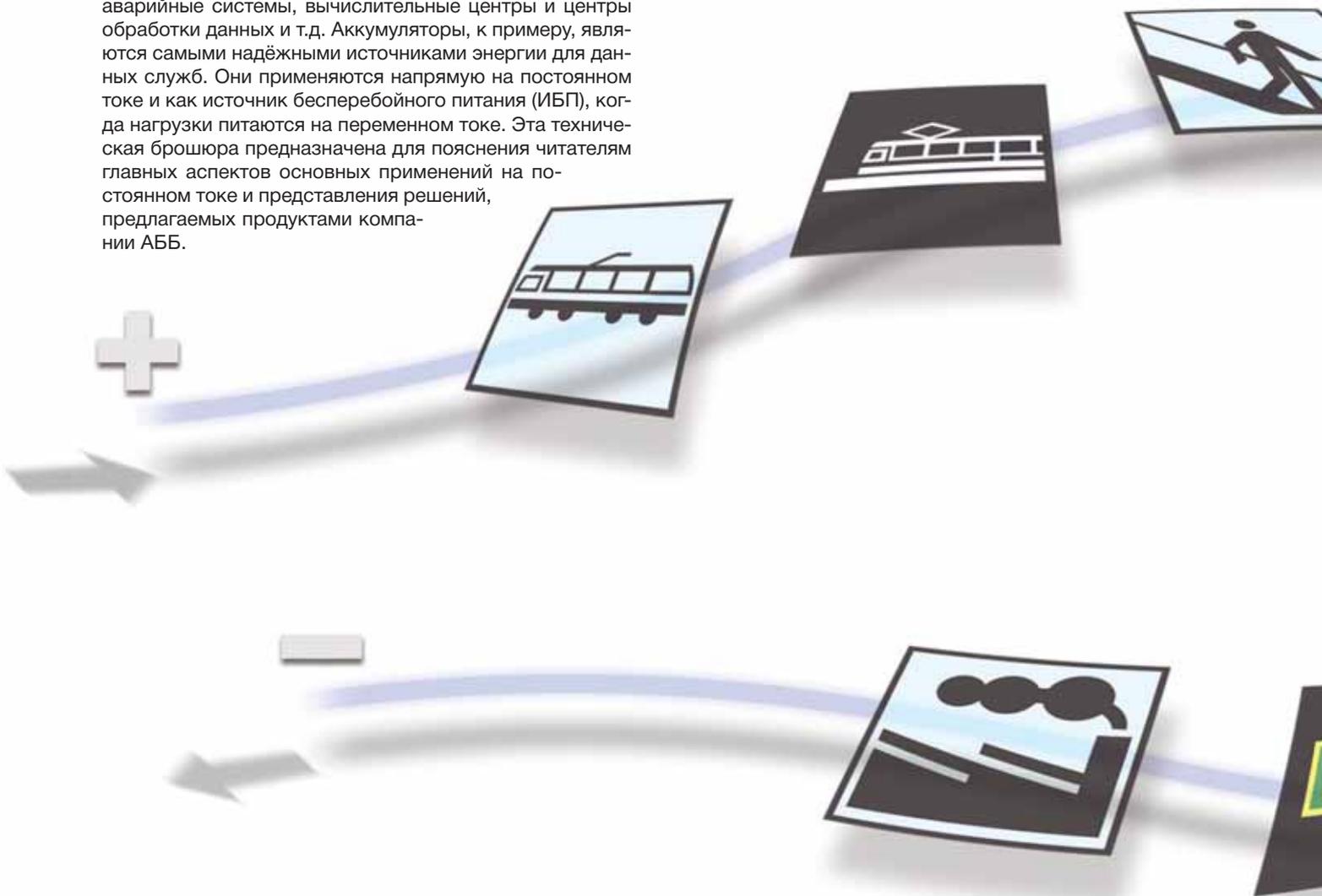
Преимущества в настройках и управлении, предлагаемые при применении двигателей постоянного тока, и питание через один проводник, делают постоянный ток отличным решением для железнодорожных и подземных систем, трамваев, лифтов и других транспортных применений.

Кроме того, постоянный ток используется в преобразовательных устройствах (установки, где различные типы энергии преобразуются в электрическую энергию постоянного тока, например, фотогальванические станции) и прежде всего в тех аварийных системах, где вспомогательные источники энергии требуются для питания важнейших служб, таких как системы безопасности, аварийное освещение, больничные палаты и операционные, аварийные системы, вычислительные центры и центры обработки данных и т.д. Аккумуляторы, к примеру, являются самыми надёжными источниками энергии для данных служб. Они применяются напрямую на постоянном токе и как источник бесперебойного питания (ИБП), когда нагрузки питаются на переменном токе. Эта техническая брошюра предназначена для пояснения читателям главных аспектов основных применений на постоянном токе и представления решений, предлагаемых продуктами компании АББ.

Основная цель статьи - при помощи предлагаемых таблиц дать точную и доступную информацию для быстрого выбора защитных и разъединительных устройств в зависимости от характеристик установки (топология сети, напряжение установки, система заземления).

Также представлено несколько приложений, дающих дополнительную информацию о постоянном токе, а именно:

- информация о распределительных системах, согласно ГОСТ Р 50571.1-2009 (международный Стандарт МЭК 60364-1);
- расчёт токов короткого замыкания на постоянном токе согласно международному Стандарту МЭК 61660-1;
- автоматические выключатели и разъединители для применений до 1000 В пост. тока.



2 Общие положения о постоянном токе

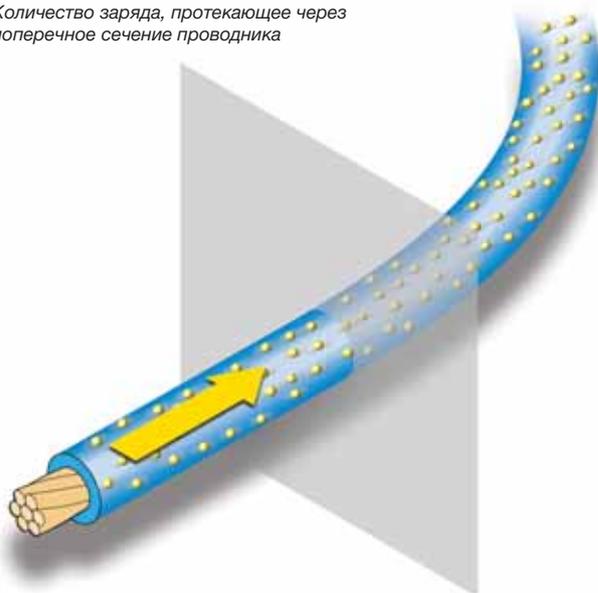
Знание электрических параметров постоянного тока и его различий в сравнении с переменным током – это основа для понимания того, как применять устройства постоянного тока.

Для ясности, электрический ток, называемый «постоянным», имеет постоянные во времени значение и направление. Если рассматривать постоянный ток как прохождение элементарных электрических зарядов через определенную точку, то значение заряда (Q), протекающего через эту точку (а, вернее, через это поперечное сечение проводника) за единицу времени, будет постоянным.

Источники, способные вырабатывать постоянный ток, это батареи и динамо-машины; кроме того, при помощи процесса выпрямления возможно преобразовывать переменный ток в постоянный. Однако «чистый» постоянный ток – это ток, который не содержит периодических составляющих, он может вырабатываться только батареями (или аккумуляторами). Действительно, ток, произво-

димый с помощью динамо-машины, может содержать малые флуктуации, которые могут быть непостоянны во времени; тем не менее с практической точки зрения это рассматривается как постоянный ток.

Рисунок 1
Количество заряда, протекающее через поперечное сечение проводника



В системах постоянного тока относительное направление тока имеет особую важность; поэтому необходимо верное подключение нагрузки к соответствующим полярностям, т.к. в случае неверного соединения могут появляться проблемы в работе и защите. К примеру, если двигатель постоянного тока будет питаться обратной полярностью, направление его вращения будет противоположным номинальному. Также при питании обратной полярностью во многих электронных цепях могут возникать серьезные повреждения.

Действующее значение синусоидальной функции

Действующее значение (r.m.s.) – это параметр, который связывает переменный ток с постоянным. Действующее значение переменного тока представляет собой значение постоянного тока,

проходящего через то же сопротивление, с тем же тепловым воздействием за период; для примера, постоянный ток в 100 А оказывает тот же тепловой эффект, что и переменный синусоидальный ток с амплитудой 141 А. Таким образом, действующее значение позволяет рассматривать переменный ток в качестве постоянного тока, где мгновенное значение меняется во времени.

$$I_{r.m.s} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) dt} \quad (\text{где } T - \text{это период})$$

Рисунок 2 Периодическая форма волны при 50 Гц

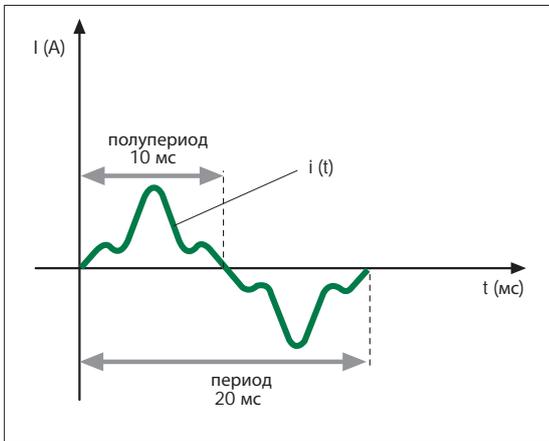
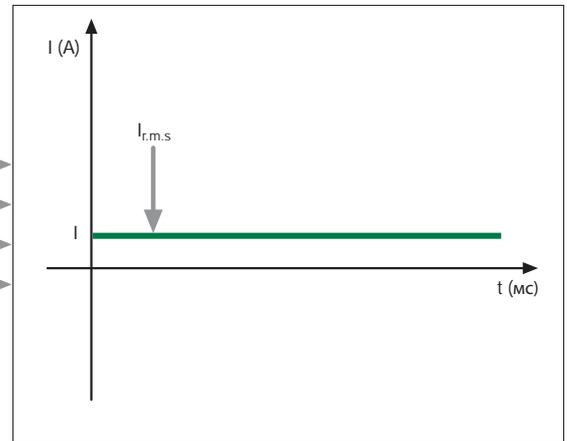


Рисунок 3 Действующее значение (значение эквивалентного постоянного тока)



Действующее значение чистой синусоидальной волны равняется:

$$I_{r.m.s} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} \quad (\text{где } I_{max} - \text{это максимальное значение амплитуды синусоиды } I_2)$$

Рисунок 4 Синусоидальная волна при 50 Гц

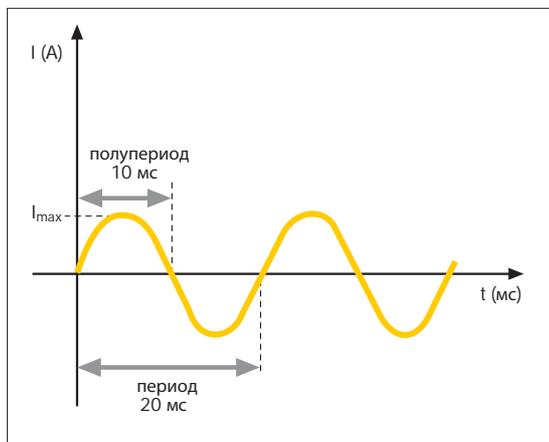
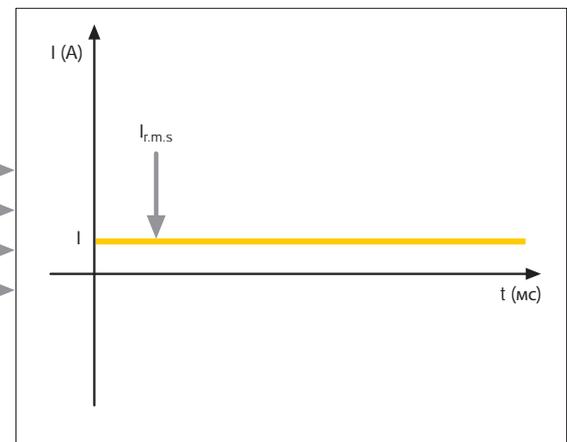


Рисунок 5 Действующее значение (значение эквивалентного постоянного тока)



3 Применения

Можно выделить четыре основных области применения постоянного тока в низковольтных электроустановках:

- преобразование различных видов энергии в электрическую (фотогальванические станции, где прежде всего используются аккумуляторные батареи); электрический транспорт (трамвайные линии, подземные железные дороги и т.д.); питание аварийных или вспомогательных служб; промышленные установки (электролитические процессы и т.д.).

3.1 Альтернативные способы получения электроэнергии

Фотогальванические станции

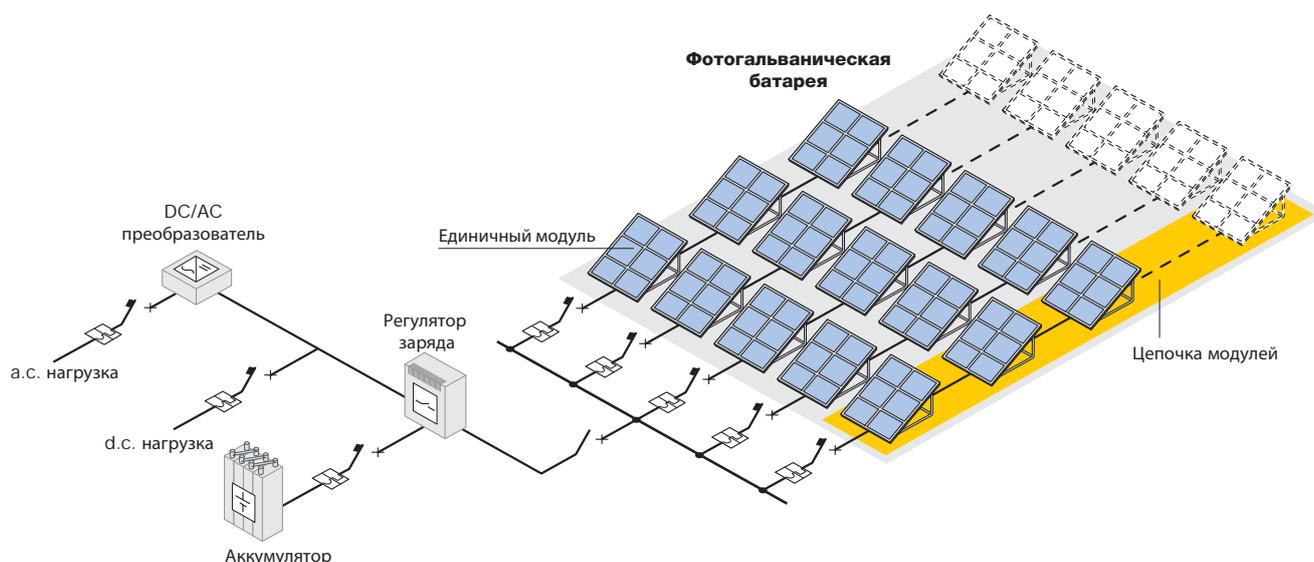
Фотогальванические станции предназначены для преобразования энергии солнечного излучения в электрическую энергию постоянного типа; эти станции составлены из панелей полупроводниковых материалов, которые могут генерировать электрическую энергию под воздействием солнечных лучей. Фотогальванические станции могут соединяться с сетью или питать отдельную нагрузку (автономная нагрузка). В последнем случае для бесперебойного электроснабжения при недостаточной интенсивности солнечного излучения должна применяться аккумуляторная батарея.

Основной элемент фотогальванической станции – это фотогальваническая ячейка, выполненная из полупроводникового материала (аморфный кремний или монокристалл кремния); этот элемент устанавливается под лучами солнца и способен вырабатывать максимальный ток I_{mp} при максимальном напряжении V_{mp} , что соответствует максимальной мощности W_p . Для увеличения уровня напряжения несколько фотогальванических ячеек соединяют последовательно в форме линии; при соединении этих линий в параллель достигается увеличение уровня тока. Для примера, если одна ячейка может производить 5 А при 35,5 В пост. тока, то для достижения уровня тока в 100 А при 500 В пост. тока необходимо соединить параллельно 20 линий, в каждой из которых должно быть по 15 ячеек.

В сущности, отдельностоящая фотогальваническая станция состоит из следующих устройств:

- фотогальваническая батарея: состоит из фотогальванических ячеек, соединённых определённым образом и использующихся для преобразования энергии солнечного света в электрическую энергию;
- регулятор заряда: электронное устройство, способное регулировать заряд и разряд аккумуляторов;
- аккумуляторные батареи: способны снабжать электрической энергией даже в отсутствие или при недостаточности солнечного излучения;
- DC/AC преобразователь: имеет функцию преобразования постоянного тока в переменный, управляя при этом установившейся частотой и формой волны.

Следующая картина иллюстрирует блочное строение отдельностоящей фотогальванической станции...



Общая схема фотогальванической станции, работающей с сетью, в отличие от отдельностоящей станции, может не содержать аккумуляторной батареи, т.к. при отсутствии солнечного излучения, пользователь получает питание от сети.

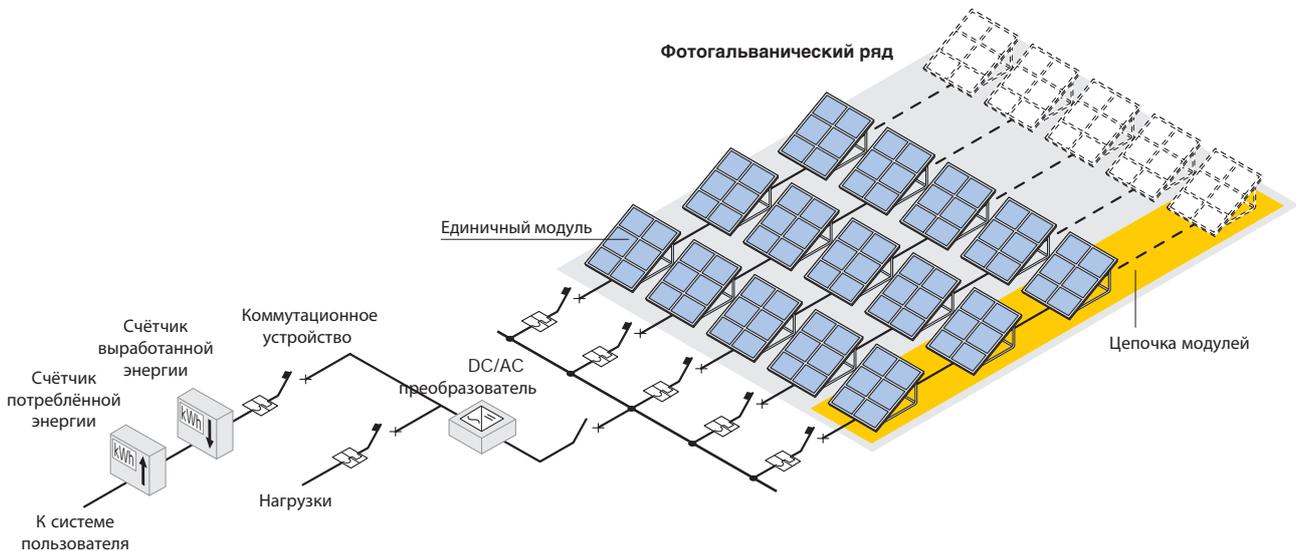
Фотогальваническая станция такого типа состоит из следующего оборудования:

- фотогальваническая батарея: состоит из фотогальванических элементов, соединённых определённым образом и использующихся для преобразования энергии солнечного света в электрическую энергию;
- DC/AC преобразователь: имеет функцию преобразо-

вания постоянного тока в переменный, управляя при этом установившейся частотой и формой волны;

- **коммутационное устройство:** состоит из автоматического выключателя с реле минимального напряжения или выключателя-разъединителя, способного гарантировать полное отключение модулей генерации энергии от электросети потребителей;
- **счётчики энергии:** используются для измерения и подсчёта производимой энергии и энергии, потребляемой распределительной сетью.

Следующий рисунок иллюстрирует блочное строение фотогальванического предприятия, соединённого с сетью...



Фотогальванические станции могут производить ток от десятков ампер (бытовое и смежное применение) до нескольких сотен ампер (малая промышленность).

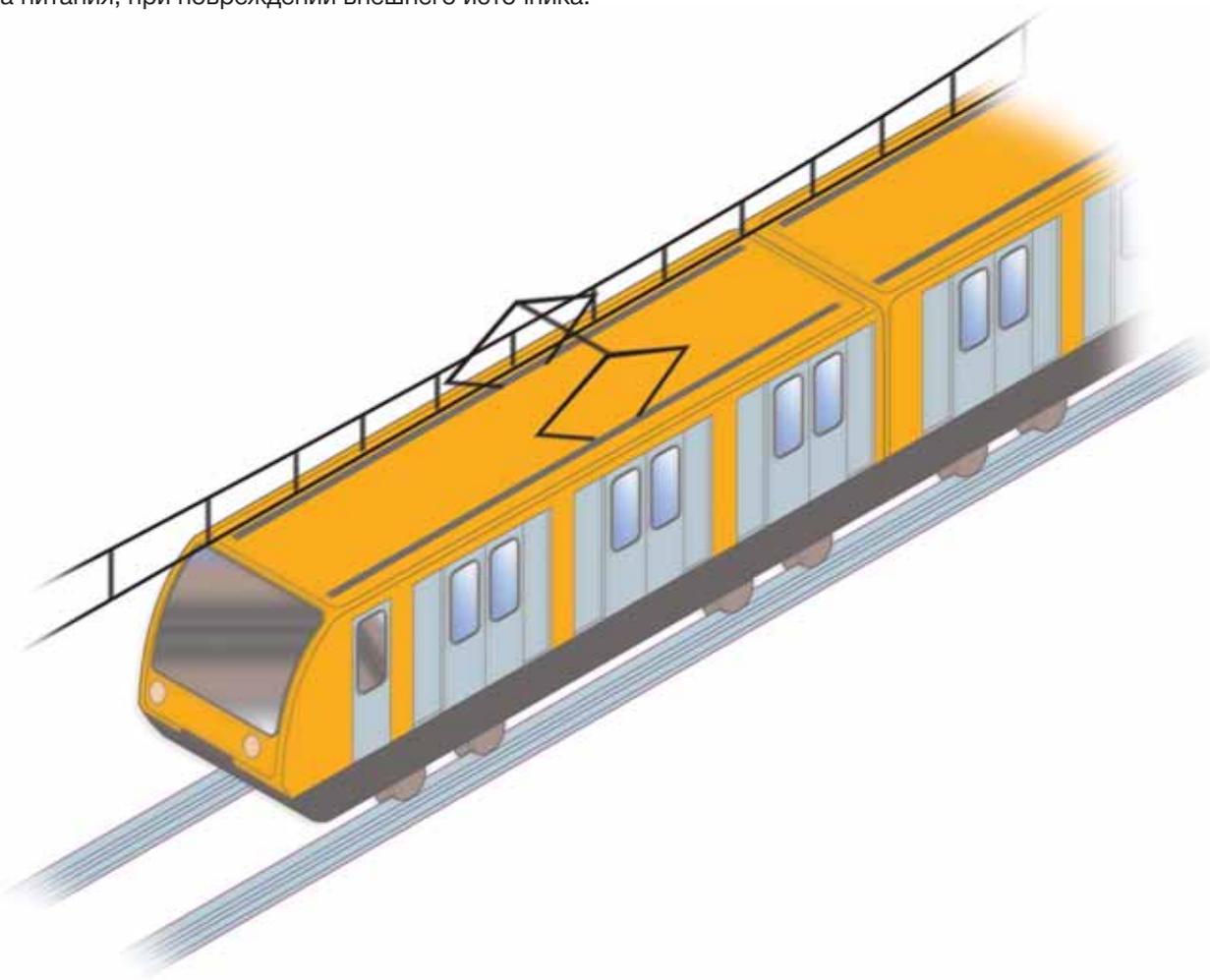
3.2 Электрическая тяга

Специфика кривой характеристики момент-скорость и простота, с которой можно регулировать скорость, привели к широкому использованию двигателей постоянного тока в области электрической тяги. Питание постоянным током также даёт огромное преимущество в использовании всего лишь одной силовой линии, состоящей из одного проводника, т.к. роль обратного проводника выполняют рельсы. В настоящее время постоянный ток используется почти во всех видах городского транспорта, таких как троллейбусы, трамваи, подземные железные дороги с напряжением питания от 600 или 750 В до 1000 В. Использование постоянного тока не ограничивается только транспортной тягой, также постоянный ток является источником энергии для вспомогательных цепей на борту транспорта; в этом случае аккумуляторные батареи выполняют роль вспомогательного источника питания, при повреждении внешнего источника.

Очень важно, чтобы этот источник работал надёжно, т. к. вспомогательные цепи могут питать важнейшие службы, такие как: воздушное кондиционирование, внешние и внутренние цепи освещения, системы экстренного торможения, системы электрического отопления и т.д.

Применения автоматических выключателей в цепях постоянного тока электрической тяги в основном следующие:

- защита и коммутация воздушных и контактных линий на всем их протяжении;
- защита воздушных компрессоров на подземных объектах и в вагонах поездов;
- защита распределительных систем различных служб и сигнальных систем;
- защита источников постоянного тока (аккумуляторные батареи);
- защита и коммутация двигателей постоянного тока.



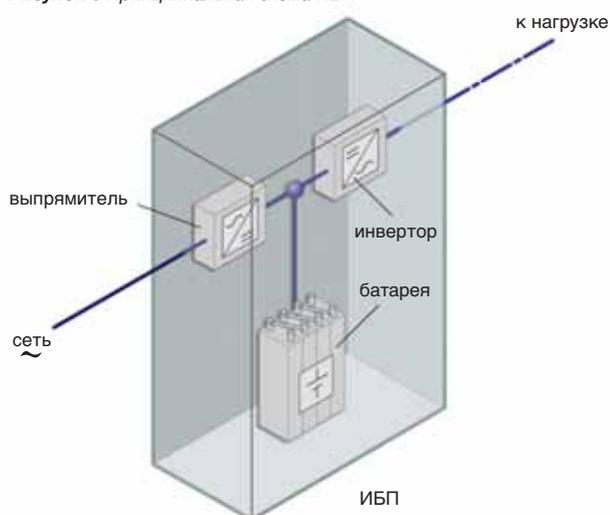
3.3 Электроснабжение аварийных или вспомогательных служб

Постоянный ток (напрямую или косвенно – с применением аккумуляторных батарей) используется во всех установках, для которых непрерывность работы является основным требованием. В электроустановках, критичных к нарушению питания, применяют дополнительный источник, который может обеспечить электропитание нагрузки до момента подключения аварийного генератора. Далее представлено несколько примеров такого типа установок:

- промышленные применения (системы управления процессами);
- защитные и аварийные установки (осветительные, системы аварийной сигнализации);
- применения в больницах;
- телекоммуникации;
- применения в области обработки данных (центры обработки данных, рабочие станции, серверы и т.д.).

В этих установках не допускаются перерывы в электроснабжении, поэтому необходимо применять системы способные накапливать энергию, поступающую при наличии питания, и мгновенно возвращать её обратно при возникновении аварий. Аккумуляторные батареи представляют собой самый надёжный источник энергии для питания таких служб: как напрямую на постоянном токе (если позволяют нагрузки), так и на переменном токе, при использовании инвертора, способного производить на выходе синусоиду с начала поступления на него энергии. По описанному выше принципу работает источник бесперебойного питания (ИБП).

Рисунок 6 Принципиальная схема ИБП



3.4 Специфические промышленные применения

Использование постоянного тока часто требуется во многих промышленных применениях, таких как:

- дуговые печи;
- электросварочные установки;
- заводы по производству графита;
- сталеплавильные и очистные заводы (алюминий, цинк и т.д...).

В частности, множество металлов, например алюминий, производится с помощью электролитических процессов. Электролиз – это процесс, который преобразует электрическую энергию в энергию химических реакций. Это обратное действие принципу работы в батареях. В батареях химическая реакция производит электрическую энергию постоянного тока, тогда как электролиз работает наоборот. Процесс состоит в погружении металла, требующего очистки (работающего как анод), в проводящую среду, в то время как тонкая пластина из такого же, но чистого металла работает как катод; при приложении постоянного тока от выпрямителей атомы металла на аноде растворяются в электролитическом растворе и в то же время такое же количество металла оседает на катоде. В данном виде применения рабочие токи очень велики, выше 3000 А. Другое очень частое применение – это гальванические установки, где работают процессы для получения покрытия металлических поверхностей другими металлами или сплавами (хромированное покрытие, никелевое, медное, латунное, гальванизированное цинковое покрытие, оловянное покрытие и т.д.). Требуемая покрытия заготовка металла работает при этом как катод; при протекании тока ионы будут двигаться от анода и оседать на поверхности заготовки. В этих установках все процессы проходят в электролитической ячейке с высоким уровнем рабочих токов (3000 А и выше).

4 Генерация (получение постоянного тока)

Постоянный ток может генерироваться:

- батареями или аккумуляторами, где ток получают напрямую при помощи химических процессов;
- выпрямлением переменного тока с помощью выпрямителей (статические преобразователи);
- преобразованием механической работы в электрическую энергию при помощи динамо-машины (производство посредством вращения машин).

В дальнейших главах изложена в доступной форме полезная информация, позволяющая понять основные технологии получения постоянного тока. Ясно, что технология и техника, используемые в настоящее время разнообразны и сложны, но т.к. они не являются главными темами данной брошюры, будут даны только основные положения, необходимые для быстрого понимания.

4.1 Аккумуляторные батареи

Аккумуляторная батарея или аккумулятор – это электрохимический генератор, способный преобразовывать химическую энергию в электрическую энергию постоянного типа.

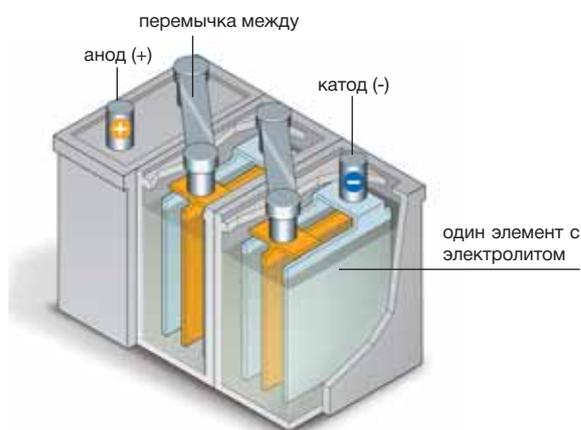
Структура аккумуляторной батареи аналогична структуре обычной батареи. Основное различие в том, что в аккумуляторной батарее процессы заряда/разряда могут проходить многократно: например, при использовании аккумулятора постоянного тока можно восстанавливать начальное состояние электродов, которое изменяется в течение разряда; такие процессы не могут проходить в обычных батареях. Основные электрические параметры аккумуляторных батарей:

- номинальное напряжение – разность потенциалов между положительным и отрицательным электродами, погружёнными в электролит. Значение напряжения обычно указывается для каждого одиночного элемента (2 В, 4 В, 6 В, 12 В). Для получения требуемого напряжения необходимо использовать несколько элементов, соединённых последовательно;
- ёмкость – количество электричества, которое батарея может отдавать за определённое время; ёмкость выражается в ампер-часах (Ач) и может быть получена умножением тока разряда (ампер) на время разряда (часы);
- внутреннее сопротивление – значение внутреннего сопротивления батареи; это значение предоставляется производителем;
- мощность – мощность, которую батарея может вырабатывать. Получить значение мощности (в ваттах (W)) батареи можно, умножив среднее разрядное напряжение на ток.

Структура аккумуляторной батареи

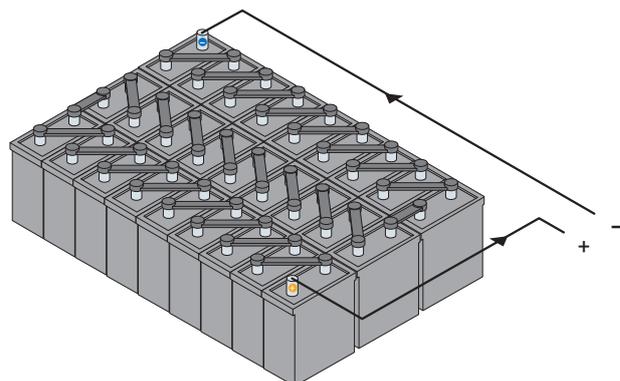
Стационарная батарея в её самой простой форме состоит из приёмника, включающего раствор серной кислоты с дистиллированной водой (электролит), и двух погружённых в электролит электродов – одного положительного и одного отрицательного. Каждый из них имеет форму одной или нескольких пластин, соединённых параллельно. К крайним пластинам, являющимся анодом (+) или катодом (-), подключается нагрузка или следующий элемент батареи (последовательно или параллельно).

Следующий рисунок иллюстрирует структуру трёх элементов, соединённых последовательно



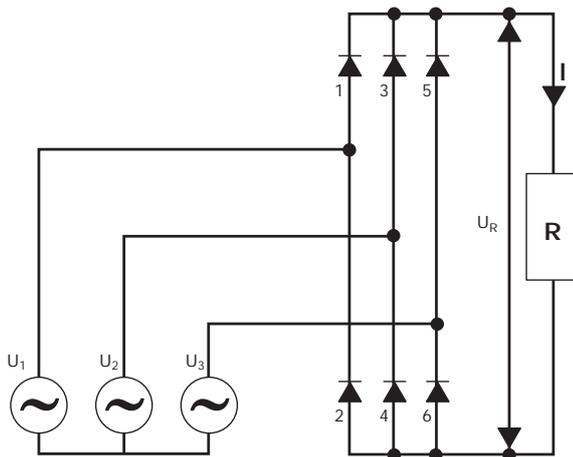
Вдобавок к этим компонентам в аккумуляторах используются коллекторы и сепараторы. Коллекторы направляют генерированный ток к электродам (фаза разряда) и наоборот от электродов в направлении элементов (фаза заряда). Сепараторы обычно выполнены из изолированных пластинок для избежания контакта между анодом и катодом и предотвращения образования короткого замыкания. Для получения требуемого уровня напряжения или тока необходимо соединить (через подходящие соединители, см. на рисунке) несколько элементов соответственно последовательно или параллельно.

Следующий рисунок иллюстрирует структуру трёх элементов, соединённых последовательно



4.2 Статическое преобразование

Постоянный ток может быть получен с помощью электронных устройств (выпрямителей), которые способны преобразовывать переменный ток на входе в постоянный на выходе. Такие устройства ещё называют статическими преобразователями, чтобы отличать их от вращающихся преобразователей, которые сегодня являются устаревшим оборудованием, использующим большее количество соответственно связанных электрических машин. Принцип работы выпрямителей строится на свойствах электронных компонентов, выполненных из полупроводниковых материалов (диоды, тиристоры, транзисторы и т.д.), которые способны проводить ток только при положительной полярности питающего напряжения. Принцип работы можно рассмотреть на примере трёхфазного мостового выпрямителя, показанного на рисунке ниже:

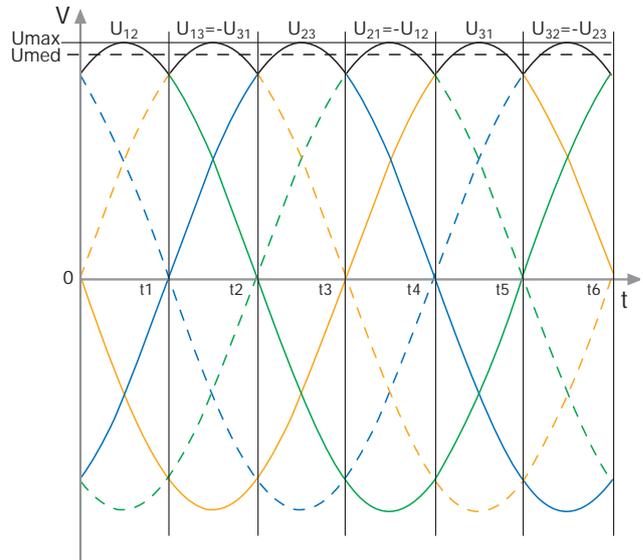


На этом рисунке представлено три прямо направленных диода (1, 3, 5) с общим катодом и три обратно направленных диода (2, 4, 6) с общим анодом

Диоды проводят ток лишь в одном направлении (при положительной полярности) при приложенном напряжении больше 0. При питании мостовой схемы трёхфазным напряжением получаем:

- в течение первой шестой части периода прикладывается линейное напряжение U_{12} ; при этом пара диодов 1 и 4 проводит ток;
- в течение второй шестой части периода приложено линейное напряжение U_{13} ; при этом пара диодов 1 и 6 проводит ток.

То же происходит в остальные части периода. Напряжение U_R на выводах нагрузки R будет являться огибающей линейных напряжений, показанных на рисунке:



Сплошные линии показывают три синусоидальных кривых линейных напряжений (U_{12} ; U_{23} ; U_{31}), в то время как штриховые линии показывают те же напряжения, но перевёрнутые ($U_{13} = -U_{31}$; $U_{21} = -U_{12}$; $U_{32} = -U_{23}$).

Результирующее выходное напряжение (показанное сплошной чёрной линией) имеет форму пульсирующего напряжения со средним значением больше нуля. Поэтому постоянный ток, протекающий по сопротивлению R будет равен:

$$I = \frac{U_{med}}{R}$$

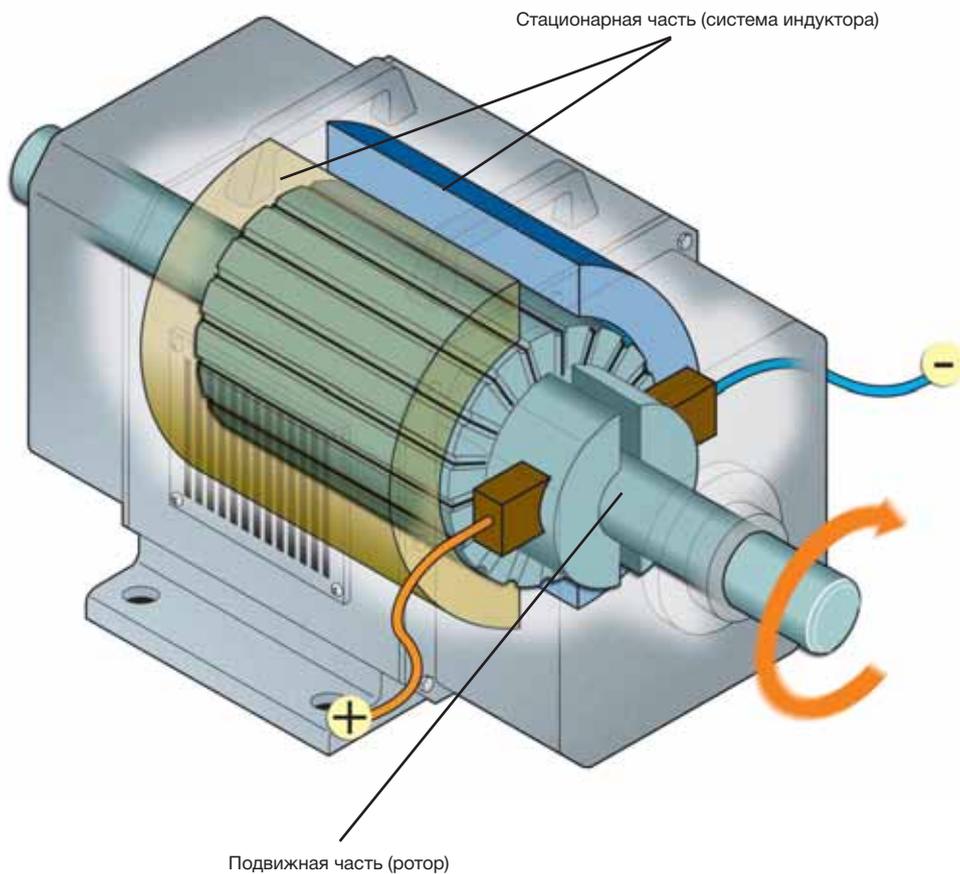
На самом деле электронная цепь реального выпрямителя более сложная, чем схема, показанная выше; например, для снижения пульсаций часто применяется сглаживающий конденсатор. Кроме того, вместо диодов могут использоваться тиристоры. Управляя моментом открытия тиристоров, можно регулировать выходное напряжение выпрямителя. В этом случае такое устройство будет называться управляемым мостовым выпрямителем.

4.3 Динамо-машина

Динамо-машина - это генератор постоянного тока, использующий преобразование кинетической энергии в электрическую энергию постоянного типа. Как показано на рисунке ниже, эти устройства состоят из двух основных частей: стационарной части (называемой индукторной системой), имеющей задачу создания магнитного поля, и подвижной части (называемой ротором), составленной из системы проводников, которые при вращении «пронизывают» магнитное поле, созданное индуктором.

Следующий рисунок иллюстрирует структуру динамо-машины:

Известно, что в прямолинейном проводнике, расположенном вдоль цилиндра, вращающегося с постоянной скоростью, пересекаемом силовыми линиями магнитного поля, возникает электродвижущая сила (ЭДС), переменная во времени. Легко понять, что, соединяя некоторое число проводников определенным образом (так, что положительная и отрицательная составляющие электродвижущих сил, наводимые в проводниках, компенсируются), возможно достичь постоянной по величине и направлению электродвижущей силы (ЭДС).



5 Замечания по отключению постоянного тока

Отключение постоянного тока, в отличие от переменного, связано с существенной проблемой гашения электрической дуги. Данная проблема проявляется тем больше, чем больше значение постоянного тока. На рисунке 7 показана кривая переменного тока с естественным переходом через ноль каждый полупериод, что соответствует гашению дуги за время отключения. На постоянном токе нет такого естественного перехода тока через ноль, и поэтому для гарантированного гашения дуги необходимо, чтобы ток упал до нуля (принудительное прохождение тока через ноль).

Рисунок 7 Переменный ток

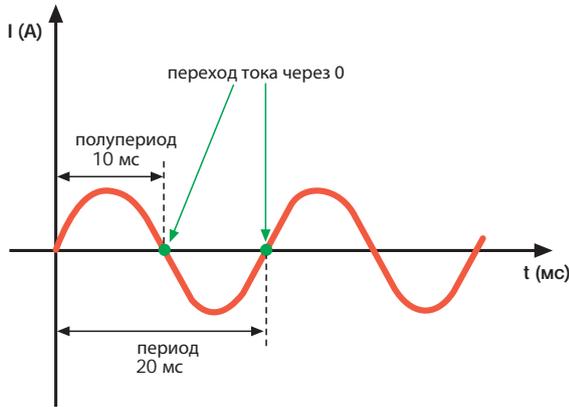
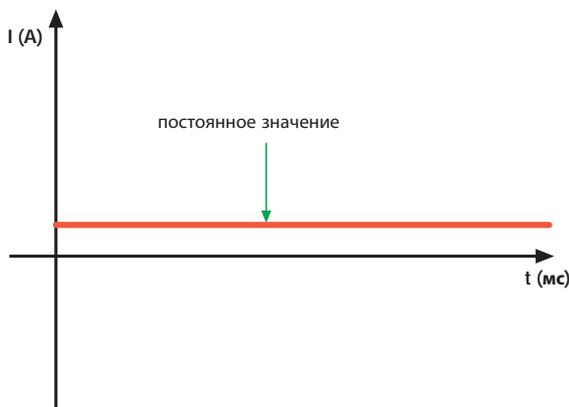
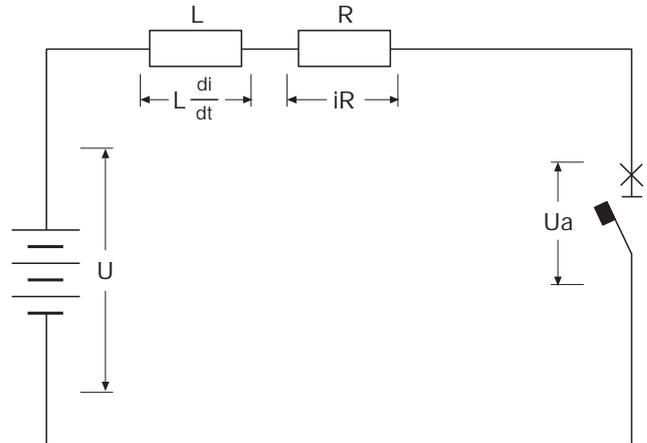


Рисунок 8 Постоянный ток



Для лучшего понимания рассмотрим цепь, представленную на рисунке ниже:



В данном случае:

$$U = L \frac{di}{dt} + Ri + U_a,$$

где:

U – номинальное напряжение источника питания;

L – индуктивность цепи;

R – сопротивление цепи;

U_a – сопротивление дуги.

Формулу можно записать так:

$$L \frac{di}{dt} = U - Ri - U_a. \quad (1)$$

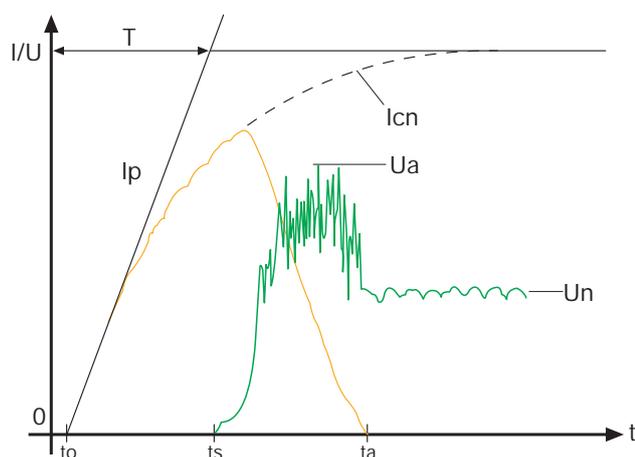
Для уверенного гашения дуги необходимо, чтобы

$$\frac{di}{dt} < 0.$$

Соотношение необходимо проверить, когда напряжение дуги (U_a) настолько высоко, что первый член формулы (1) становится отрицательным. Не принимая во внимание математические выкладки при интегрировании формулы (1), можно прийти к выводу, что время гашения дуги постоянного тока пропорционально постоянной времени цепи $T = L/R$ и постоянной затухания.

Постоянная затухания – это параметр, зависящий от характеристик дуги и напряжения источника питания.

На рисунке ниже показана осциллограмма проведения опыта короткого замыкания лабораторией завода АББ SACE.



- I_p = включающая способность при коротком замыкании
 I_{cn} = ожидаемый ток короткого замыкания
 U_a = максимальное напряжение дуги
 U_n = напряжение сети
 T = постоянная времени
 t_0 = момент возникновения короткого замыкания
 t_s = момент начала расхождения контактов автоматического выключателя
 t_a = момент отключения короткого замыкания

При возникновении короткого замыкания, в соответствующий момент времени t_0 начинается рост тока с постоянной времени сети. Контакты автоматического выключателя начинают расходиться, таким образом образуется дуга, начиная с момента времени t_s . Ток продолжает расти даже после начала расхождения контактов, а затем снижается в зависимости от роста сопротивления развивающейся дуги в этой цепи.

Как говорилось ранее, во время размыкания контактов напряжение дуги больше напряжения источника питания цепи. В момент времени t_a ток полностью прекратится.

Как показано на графике, ток короткого замыкания, обозначенный красной линией, обрывается без среза, который возможен в случае больших скачков напряжения.

Для получения плавного гашения (на графике представлено снижением I_p) необходимо охлаждать и растягивать дугу, тем самым увеличивая сопротивление дуги, вводимое в схему (с последующим увеличением напряжения дуги U_a).

Характер уменьшения тока до нуля зависит от энергетических параметров, которые в свою очередь зависят от напряжения питания установки. Поэтому для улучшения работы автоматических выключателей в условиях короткого замыкания их полюса соединяют последовательно. Фактически, чем больше полюсов, тем больше отключающая способность выключателя. Это значит, что при увеличении напряжения необходимо увеличивать число последовательных разрывов так, чтобы был получен рост напряжения дуги, и количество отключающих полюсов, в соответствии с уровнем короткого замыкания. Варианты соединений полюсов для соответствующих топологий сети представлены в главе 7 «Выбор защитного устройства». Итог: для гарантированного отключения короткого замыкания в системах постоянного тока необходимо применять автоматические выключатели, которые способны:

- быстро отключать с требуемой отключающей способностью;
- ограничивать большие токи короткого замыкания;
- ограничивать перенапряжения.

6 Топологии сетей постоянного тока

Как указывалось ранее, для отключения короткого замыкания в сетях постоянного тока необходимо соединять полюса автоматического выключателя соответствующим образом.

Для выполнения этой операции необходимо знать топологию заземления установки. Данная информация позволяет оценить любые возможные неисправности и с учетом других параметров электроустановки (ток КЗ, напряжение питания, номинальный ток нагрузки и т.д.) выбрать подходящий тип соединения полюсов выключателя.

На следующих страницах будет дана основная информация для каждой системы постоянного тока:

- описание сети;
- топологии повреждения.

(Схемы соединения полюсов для соответствующих топологий сети, смотри главу 7 «Выбор защитного устройства»).

6.1 Сеть, изолированная от земли

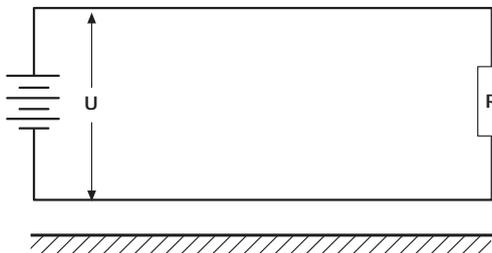
Такой тип сети представляет собой простейшее решение, т.к. отсутствуют соединения между полярностями батареи и землей.

Данные типы систем широко используются во всех установках, где очень сложно выполнить заземление, и при этом требуется обеспечить непрерывность работы служб после первого замыкания на землю (смотри следующие страницы).

С другой стороны, т.к. полюса не заземлены, то между открытыми проводящими частями и землей могут возникнуть обусловленные статическим электричеством опасные перенапряжения (данная опасность может быть ограничена установкой устройств защиты от перенапряжений).

Основное представление

Рисунок 9 Сеть, изолированная от земли



Изображение сети в соответствии со Стандартом ГОСТ Р 50571.3-1*



*такая аналогия верна только для системы заземления источника питания, исключая открытые проводящие части; кроме того поскольку существуют предписания по защите от косвенного прикосновения, необходимо использовать стандарт МЭК 60364 - 4

Топологии повреждений в сети, изолированной от земли

Повреждение А:

короткое замыкание между двумя полярностями на полном напряжении U источника питания. Отключающая способность автоматического выключателя должна быть выбрана в соответствии с током короткого замыкания данного повреждения.



Повреждение В:

короткое замыкание между полярностью и землёй, не имеющее последствий с точки зрения функционирования установки, т.к. этот ток не имеет контура замыкания.



Повреждение С:

это повреждение также (как и повреждение В) между полярностью и землёй не имеет последствий с точки зрения функционирования установки.



Двойное замыкание (В + С):

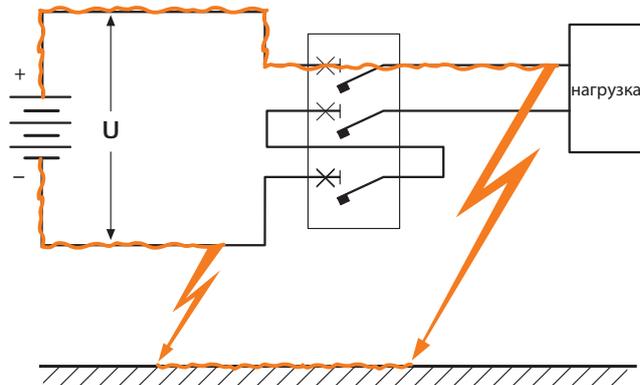
в случае двойного замыкания, показанного на рисунке, ток может протекать и находить пути замыкания; в этом случае рекомендуется использовать устройство, способное сигнализировать о замыкании на землю или снижении изоляции между полюсом и землей. Таким образом, повреждение ликвидируется заблаговременно, предотвращая возникновение второго замыкания на землю другой полярности, и производится полное отключение установки после срабатывания автоматического выключателя при токе короткого замыкания двух полярностей на землю.



Вывод:

В данной топологии сети тип повреждения, который определяет выбор исполнения и соединения полюсов автоматического выключателя - это повреждение А (между двумя полярностями). В изолированной сети необходимо устанавливать устройство, способное сигнализировать о присутствии первого замыкания на землю, с тем, чтобы избежать дополнительных проблем при возникновении второго замыкания на землю. Действительно, в случае второго замыкания на землю, автоматический выключатель будет размыкаться в худших условиях, с полным приложенным напряжением к одной полярности и, следовательно, с недостаточным напряжением дуги (смотри рисунок).

Рисунок 11 Двойное замыкание в изолированной сети

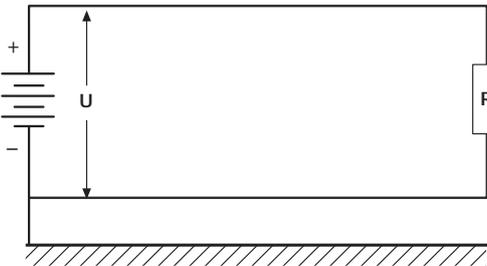


6.2 Сеть с одной заземлённой полярностью

Данная топология сети получается соединением с землей одного из полюсов (положительного, или отрицательного).

Основное представление

Рисунок 12 Сеть с одной заземлённой полярностью



Данный тип соединения может привести к перенапряжениям вследствие статического электричества, стекающего через землю.

Представление с точки зрения Стандарта ГОСТ Р 50571.1*

Рисунок 13 Система распределения TT

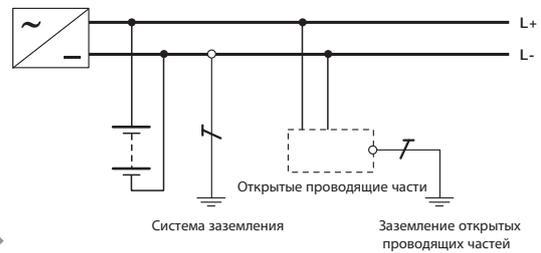
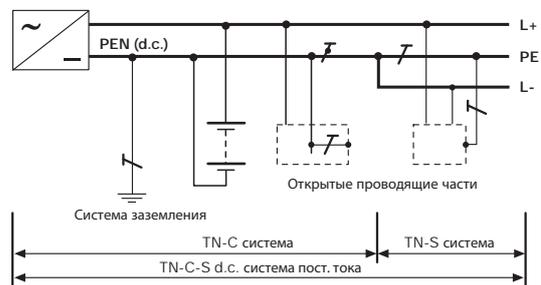


Рисунок 14 Система распределения TN-C-S



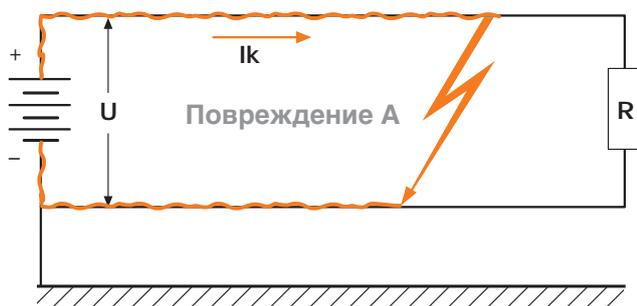
*такая аналогия верна только для системы заземления источника питания, исключая открытые проводящие части; кроме того поскольку существуют предписания по защите от косвенного прикосновения, необходимо использовать стандарт МЭК 60364 - 4

Топология повреждений в сетях с одной заземлённой полярностью

(в следующих примерах заземлена только отрицательная полярность)

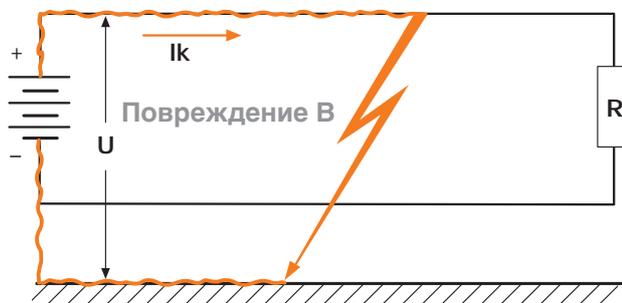
Повреждение А:

короткое замыкание между двумя полярностями на полном напряжении U . Отключающая способность автоматического выключателя должна быть выбрана в соответствии с током короткого замыкания данного повреждения.



Повреждение В:

замыкание на неподключённой к земле полярности вызывает появление сверхтока, зависящего от сопротивления «земли» и вызывающего срабатывание защиты.



Повреждение С:

замыкание на подключённой к земле полярности вызывает появление сверхтока, зависящего от сопротивления «земли» и вызывающего срабатывание защиты; такой ток имеет крайне малое значение, т.к. он зависит от сопротивления земли и напряжения, близкого к нулю (т.к. падение напряжения на нагрузке сильно снижает это значение).



Вывод:

В данной топологии сети тип повреждения, который определяет выбор исполнения и соединения полюсов автоматического выключателя, – это повреждение А (между двумя полярностями). Но необходимо брать в рассмотрение также замыкание между незаземлённой полярностью и землёй (повреждение В), потому что, как рассматривалось выше, ток (значение которого зависит также от сопротивления земли и, следовательно, усложняет оценку) может течь под полным напряжением. Поэтому все полюса автоматического выключателя для защиты необходимо соединять последовательно и подключать к незаземленному полюсу сети.

6.3 Сеть с заземлённой средней точкой источника питания

Эту топология сети можно получить, соединив среднюю точку источника питания с землёй. Данный тип соединения сокращает значение статических перенапряжений, которые могут составить полное напря-

жение в изолированной установке. Основной недостаток данного соединения, в сравнении с другими типами, в том, что замыкание между полярностями как положительной, так и отрицательной и землёй, вызывает ток с приложенным напряжением, равным половине напряжения питания $\frac{U}{2}$.

Представление с точки зрения Стандарта МЭК 60364-1*

Основное представление

Рисунок 15 Сеть с заземлённой средней точкой

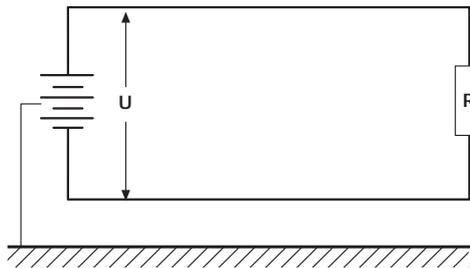


Рисунок 16 Система распределения TT

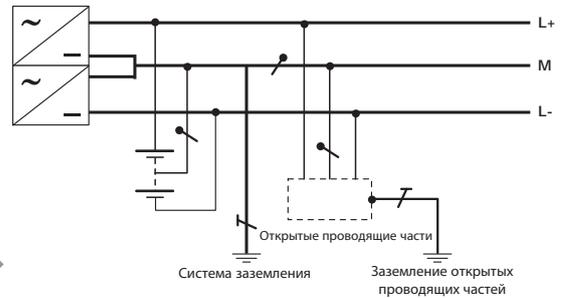
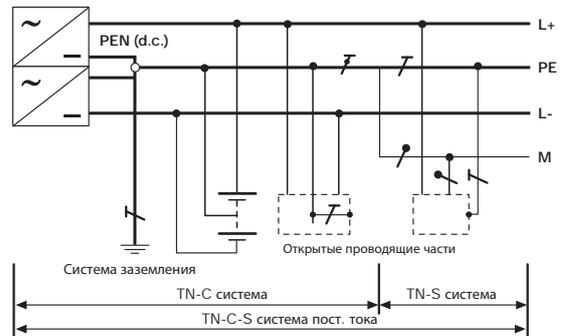


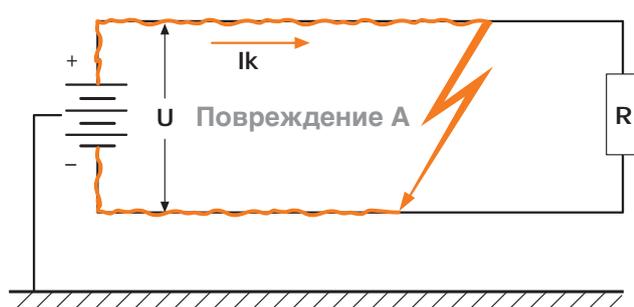
Рисунок 17 Система распределения TN-C-S



Топология повреждений в сетях с заземлённой средней точкой

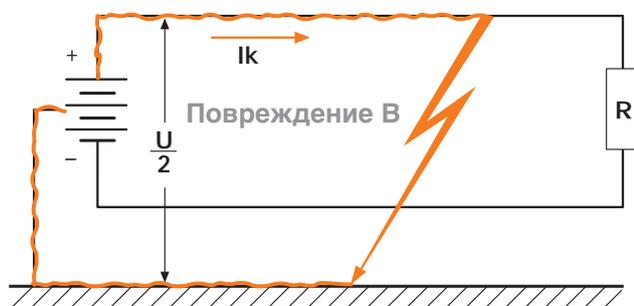
Повреждение А:

Короткое замыкание между двумя полярностями на полном напряжении U . Отключающая способность автоматического выключателя должна быть выбрана в соответствии с током короткого замыкания данного повреждения.



Повреждение В:

Замыкание между полярностью и землёй вызывает появление тока, значение которого ниже, чем значение тока замыкания между двумя полярностями, т.к. оно определяется только половиной напряжения источника питания и зависит от сопротивления земли.



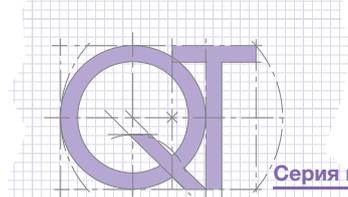
Повреждение С:

В этом случае повреждение аналогично предыдущему, но рассматривается для отрицательной полярности.



Вывод:

В данной топологии сети тип повреждения, который определяет выбор исполнения и соединения полюсов автоматического выключателя, – это повреждение А (замыкание между двумя полярностями); однако также надо брать в рассмотрение замыкание между полярностью и землёй (в соответствии со схемами выше), потому что, как говорилось ранее, ток (значение которого зависит также от сопротивления земли) может протекать под напряжением, равным $U/2$. В сети с заземлённой средней точкой необходимо устанавливать автоматические выключатели на обеих полярностях.



7 Выбор защитного устройства

Для верного выбора защитного устройства в сети постоянного тока необходимо оценить несколько электрических параметров, характерных для этого устройства. Здесь вы найдёте краткое описание этих параметров, которые приведены на следующих страницах.

Номинальное рабочее напряжение U_e

Представляет собой значение напряжения, которое определяет применение оборудования и задаётся заранее для всех остальных параметров, типичных для оборудования.

Номинальный непрерывный ток I_n

Представляет собой величину тока, которую оборудование может выдерживать бесконечно долгое время. Этот параметр используется для определения размера автоматического выключателя.

Номинальный ток I_n

Представляет собой значение тока, который характеризует установленный на автоматическом выключателе блок защитного расцепителя и определяет защитные характеристики автоматического выключателя в соответствии с возможными настройками расцепителя.

Этот ток часто задаётся номинальным током нагрузки, которую защищает автоматический выключатель.

Номинальная предельная отключающая способность I_{cu}

Номинальная предельная отключающая способность автоматического выключателя – это максимальное значение тока короткого замыкания, которое автоматический выключатель способен выдержать (в соответствии с циклом $O - t - CO$) при соответствующем номинальном рабочем напряжении. После размыкания и замыкания автоматический выключатель не обязан проводить номинальный ток.

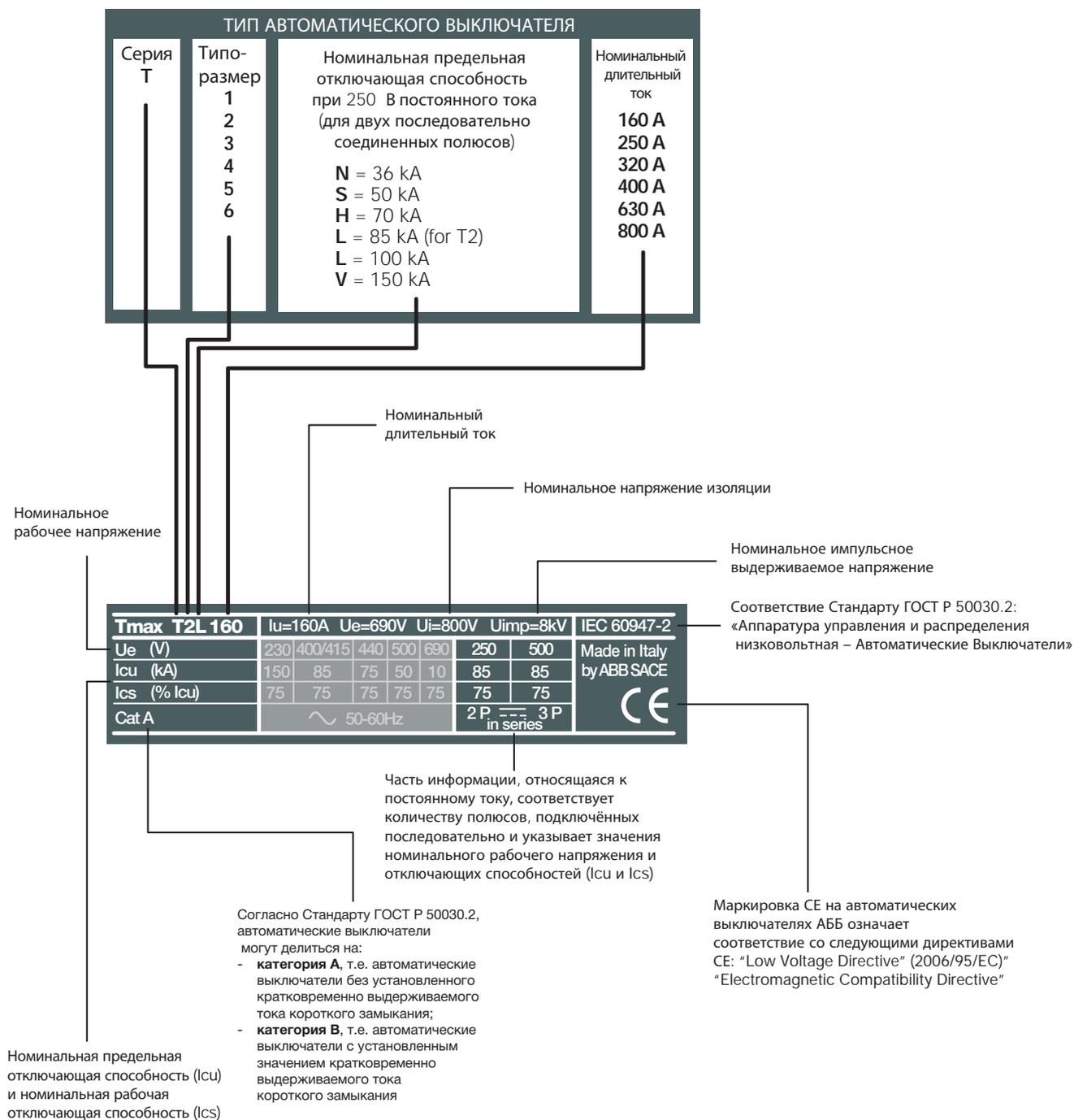
Номинальная рабочая отключающая способность I_{cs}

Номинальная рабочая отключающая способность автоматического выключателя – это максимальное значение тока короткого замыкания, которое автоматический выключатель способен отключить три раза в соответствии с циклом отключений и включений ($O - t - CO - t - CO$) при определённом рабочем напряжении (U_e) и определённой постоянной времени (для постоянного тока). После этого автоматический выключатель должен проводить номинальный ток.

Номинальный кратковременно выдерживаемый ток

Номинальный кратковременно выдерживаемый ток короткого замыкания – это ток, который автоматический выключатель способен проводить в замкнутом положении определённое короткое время в указанных условиях использования и работы; автоматический выключатель должен быть способен выдерживать этот ток в течение установленной временной задержки для обеспечения селективности между последовательно стоящими автоматическими выключателями.

**Заводская табличка номинальных параметров автоматических выключателей
Автоматический выключатель в литом корпусе Tmax на постоянный ток**



Воздушные автоматические выключатели постоянного тока Emax

ТИП АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ			
Серия E	Типоразмер	Номинальная предельная отключающая способность при 500 В постоянного тока	Номинальный длительный ток
	2	B = 35 кА (E2) N = 50 кА (E2) N = 60 кА (E3) S = 75 кА (E4) H = 85 кА (E3) H = 100 кА (E4-E6)	800 A
	3		1000 A
	4		1250 A
	6		1600 A
			2000 A
			2500 A
			3200 A
			4000 A
			5000 A

Номинальная предельная наибольшая отключающая способность (I_{cu}) и номинальная рабочая наибольшая отключающая способность (I_{cs})

Номинальное рабочее напряжение (U_e)

Номинальный длительный ток

Номинальный кратковременно выдерживаемый ток (I_{cw})

Соответствие Стандарту ГОСТ Р 50030.2: «Аппаратура управления и распределения низковольтная – Автоматические Выключатели»

SACE E2B 800	$I_n=800A$			$U_e=1000V$	$I_{cw}=35кА \times 0,5с$	IEC 60947-2 made in Italy by ABB-SACE
U_e (В)	500	750	1000			
I_{cu} (кА)	35	25	25			
I_{cs} (кА)	35	25	25			
Cat B	4P					

Схема соединения полюсов автоматических выключателей: сделанное на заводе АББ SACE выполнено указанное на схеме последовательное соединение полюсов.

Согласно Международному Стандарту МЭК 60947-2, автоматические выключатели могут делиться на:

- **категория А**, т.е. автоматические выключатели без установленного кратковременно выдерживаемого тока короткого замыкания;
- **категория В**, т.е. автоматические выключатели с установленным значением кратковременно выдерживаемого тока короткого замыкания

Маркировка CE на автоматических выключателях АББ означает соответствие со следующими директивами CE: "Low Voltage Directive" (2006/95/EC) "Electromagnetic Compatibility Directive"

Выбор автоматических выключателей

На предыдущих страницах были определены основные электрические характеристики, по которым производится выбор автоматических выключателей, обеспечивающих надлежащую защиту электроустановки.

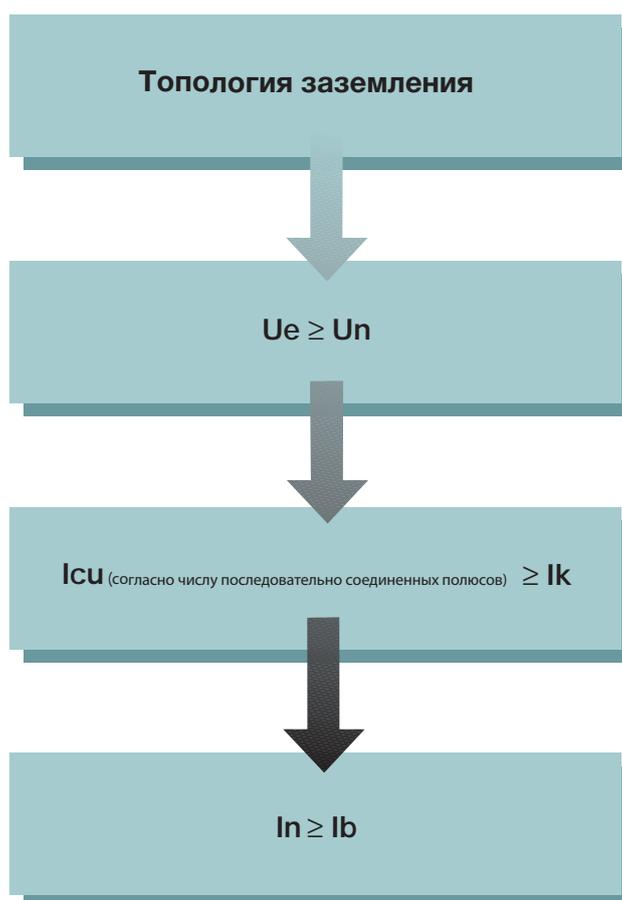
Для выбора типоразмера автоматического выключателя необходимо знать следующие параметры сети:

- тип сети (см. главу 6) определяет соединение полюсов автоматического выключателя, согласно возможным условиям аварии;
- номинальное напряжение установки (U_n) определяет рабочее напряжение (U_e), зависящее от соединения полюсов, проверяемое соотношением: $U_n \leq U_e$;
- ток короткого замыкания в месте установки авто-

матического выключателя (I_k) определяет исполнение автоматического выключателя (зависит от соединения полюсов), проверяемое выражением $I_k \leq I_{cu}$ (при номинальном рабочем напряжении U_e); - номинальный ток, потребляемый нагрузкой (I_b) определяет номинальный ток (I_n) термомангнитного расцепителя или нового электронного расцепителя постоянного тока (PR122/DC-PR123/DC для E_{max}), проверяемый соотношением $I_b \leq I_n$.

Алгоритм верного выбора автоматического выключателя:

Следующая схема показывает шаги верного подбора автоматического выключателя относительно параметров установки.



В следующих таблицах приведены характеристики автоматических выключателей для наихудших типов неисправностей в рассматриваемых видах сетей постоянного тока (см. главу 6 «Топологии сети постоянного тока»); указанные соединения должны быть выполнены заказчиком. Для ознакомления с электрическими характеристиками указанных выключателей смотри главу 9 «Предложение АББ».

Таблица 1-2 Соединения полюсов (для S280 UC – S800 UC) в изолированной сети

СЕТЬ, ИЗОЛИРОВАННАЯ ОТ ЗЕМЛИ		
Номинальное напряжение (Un)	≤ 500	≤ 750
Функции защиты и распределения		
S800S UC	In = 10...125 A	50

СЕТЬ, ИЗОЛИРОВАННАЯ ОТ ЗЕМЛИ		
Номинальное напряжение (Un)	≤ 440	
Функции защиты и распределения		
S280 UC	In = 0,5...2 A	50
	In = 3...40 A	6
	In = 50...63 A	4,5

Таблица 3-4 Варианты соединения полюсов модульных автоматических выключателей S280 UC-S800S UC для работы в сети с

СЕТЬ С ОДНИМ ЗАЗЕМЛЕННЫМ ПОЛЮСОМ			
Номинальное напряжение (Un)	≤ 250	≤ 500	≤ 750
Функция защиты			
S800S UC	In = 10...125 A	50	50

СЕТЬ С ОДНИМ ЗАЗЕМЛЕННЫМ ПОЛЮСОМ			
Номинальное напряжение (Un)	≤ 220		≤ 440
Функция защиты			
Защита + функция изоляции			
S280 UC	In = 0,5...2 A	50	50
	In = 3...40 A	6	10
	In = 50...63 A	4,5	6

Таблица 5 Соединение полюсов в сети с заземленной средней точкой

СЕТЬ С ЗАЗЕМЛЕННОЙ СРЕДНЕЙ ТОЧКОЙ		
Номинальное напряжение (Un)	≤ 220	
Защита + функция изоляции		
S280 UC	In = 0,5...2 A	50
	In = 3...40 A	10
	In = 50...63 A	6

Таблица 6.1 Варианты соединения полюсов автоматических выключателей в литом корпусе Tmax для работы в сети, изолированной от земли

		СЕТЬ, ИЗОЛИРОВАННАЯ ОТ ЗЕМЛИ*					
Номинальное напряжение (Un)		≤ 250		≤ 500		≤ 750	
Функции защиты и распределения							
T1 160	B	16	20		16		
	C	25	30		25		
	N	36	40		36		
T2 160	B	16	20		16		
	C	25	30		25		
	N	36	40		36		
	S	50	55		50		
	L	85	100		85		
T3 250	N	36	40		36		
	S	50	55		50		
T4 250/320	N	36		25		16	
	S	50		36		25	
	H	70		50		36	
T5 400/630	L	100		70		50	
	V	150		100		70	
T6 630/800	N	36		20		16	
	S	50		35		20	
	H	70		50		36	
	L	100		65		50	

Положительный полюс можно заменить на отрицательный.

*Для предлагаемых вариантов соединения полюсов возможность двойного замыкания на землю считается маловероятной (см. главу 6 «Типы сетей постоянного тока»)

Таблица 6.2 Варианты соединения полюсов автоматических выключателей в литом корпусе Tmax для работы в сети, изолированной от земли

		СЕТЬ, ИЗОЛИРОВАННАЯ ОТ ЗЕМЛИ*					
Номинальное напряжение (Un)		≤ 250		≤ 500			
Функции защиты и распределения							
XT1 160	B	18				18	
	C	25				25	
	N	36				36	
	S	50				50	
	H	70				70	
XT2 160	N	36		36			
	S	50		50			
	H	70		70			
	L	85		85			
	V	100		100			
XT3 250	N	36		36			
	S	50		50			
XT4 160/250	N	36	36				
	S	50	50				
	H	70	70				
	L	85	85				
	V	100	100				

Положительный полюс можно заменить на отрицательный.

*Для предлагаемых вариантов соединения полюсов возможность двойного замыкания на землю считается маловероятной (см. главу 6 «Типы сетей постоянного тока»)

* Возможность замыкания на землю второго полюса не учитывается

За информацией о применении аппаратов на более высоких напряжениях обращайтесь в АББ

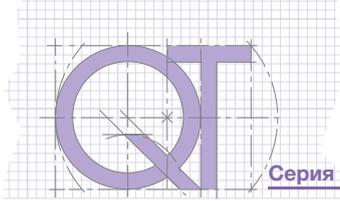


Таблица 7.1 Варианты соединения полюсов автоматических выключателей в литом корпусе Tmax для работы в сети с одной заземлённой полярностью (в рассматриваемых соединениях заземлена отрицательная полярность)

Ном. напряжение (Un)		СЕТЬ С ЗАЗЕМЛЕННЫМ ПОЛЮСОМ*				
		≤ 250		≤ 500		≤ 750
Защита + функция изоляции						
Функция защиты						
T1 160	B	16	20		16	
	C	25	30		25	
	N	36	40		36	
T2 160	B	16	20		16	
	C	25	30		25	
	N	36	40		36	
	S	50	55		50	
	H	70	85		70	
T3 250	N	36	40		36	
	S	50	55		50	
T4 250/320	N	36		25		16
	S	50		36		25
	H	70		50		36
T5 400/630	L	100		70		50
	V	150		100		70
	N	36		20		16
T6 630/800	S	50		35		20
	H	70		50		36
	L	100		65		50

*заземление должно быть осуществлено со стороны питания автоматического выключателя

Таблица 7.2 Варианты соединения полюсов автоматических выключателей в литом корпусе TmaxHT для работы в сети с одной заземлённой полярностью (в рассматриваемых соединениях заземлена отрицательная полярность)

Ном. напряжение (Un)		СЕТЬ С ЗАЗЕМЛЕННЫМ ПОЛЮСОМ*			
		≤ 250		≤ 500	
Защита + функция изоляции					
Функция защиты					
XT1 160	B	18			18
	C	25			25
	N	36			36
	S	50			50
	H	70			70
XT2 160	N	36		36	
	S	50		50	
	H	70		70	
	L	85		85	
	V	100		100	
XT3 250	N	36		36	
	S	50		50	
XT4 160/250	N	36	36		
	S	50	50		
	H	70	70		
	L	85	85		
	V	100	100		

*заземление должно быть осуществлено со стороны питания автоматического выключателя

Таблица 8.1 Варианты соединения полюсов автоматических выключателей в литом корпусе Ттах для работы в сети с одной заземлённой полярностью (в рассматриваемых соединениях заземлена отрицательная полярность)

СЕТЬ С ЗАЗЕМЛЕННОЙ СРЕДНЕЙ ТОЧКОЙ					
Номинальное напряжение (Un)		≤ 250*	≤ 500**	≤ 750	
Защита + функция изоляции					
T1 160	B	20	16		
	C	30	25		
	N	40	36		
T2 160	B	20	16		
	C	30	25		
	N	40	36		
	S	55	50		
	H	85	70		
T3 250	N	40	36		
	S	55	50		
T4 250/320	N	36	25		16
	S	50	36		25
	H	70	50		36
T5 400/630	L	100	70		50
	V	100	100		70
T6 630/800	N	36	20	16	
	S	50	35	20	
	H	70	50	36	
	L	100	65	50	

* Информацию о возможности использования трехфазных автоматических выключателей можно получить в компании АББ

Таблица 8.2 Варианты соединения полюсов автоматических выключателей в литом корпусе ТтахХТ для работы в сети с одной заземлённой полярностью (в рассматриваемых соединениях заземлена отрицательная полярность)

СЕТЬ С ЗАЗЕМЛЕННОЙ СРЕДНЕЙ ТОЧКОЙ			
Номинальное напряжение (Un)		≤ 250	≤ 500
Защита + функция изоляции			
ХТ1 160	B	18	18
	C	25	25
	N	36	36
	S	50	50
	H	70	70
ХТ2 160	N	36	36
	S	50	50
	H	70	70
	L	85	85
	V	100	100
ХТ3 250	N	36	36
	S	50	50
ХТ4 160/250	N	36	36
	S	50	50
	H	70	70
	L	85	85
	V	100	100

За информацией о применении аппаратов на более высоких напряжениях, обращайтесь в АББ

Значения, данные в следующих таблицах, указывают исполнения автоматических выключателей для применений в наихудших условиях короткого замыкания, которые характеризуются рассматриваемой топологией сети (смотри часть 6 «Топологии сетей»); соединения, данные в таблицах (опыты проводились на заводе АББ SACE), относятся к воздушным автоматическим выключателям Emax с электронными расцепителями PR122/PR123 DC. Для ознакомления с электрическими характеристиками выбранного автоматического выключателя смотри часть 9 «Предложение АББ».

Таблица 9. Соединение полюсов воздушных выключателей Emax для работы в изолированной сети

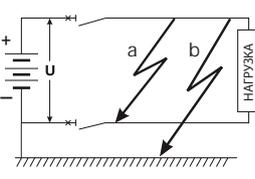
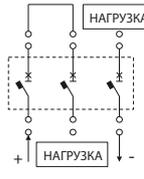
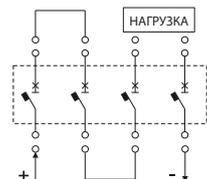
			Изолированная сеть			
Номинальное напряжение (Un)			≤ 500	≤ 750		≤ 1000
Функция изоляции			■	■	■	■
Функция защиты			■	■	■	■
PR122/DC			■	■	■	■
PR123/DC			■	■	■	■
Icu ⁽²⁾			(kA)	(kA)	(kA)	(kA)
E2	B	800	35	25	25	25
		1000				
		1250				
		1600				
	N	1600	50	25	40	25
E3	N	800	60	40	50	35
		1000				
		1250				
		1600				
		2000				
	2500					
H	1600	65 ⁽³⁾	40	50	40	
2000						
2500						
E4	S	1600	75	65	65	50
		2000				
		2500				
	H	3200	100	65	65	65
E6	H	3200	100	65	65	65
		4000				
		5000				

¹⁾ Возможность двойного замыкания на землю принимается маловероятной для данного типа соединения полюсов

²⁾ Значение Icu приведено для соотношения L/R=15мс согласно Стандарту МЭК 60946-2. Для значений при L/R=5мс и L/R=30мс, обращайтесь в АББ

³⁾ 85 кА достигается, только если питание подается от нижних выводов

Таблица 10 Соединение полюсов воздушных выключателей Emax для работы в сети с одной заземленной полярностью (заземлен отрицательный полюс)

Сеть с одним заземленным полюсом						
Номинальное напряжение (Un)		≤ 500 ⁽²⁾				
						
Функция изоляции		■		■		
Функция защиты		■		■		
PR122/DC		■		■		
PR123/DC		■		■		
Тип замыкания		a	b	a	b	
Кол-во последовательно соединенных полюсов, устраняющих аварию		3	2	4	3	
Icu ⁽³⁾		(kA)	(kA)	(kA)	(kA)	
E2	B	800	35	20	35	35
		1000				
		1250				
		1600				
N	1600	50	25	50	50	
E3	N	800	60	30	60	60
		1000				
		1250				
		1600				
		2000				
	2500					
	H	1600	65 ⁽⁴⁾	40	65 ⁽⁴⁾	65 ⁽⁴⁾
2000						
2500						
E4	S	1600	75	50	75	75
		2000				
		2500				
		3200				
	H	3200	100	65	100	100
E6	H	3200	100	65	100	100
		4000				
		5000				

- 1) За возможностью применения в сетях с положительным заземленным полюсом обращайтесь в АББ
- 2) За применениями на большие напряжения обращайтесь в АББ
- 3) Значение Icu приведено для соотношения L/R=15ms согласно Стандарту МЭК 60946-2. Для значений при L/R=5mC И L/R=30mC обращайтесь в АББ
- 4) 85 kA достигается только если питание подается от нижних выводов. Заземление должно быть обеспечено со стороны питания автоматического выключателя

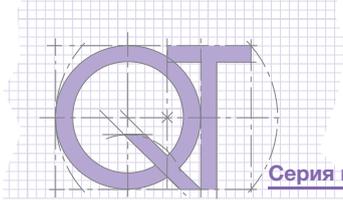


Таблица 11 Соединение полюсов воздушных выключателей Eтаx для работы в сети с заземленной средней точкой

Сеть с заземленной средней точкой																				
Номинальное напряжение (Ue)			≤ 500			≤ 500			≤ 750			≤ 1000								
PR122/DC			-			-			-			-								
PR123/DC			■			■			■			■								
Тип замыкания			a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c						
Кол-во последовательно соединенных полюсов, устраняющих аварию			3	2 (U/2)	1 (U/2)	4	2 (U/2)	2 (U/2)	4	2 (U/2)	2 (U/2)	4	2 (U/2)	2 (U/2)						
Icu ⁽¹⁾			kA			kA			kA			kA								
E2	B	800	35	35	18	35	35	35	25	25	25	25	25	25						
		1000																		
		1250																		
		1600																		
	N	1600	50	50	25	50	50	50	40	40	40	25	25	25						
25	N	800	60	60	30	60	60	60	50	50	50	35	35	35						
		1000																		
		1250																		
		1600																		
		2000																		
	2500																			
	H	1600	65 ⁽²⁾	65	40	65 ⁽²⁾	65 ⁽²⁾	65 ⁽²⁾	50	50	50	40	40	40						
		2000																		
		2500																		
E4	S	1600	75	75	35	75	75	75	65	65	65	50	50	50						
		2000																		
		2500																		
		3200																		
	H	3200	100	100	50	100	100	100	65	65	65	65	65	65						
E6	H	3200	100	100	65	100	100	100	65	65	65	65	65	65						
		4000																		
		5000																		

¹⁾ Значение Icu приведено для соотношения L/R=15ms согласно Стандарту МЭК 60946-2. Для значений при L/R=5mC И L/R=30mC обращайтесь в АББ

²⁾ 85 kA достигается, только если питание подается от нижних выводов

Следующие таблицы указывают соединения полюсов выключателей-разъединителей Tmax и Emax, согласно напряжению установки; соединения, указанные в таблицах, должны выполняться заказчиком.

Таблица 12 Соединения полюсов выключателей-разъединителей Tmax

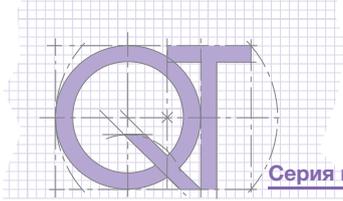
Номинальное напряжение (Un)	≤ 250	≤ 500		≤ 750
Соединение полюсов				
T1D 160	■	-	■	-
T3D 250	■	-	■	-
T4D 250/320	■	■	-	■
T5D 400/630	■	■	-	■
T6D 630/800/1000	■	■	-	■
T7D 1000/1250/1600	■	■	■	■

Таблица 13 Соединения полюсов выключателей-разъединителей Emax

Номинальное напряжение (Un)	≤ 500	≤ 750	≤ 1000	
Соединение полюсов				
X1-E1...E6 / MS	■	-	-	-
E1...E6 E/ MS	■	■	■	■

Таблица 14 Соединения полюсов выключателей-разъединителей Tmax XT

Номинальное напряжение (Un)	≤ 250	≤ 500
Соединение полюсов		
XT1D 160	■	■
XT3D 250	■	■
XT4D 250	■	■



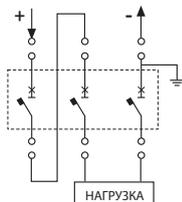
Выбор автоматического выключателя в литом корпусе серий Tmax XT и Tmax

Пример

Параметры установки:

- **Тип сети:** с одной заземлённой полярностью (только отрицательная)
 - **Напряжение установки:** $U_n = 250$ В пост. тока
 - Номинальный ток, потребляемый нагрузкой: $I_n = 450$ А
 - **Ток короткого замыкания:** 40 кА
- Выбор автоматического выключателя*
Следуя указаниям, данным на стр. 23, в выбираемом выключателе должно выполняться следующее:
- $U_e \geq U_n$
 - $I_{cu} \geq I_k$
 - $I_n \geq I_b$

В соответствии с типом сети необходимо выбрать нужную таблицу 6-7-8; в данном случае должна быть выбрана таблица, относящаяся к сети с одной заземлённой полярностью (табл. 7). Выбираем столбец с напряжением сети больше или равным напряжению электроустановки. В данном примере $U_n \geq 250$ В пост. тока. Строка таблицы определяется по номинальному непрерывному току I_n автоматического выключателя, который должен быть больше или равен току нагрузки. В рассматриваемом примере следует выбирать автоматический выключатель Tmax T5 с $I_n = 630$ А. Исполнение (N-S-N и т.д.) выбрано с учетом выполнения условия $I_{cu} > I_k$. В данном примере можно выбрать исполнение S, т.к. $I_k = 40$ кА. С учетом указанных условий остаются две схемы соединения полюсов, если и заземленный полюс сети должен отключаться, то следует выбрать следующую схему соединения:



Среди номинальных токов, доступных для термомангнитного расцепителя выключателя T5S630, может быть выбран $I_n = 500$ А; поэтому можно применять трёхполюсный термомангнитный автоматический выключатель T5S630 TMA500, использующий соединение, показанное на рисунке выше, т.е. два полюса, соединённых последовательно на изолированной полярности, и один на заземлённой.

Выбор воздушного автоматического выключателя серии Emax

Пример

Параметры установки:

- **Тип сети:** изолированная
- **Напряжение установки:** $U_n = 500$ В пост. тока
- Номинальный ток, потребляемый нагрузкой: $I_n = 1800$ А
- **Ток короткого замыкания:** 45 кА

Выбор автоматического выключателя

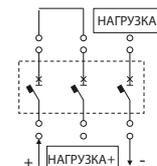
Следуя указаниям, данным на стр. 23, в выбираемом выключателе должно выполняться следующее:

- $U_e \geq U_n$
- $I_{cu} \geq I_k$
- $I_n \geq I_b$

В соответствии с типом сети необходимо выбрать нужную таблицу 9-10-11; в данном случае должна быть выбрана таблица, относящаяся к изолированной сети (табл. 9).

Столбец с исполнениями ссылается на напряжение сети выше или равное номинальному напряжению установки, и в данном случае $U_n \geq 500$ В пост. тока. В этом столбце наиболее подходящим по характеристикам тока короткого замыкания является автоматический выключатель E2N ($I_n = 50$ кА $> I_k$), но согласно таблице, относящейся к номинальному непрерывному току (стр. 39) необходимо, выбрать автомат типа E3N, т.к. он имеет ток $I_n = 2000$ А (это значение соответствует I_n расцепителя) выше, чем ток, потребляемый нагрузками; в этом случае третье соотношение выполняется.

Поэтому можно использовать трёхполюсный автоматический выключатель E3N 2000 с расцепителем PR122-123/DC $I_n = 2000$ А (соединение полюсов выполняется на заводе ABB SACE). Решение в таблице показывает соединения между трёхполюсным выключателем, нагрузкой и источником питания.



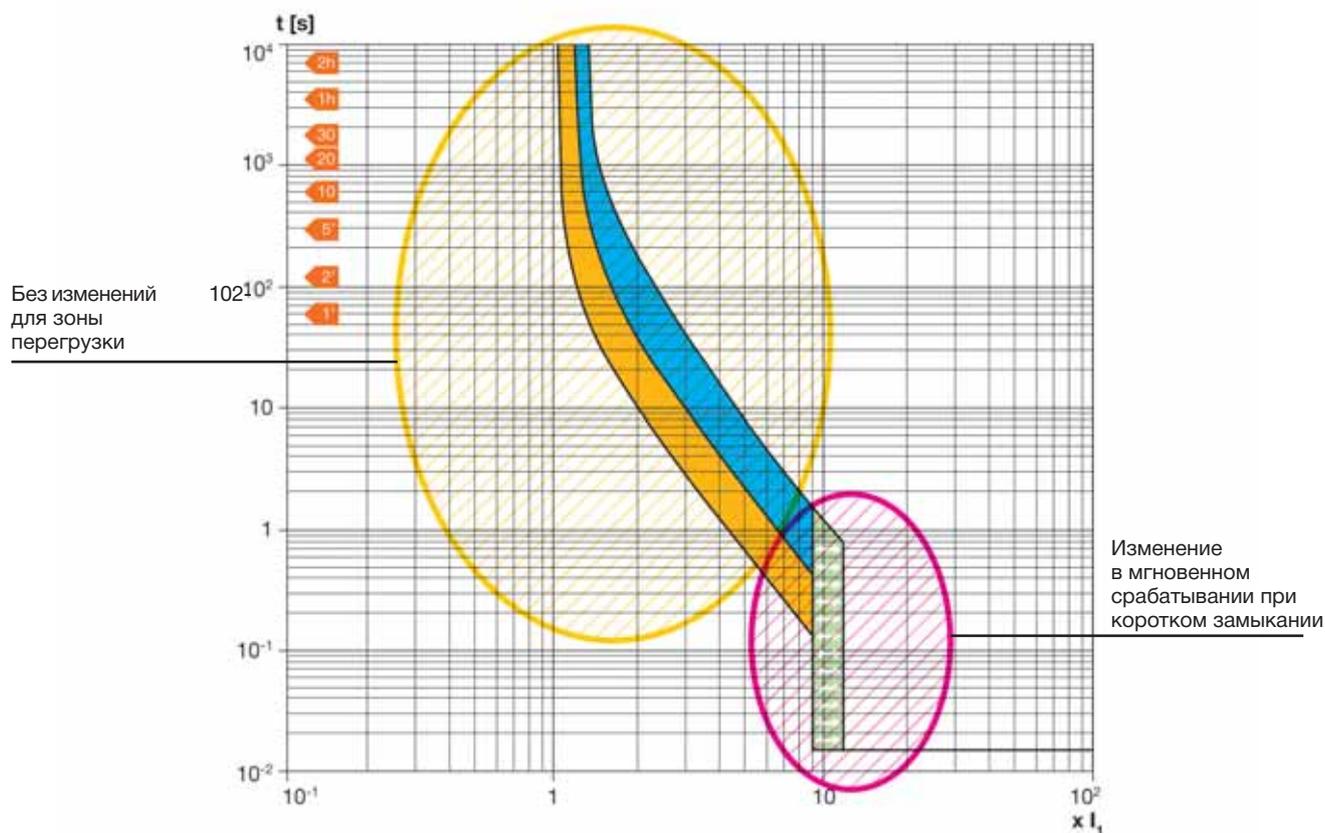
8 Использование оборудования переменного тока на постоянном токе

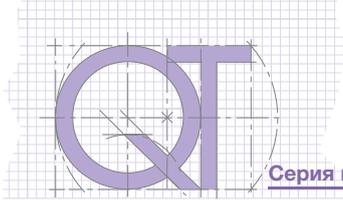
8.1 Изменение магнитного срабатывания

Термагнитные расцепители, предназначенные для автоматических выключателей переменного тока, также могут быть пригодны для применения на постоянном токе.

Часть характеристики срабатывания, относящаяся к тепловой защите не отличается от соответствующей отключающей характеристики, т.к. на биметаллические пластины расцепителя влияет нагрев при прохождении тока как переменного, так и постоянного. Биметаллические пластины чувствительны к действующему значению.

Что касается защиты от короткого замыкания с мгновенным срабатыванием, вследствие ферромагнитных особенностей мгновенное срабатывание на постоянном токе происходит при другом значении в сравнении с переменным током (зелёная область на рисунке показывает разброс магнитного срабатывания). Коэффициент, называемый k_m , может меняться в зависимости от автоматического выключателя и типа соединения полюсов, и позволяет получить порог магнитного срабатывания на постоянном токе относительно соответствующего значения на переменном токе; поэтому этот коэффициент применяется к настройке I₃.





Стоит отметить, что не происходит никаких изменений для автоматических выключателей Еmax с новыми расцепителями постоянного тока PR122-PR123/DC, т.к. время срабатывания соответствует время-токовой характеристике, задаваемой в расцепителе. Следующая таблица даёт значения коэффициента k_m

согласно типу автоматического выключателя и схеме соединения его полюсов (данные схемы действительны для всех типов цепей, т.к. коэффициент k_m зависит исключительно от характеристик автоматического выключателя).

Таблица 15 Коэффициент k_m согласно типу соединения полюсов автоматического выключателя

Схема соединения полюсов	Автоматический выключатель									
	ХТ1	ХТ2	ХТ3	ХТ4	Т1	Т2	Т3	Т4	Т5	Т6
	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.1	1.1
	1	1.15	1.15	1.15	1	1.15	1.15	1.15	1	1
	1	1.15	1.15	1.15	1	1.15	1.15	1.15	1	1
	-	-	-	-	-	-	-	1	0.9	0.9
	-	-	-	-	-	-	-	1	0.9	0.9
	-	-	-	-	-	-	-	1	0.9	0.9
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.9

Пример

Для автоматического выключателя T2N 160 TMD $I_n=160$ (имеющего магнитное срабатывание $I_3=10 \times I_n$) и выбором соединения, согласно схеме таблицы 14, можно найти коэффициент k_m , равный 1,3; тогда порог магнитного срабатывания на постоянном токе должен быть равен:

$$I_3 = 10 \times I_n \times k_m = 10 \times 160 \times 1.3 = 2080 \text{ A} (\pm 20\% \text{ точность})$$

8.2 Параллельное соединение полюсов автоматического выключателя

Автоматические выключатели в литом корпусе серии Tmax оснащаются термомагнитными расцепителями, которые могут использоваться как на переменном, так и на постоянном токе. На постоянном токе применяются автоматические выключатели с номинальным током от 1 А (Т2) до 800 А (Т6). Для применений, где требуется более высокий номинальный ток, возможно параллельное соединение автоматических выключателей так, чтобы получить требуемую проводящую способность. При выборе автоматического выключателя необходимо учитывать, что при параллельном соединении полюсов изменяется характеристика срабатывания электромагнитного расцепителя и уменьшается требуемый номинальный ток расцепителя. Такое уменьшение зависит от числа соединенных параллельно полюсов. Следующая таблица указывает коэффициенты коррекции для различных схем параллельного соединения полюсов (при использовании 4-полюсного автоматического выключателя).

	Количество параллельно соединенных проводников		
	2	3	4 (ток нейтрального полюса 100% от номинального)
Понижающий коэффициент	0,9	0,8	0,7

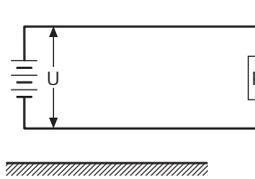
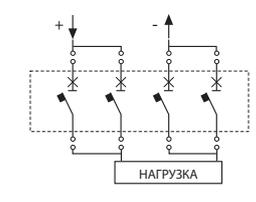
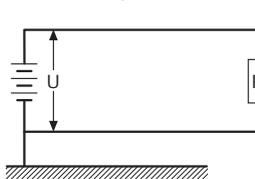
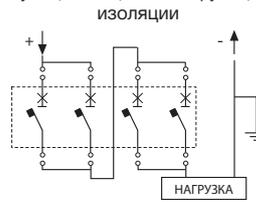
Для примера используем автоматический выключатель T6N 800 и параллельное соединение двух полюсов для каждой полярности, тогда номинальный непрерывный ток должен быть равен:

$$I_n = I_n \times n^\circ \times K = 800 \times 2 \times 0,9 = 1440 \text{ A}$$

Однако необходимо брать в рассмотрение возможные топологии повреждений относительно системы заземления установки.

АББ SACE не рекомендует соединение в параллель, т.к. действительно тяжело реализовать соединение, которое бы гарантировало идеальную сбалансированность токов, протекающих через автоматические выключатели. Поэтому для номинальных рабочих токов выше 800 А рекомендуется использовать воздушные автоматические выключатели Emax с электронными расцепителями для постоянного тока PR122 DC – PR123/DC.

В следующей таблице показаны соединения полюсов выключателей в параллель

Тип сети	Соединение полюсов в параллель	Электрические характеристики
<p>Изолированная сеть</p> 		<p>Чтобы получить данное соединение, необходимо использовать четырехполюсные выключатели с нейтральным проводником, пропускающим 100% номинальный ток. При использовании выключателя T6800 возможно получить следующие параметры:</p> <ul style="list-style-type: none"> - максимальный номинальный ток = 1440 А - мгновенное срабатывание = 14400 А (с точностью ±20%) <p>Данные параметры достижимы в установках с напряжением, не превышающим 500 В постоянного тока.</p> <p>Отключающие способности (согласно различным исполнениям выключателя):</p> <p>N = 36 кА при Un < 250 В пост. тока – 20 кА при Un < 500 В пост. тока S = 50 кА при Un < 250 В пост. тока – 35 кА при Un < 500 В пост. тока H = 70 кА при Un < 250 В пост. тока – 50 кА при Un < 500 В пост. тока L = 100 кА при Un < 250 В пост. тока – 65 кА при Un < 500 В пост. тока</p>
<p>Сеть с одной заземленной полярностью</p> 	<p>Функция защиты без функции изоляции</p> 	<p>Чтобы получить данное соединение, необходимо использовать четырехполюсные выключатели с нейтральным проводником, пропускающим 100% номинальный ток. При использовании выключателя T6800 возможно получить следующие параметры:</p> <ul style="list-style-type: none"> - максимальный номинальный ток = 1440 А - мгновенное срабатывание = 12960 А (с точностью ±20%) <p>Данные параметры достижимы в установках с напряжением, не превышающим 500 В постоянного тока.</p> <p>Отключающие способности (согласно различным исполнениям выключателя):</p> <p>N = 36 кА при Un < 250 В пост. тока – 20 кА при Un < 500 В пост. тока S = 50 кА при Un < 250 В пост. тока – 35 кА при Un < 500 В пост. тока H = 70 кА при Un < 250 В пост. тока – 50 кА при Un < 500 В пост. тока L = 100 кА при Un < 250 В пост. тока – 65 кА при Un < 500 В пост. тока</p>

9 Предложение АББ

9.1 Автоматические выключатели

Компания АББ SACE предлагает следующий ассортимент оборудования для защиты и разъединения в системах постоянного тока.

Автоматические выключатели

Автоматические выключатели, обеспечивающие защиту от сверхтоков делятся на три семейства:

Модульные (миниатюрные) автоматические выключатели
Для применения на постоянном токе используются серии S280 UC, S800S UC и S800PV.

Модульные автоматические выключатели серии S280 UC соответствуют Стандарту МЭК 60947-2 и отличаются от стандартных версий тем, что они оборудуются постоянными магнитами на дугогасительных камерах. Такие элементы позволяют обрывать дугу вплоть до напряжения 440 В пост. тока.

Наличие этих постоянных магнитов устанавливает полярность автомата (положительная или отрицательная); следовательно, соединения должны выполняться соответственно с указаниями полярности на автоматических

выключателях.

При неверном соединении полярностей можно повредить выключатель.

Автоматические выключатели серии S280 UC в специальной версии для применений на постоянном токе доступны с характеристиками В, С, К и Z.



Что касается соединений полюсов согласно топологии сети и напряжению питания, смотри таблицы части 7 «Выбор защитных устройств».

Следующая таблица указывает электрические характеристики выключателей серии S280 UC:

			S280 UC	
Стандарт			CEI EN 60947-2	
Номинальный ток	[A]		$0,5 \leq I_n \leq 40$	$50 \leq I_n \leq 63$
Количество полюсов			1P, 2P	
Номинальное напряжение Ue	1P	[B]	220 В пост. тока	
	2P, 3P, 4P	[B]	440 В пост. тока	
Номинальное напряжение изоляции Ui	[B]		500	
Максимальное рабочее напряжение Ub max	пост. ток 1P	[B]	220 В пост. тока	
	пост. ток 2P	[B]	440 В пост. тока	
Номинальная предельная и рабочая отключающие способности в соответствии с ГОСТ 50030.2 1P – 220В пост. тока, 2P – 440В пост.тока	Icu	[кА]	6	4,5
	Ics	[кА]	6	4,5
Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение (1.2/50) Uimp	[кА]		5	
Испытательное напряжение при промышленной частоте в течении 1 минуты	[кА]		3	
Характеристики термоманитного расцепителя	B: $3I_n < I_m < 5 I_n$		■	
	C: $5I_n < I_m < 10 I_n$		■	
	K: $8I_n < I_m < 14 I_n$		■	
	Z: $2I_n < I_m < 3 I_n$		■	
Электрическая износостойкость (при 415 В пер.тока)			10000	
Механическая износостойкость			20000	

В отличие от S280 UC автоматические выключатели серии S800S UC могут подключаться любой полярностью (+/-).

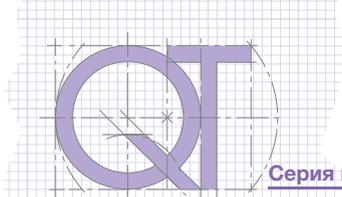


Для автоматических выключателей серии S800 UC доступны кривые В и К для обеих топологий с номинальным током до 125 А и отключающей способностью 50 кА.

Что касается соединений полюсов согласно топологии сети и напряжению питания, смотри таблицы части 7 «Выбор защитных устройств».

Следующая таблица указывает электрические характеристики выключателей серии S800 UC:

			S800S UC
Стандарт			IEC 60947-2
Номинальный ток I_n	[A]		10...125
Количество полюсов			10...125
Номинальное напряжение U_e	d.c./poles	[B]	250
Максимальное рабочее напряжение $U_b \max$	d.c./poles		250
Номинальное напряжение изоляции U_i	d.c./poles	[B]	250
Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение U_{imp}	d.c./poles	[кВ]	8
Номинальная предельная отключающая способность I_{cu} IEC 60947-2	[кА]		50
Номинальная рабочая отключающая способность I_{cs} IEC 60947-2	[кА]		50
Пригодность для изоляции в соответствии с ГОСТ 50030.2	[кА]		3
Характеристики термомангнитного расцепителя	B: $4I_n < I_m < 7 I_n$		■
	K: $7I_n < I_m < 14 I_n$		■



Серия S800 PV включает устройства, предназначенные для применения в цепях постоянного тока с высоким напряжением, типичным для фотогальванических станций (в соединении между панелями и инвертором).

Эти серии включают в себя как термомангнитные автоматические выключатели типа S800 PV-S, оснащённые двойными дугогасящими камерами для гашения коротких замыканий с напряжениями до 1200 В пост. тока, так и миниатюрные выключатели-разъединители типа S800 PV-M, которые относятся к Стандарту МЭК 60947-3 и гарантируют полное разъединение на стороне постоянного тока фотогальванических станций.



Следующая таблица указывает электрические характеристики автоматических выключателей и выключателей-разъединителей серии S800 PV:

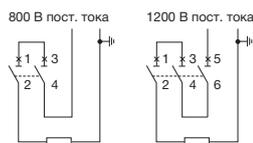
		S800 PV-S	S800 PV-M
Стандарт		IEC 60947-2	IEC 60947-3
Номинальный ток, I _n	[A]	10...80	32,125
Количество полюсов		2...4	2...4
Номинальное напряжение, U _e	2 полюса (пост. ток)*	[В]	800
	3 полюса (пост. ток)*	[В]	1200
	4 полюса (пост. ток)*	[В]	1200
Номинальное напряжение изоляции, U _i	[В]	1500	
Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение, U _{imp}	[кВ]	8	
Номинальная предельная отключающая способность, I _{cu} в соответствии с ГОСТ 50030.2	800 В пост. тока (2 полюса)*	[кА]	5
	1200 В пост. тока (3 полюса)*	[кА]	5
	1200 В пост. тока (4 полюса)*	[кА]	5
Номинальная рабочая отключающая способность, I _{cs} в соответствии с ГОСТ 50030.2	800 В пост. тока (2 полюса)*	[кА]	5
	1200 В пост. тока (3 полюса)*	[кА]	5
	1200 В пост. тока (4 полюса)*	[кА]	5
Номинальный выдерживаемый ток КЗ в течение 1 с, I _{csw} в соответствии с ГОСТ 50030.3	800 В пост. тока (2 полюса)*	[кА]	-
	1200 В пост. тока (3 полюса)*	[кА]	1,5
	1200 В пост. тока (4 полюса)*	[кА]	1,5
Номинальная включающая способность, I _{cm} в соответствии с ГОСТ 50030.3	800 В пост. тока (2 полюса)*	[кА]	-
	1200 В пост. тока (3 полюса)*	[кА]	0,5
	1200 В пост. тока (4 полюса)*	[кА]	0,5
Категория применения		A	DC-21A

* Please refer to the connection diagrams

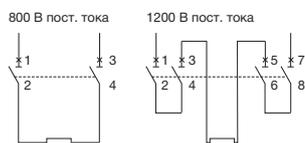
Для полюсных соединений, пожалуйста, соблюдайте следующие схемы:

Применение термомангнитного автоматического выключателя типа S800 PV-S на постоянном токе

Фотогальваническая сеть с одной заземлённой полярностью

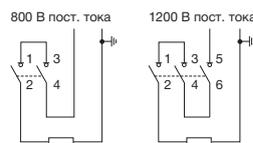


Фотогальваническая сеть в изолированных системах

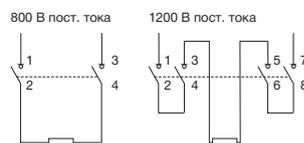


Применение выключателей-разъединителей типа S800 PV-M на постоянном токе

Фотогальваническая сеть в изолированных системах



Фотогальваническая сеть с одной заземлённой полярностью



Автоматические выключатели в литом корпусе

Автоматические выключатели в литом корпусе серий Tmax и Tmax XT соответствуют Стандарту ГОСТ Р 50030.2, оборудуются термомагнитными расцепителями и делятся на десять основных типоразмеров с областью применения от 1 А до 800 А и отключающими способностями от 16 кА до 150 кА (250 В пост. тока с двумя последовательными полюсами). Минимальное рабочее напряжение 24 В пост. тока. Доступны следующие автоматические выключатели:

- Выключатели Tmax XT1, XT2 (до 32 А), XT3, XT4 (до 32 А) и Tmax T1, T2, T3, T4 (до 50 А), оснащаемые термомагнитным расцепителем TMD с настраиваемым тепловым порогом ($I_1 = 0,7 \dots 1 \times I_n$) и фиксированным порогом магнитного срабатывания ($i3^* = 10 \times I_n$);
- Выключатели Tmax XT2, XT3 и Tmax T2, T3, T5, оснащённые термомагнитным расцепителем TMG с настраиваемым тепловым порогом ($I_1 = 0,7 \dots 1 \times I_n$) и фиксированным порогом магнитного срабатывания ($i3^* = 3 \times I_n$) или настраиваемым ($i3^* = 2,5 \dots 5 \times I_n$);
- Выключатели Tmax XT2, XT4 и Tmax T4, T5, T6, оснащённые термомагнитным расцепителем TMA с настраиваемым тепловым порогом ($I_1 = 0,7 \dots 1$

$\times I_n$) и настраиваемым магнитным порогом ($i3^* = 5 \dots 10 \times I_n$).

Для определения требуемого соединения полюсов согласно топологии сети и напряжению питания смотри главу 7 «Выбор защитного устройства».



Трёхполюсные автоматические выключатели типа T2, XT3, XT4, T2, T3 и T4 могут оснащаться только магнитными расцепителями MF и MA.

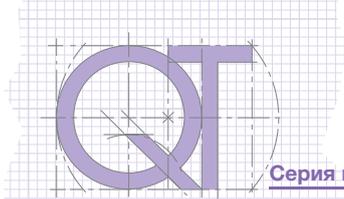
* Как отмечается в главе 8 «Применение оборудования переменного тока на постоянном токе», значение порога магнитного срабатывания зависит от соединения полюсов.

Следующая таблица показывает исполнения автоматических выключателей Tmax для постоянного тока

		T1 1P	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Номинальный ток выключателя, I _n	(A)	160	160	160	250	250/320	400/630	630/800
Количество полюсов	(Nr)	1	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4
Номинальное рабочее напряжение, U _e	V	125	500	500	500	750	750	750
Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение, U _{imp}	kV	8	8	8	8	8	8	8
Номинальное напряжение изоляции, U _i	V	500	800	800	800	1000	1000	1000
Испытательное напряжение при промышленной частоте в течение 1 минуты	V	3000	3000	3000	3000	3500	3500	3500
Номинальная предельная отключающая способность, I _{cu}	B	B C N	N S H L	N S	N S	N S H L V	N S H L V	N S H L
250 В пост. тока – 2 полюса соединены последовательно (кА)	(кА)	25 (I _{to} 125V)	16 25 36 36	50 70 85 36	50 36 50 36	50 70 100 150 36	50 70 100 150 36	50 70 100
250 В пост. тока – 3 полюса соединены последовательно (кА)	(кА)	-	20 30 40 40	55 85 100 40	55 - - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -
500 В пост. тока – 2 полюса соединены последовательно (кА)	(кА)	-	- - - - -	- - - - -	- - - - -	25 36 50 70 100	25 36 50 70 100	20 35 50 65
500 В пост. тока – 3 полюса соединены последовательно (кА)	(кА)	-	16 25 36 36	50 70 85 36	50 - - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -
750 В пост. тока – 3 полюса соединены последовательно (кА)	(кА)	-	- - - - -	- - - - -	- - - - -	16 25 36 50 70	16 25 36 50 70	16 20 36 50
Категория применения (по ГОСТ Р 50030.2)	A	A	A	A	A	A	B (400A)(1) - A (630A)	B (2)
Пригодность к разъединению	■	■	■	■	■	■	■	■
Термомагнитные расцепители								
Т фиксированная, М фиксированная	TMF	■	-	-	-	-	-	-
Т настраиваемая, М фиксированная	TMD	-	■	■	■	■ до (50А)	-	-
Т настраиваемая, М настраиваемая (5...10 x I _n)	TMA	-	-	-	-	■ до (250А)	■	■
Т настраиваемая, М фиксированная (3 x I _n)	TMG	-	-	■	■	-	-	-
Т настраиваемая, М фиксированная (2,5...5 x I _n)	TMG	-	-	-	-	-	■	-
Взаимозаменяемость	-	-	-	-	-	■	■	■
Исполнения	F	F-P	F-P	F-P	F-P	F-P-W	F-P-W	F-W

(1) I_{cu}=5кА

(2) I_{cu}=7.6 кА (630А) - 10кА (800А)



Следующая таблица показывает исполнения автоматических выключателей Tmax для постоянного тока

		XT1					XT2					XT3		XT4				
Номинальный ток выключателя, Iu	A	160					160					250		160/250				
Количество полюсов	Nr.	3/4					3/4					3/4		3/4				
Номинальное рабочее напряжение Ue	B	500					500					500		500				
Номинальное импульсное напряжение Uimp	kB	8					8					8		8				
Номинальное напряжение изоляции, Ui	B	800					1000					800		1000				
Номинальная предельная отключающая способность, Icu		B	C	N	S	H	N	S	H	L	V	N	S	N	S	H	L	V
250 В пост. тока -2 полюса соединены последовательно	kA	18	25	36	50	70	36	50	70	85	100	36	50	36	50	70	85	100
500 В пост. тока -2 полюса соединены последовательно	kA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36	50	70	85	100
500 В пост. тока -3 полюса соединены последовательно	kA	18	25	36	50	70	36	50	70	85	100	36	50	36	50	70	85	100
Категория применения по ГОСТ Р50030.2)		A					A					A		A				
Пригодность к разъединению		■					■					■		■				
Термомагнитные расцепители																		
T настраиваемая, M фиксированная	TMD	■					■ (до 32A)					■		■ (до 32A)				
T настраиваемая, M настраиваемая	TMA	-					■					-		■				
Только магнитный расцепитель	MF/MA	-					■					■		■				
Взаимозаменяемость		-					■					-		■				
Версии		F-P					F-P-W					F-P		F-P-W				

Распределение энергии

MCCBs	XT1	XT2	XT3	XT4
In размер	160	160	250	250
1,6				
2				
2,5				
3,2				
4				
5				
6,3				
8				
10				
12,5				
16				
20				
25				
32				
40				
50				
63				
80				
100				
125				
160				
200				
225				
250				

Защита двигателя

MCCBs	XT2	XT3	XT4
In размер	160	250	250
1			
2			
4			
8,5			
10			
12,5			
20			
32			
52			
80			
100			
125			
160			
200			

Описание

- TMG = термомагнитный расцепитель с низкой отсечкой магнитного срабатывания
- TMF = термомагнитный расцепитель с фиксированными порогами теплового и магнитного срабатывания
- TMD = термомагнитный расцепитель с настраиваемым порогом тепловым и ненастраиваемым магнитным порогом срабатывания
- TMA = термомагнитный расцепитель с настраиваемым тепловым и магнитным порогами срабатывания
- MF = ненастраиваемый только магнитный расцепитель
- MA = настраиваемый только магнитный расцепитель

Воздушные автоматические выключатели

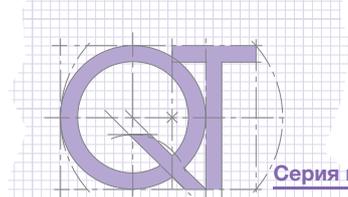
Воздушные автоматические выключатели серии Emax соответствуют Стандарту ГОСТ Р 50030.2, оснащаются новыми электронными расцепителями для постоянного тока PR122/DC – PR123/DC. Выпускается четыре основных типоразмера на токи от 800 А (типоразмер E2) до 5000 А (типоразмер E6) и отключающими способностями от 35 кА до 100 кА (на 500 В пост. тока). При использовании модуля напряжения PR120/LV минимальное рабочее напряжение становится равным 24 В пост. тока. Для определения требуемого соединения полюсов согласно топологии сети и напряжению питания смотри главу 7 «Выбор защитного устройства». Благодаря новой уникальной технологии новые электронные расцепители для постоянного тока PR122/DC – PR123/DC, производимые АББ SACE, позволяют удовлетворить практически любые функции защиты, доступные ранее только для защиты электроустановок переменного тока.

Выключатели серии Emax DC сохранили одинаковые габаритные размеры, механические и электрические аксессуары, свойственные для стандартной версии Emax переменного тока.



Следующая таблица показывает исполнения автоматических выключателей Emax для постоянного тока

		E2		E3		E4		E6
Номинальный ток выключателя, I _n	(A)	B	N	N	H	S	H	H
	(A)	800	1600	800	1600	1600	3200	3200
	(A)	1000		1000	2000	2000		4000
	(A)	1250		1250	2500	2500		5000
	(A)	1600		1600		3200		
	(A)			2000				
	(A)			2500				
Количество полюсов	(Nr)	3/4		3/4		3/4		3/4
Номинальное рабочее напряжение, U _e	V	< 1000		< 1000		< 1000		< 1000
Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение, U _{imp}	кВ	12		12		12		12
Номинальное напряжение изоляции, U _i	V	1000		1000		1000		1000
Номинальная предельная отключающая способность, I _{cu}	500 В пост. тока (кА)	35	50	60	85	75	100	100
	750 В пост. тока (кА)	25	35	50	65	65	85	85
	1000 В пост. тока (кА)	25	35	35	65	50	65	65
Номинальная рабочая отключающая способность	500 В пост. тока (кА)	35	50	60	85	75	100	100
	750 В пост. тока (кА)	25	35	50	65	65	85	85
	1000 В пост. тока (кА)	25	35	35	65	50	65	65
Номинальный кратковременно выдерживаемый ток	500 В пост. тока (кА)	35	50	35	65	75	100	100
	750 В пост. тока (кА)	25	35	35	65	65	85	85
	1000 В пост. тока (кА)	25	35	35	65	50	65	65
Категория применения (по ГОСТ Р 50030.2)		B		B		B		B
Пригодность к разъединению		■		■		■		■
Защита от короткого замыкания	PR122/DC	■		■		■		■
	PR123/DC	■		■		■		■



Кроме «стандартных» функций защиты (т.е. защиты от перегрузки и короткого замыкания), новые расцепители PR122 – PR123/DC предлагают несколько «дополнительных» защитных функций; все возможные функции собраны в следующей таблице:

Характеристики

Функция защиты		PR122	PR123
L	Защита от перегрузки с обратозависимой длительной задержкой по времени	■	■
S	Защита от короткого замыкания с обратозависимой или фиксированной кратковременной задержкой срабатывания расцепителя	■	■
S	Вторая селективная задержка от короткого замыкания с обратозависимой или фиксированной кратковременной задержкой срабатывания расцепителя		■
I	Мгновенная защита от короткого замыкания с регулируемой уставкой срабатывания расцепителя	■	■
G	Защита от замыкания на землю		■
U	Защита от небаланса токов (напряжений)		■
OT	Защита (контроль) от превышения температуры	■	■
UV	Защита от пониженного напряжения		■
OV	Защита от повышенного напряжения		■
RP	Защита от реверсирования мощности		■
M	Тепловая память для функций L и S	■	■

Дополнительная информация дана в приложении к каталогу Emax

Новые электронные расцепители с усовершенствованным человеко-машинным интерфейсом позволяют реализовывать все возможные функции защиты электроустановки. Расцепители выполняют следующие функции измерения и контроля:

Измерения	PR122/DC-PR123/DC
Токи	■
Напряжения	■ ⁽¹⁾
Мощность	■ ⁽¹⁾
Энергия	■ ⁽¹⁾
Фиксация событий и данных технического обслуживания	
Фиксация события и времени его возникновения	■
Хранение событий в памяти в хронологическом порядке	■
Подсчет количества срабатываний и оценка износа контактов	■
Связь с системой управления и централизованный контроль	
Дистанционная настройка параметров функций защиты, конфигурации устройства, связи	opt ⁽²⁾
Передача от автоматического выключателя в систему результатов измерений и информации об аварийных состояниях	opt ⁽²⁾
Передача от автоматического выключателя в систему данных о событиях и необходимости технического обслуживания	opt ⁽²⁾
Сигнализация	
Сигнализация аварийного срабатывания вследствие превышения температуры	■
Контроль состояния расцепителя	■
Интерфейс пользователя	
Настройка параметров с помощью коавиатуры и ЖК дисплея	■
Аварийные сигналы для функций L, S, I, G	■
Аварийная сигнализация при наступлении одного из следующих событий: превышение температуры, небаланс токов (напряжений), превышение порога минимального напряжения, превышения порога перенапряжения, реверсирование мощности	■
Полное управление предупредительной и аварийной сигнализации от всех функций защиты	■
Ввод пароля для доступа в режим «Чтение» или «Редактирование»	■
Контроль нагрузки	
Включение и отключение нагрузки в зависимости от тока через автоматический выключатель	■
Зонная селективность	
Можно реализовать для функций защиты S, G ⁽¹⁾	■

(1) Только для PR123/DC

(2) При использовании коммуникационного модуля PR120/DM

9.2 Выключатели-разъединители

Для выполнения функции изоляции и полного отключения источника энергии или отключения отдельных секций в установках постоянного тока компания АББ SACE предлагает: Выключатели-разъединители – производные от автоматов в литом корпусе Tmax.

Выключатели-разъединители Tmax получают из соответствующих версий автоматических выключателей, при этом сохраняют одинаковые габаритные раз-

меры, исполнения, систему крепления и возможность установки одинаковых аксессуаров. Отличие от автоматических выключателей – в отсутствии защитного расцепителя. Эти выключатели-разъединители могут использоваться до 750 В пост. тока (T4D-T5D-T6D-T7D). Для определения требуемого соединения полюсов, согласно топологии сети и напряжения питания, смотри главу 7 «Выбор защитного устройства».

Следующая таблица показывает исполнения выключателей-разъединителей, производных от автоматов в литом корпусе Tmax:

		XT1D	XT3D	XT4D	T1D	T3D	T4D	T5D	T6D	Tmax T7D
Условный тепловой ток, I _{th}	[A]	160	250	250	160	250	250/320	400/630	630/800/1000	1000/1250/1600
Номинальный рабочий ток для категории применения DC22	[A]	160	250	250	160	250	250/320	400/630	630/800/1000	1000/1250/1600
Количество полюсов		3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4
Номинальное рабочее напряжение, U _e	[B]	500	500	500	500	500	750	750	750	750
Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение, U _{imp}	[кВ]	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Номинальное напряжение изоляции, U _i	[B]	800	800	800	800	800	800	800	1000	1000
Номинальный кратковременно выдерживаемый ток, I _{cw}	[кА]	2	3.6	3.6	2	3.6	3.6	6	15	20
Соответствие стандарту		ГОСТ Р 50030.3								
Исполнение		F - P	F - P	F - P - W	F	F - P	F - P - W	F - P - W	F - W	F - W

- Выключатели-разъединители, производные от воздушных автоматических выключателей Emax

Выключатели-разъединители Emax выполнены на основе соответствующих автоматических выключателей, при этом сохраняют габаритные размеры, исполнения, систему крепления и возможность установки аксессуаров. Отличие от автоматических выключателей в отсутствии защитного расцепителя. Эти выключатели-разъединители доступны как в ста-

онарных, так и выкатных исполнениях, трёх- и четырёхполюсные, и могут использоваться по категории применения AC23A (включение двигателей или других высокоиндуктивных нагрузок). Для определения требуемого соединения полюсов согласно топологии сети и напряжения питания смотри таблицу 13

Следующая таблица указывает исполнения выключателей-разъединителей, производных от воздушных автоматов Emax:

		X1B/MS	E1N/MS	E2B/MS	E2N/MS	E2S/MS	E3N/MS	E3S/MS	E3V/MS	E4S/MS	E4H/fMS	E4H/MS	E6H/MS	E6H/fMS
Номинальный ток (при 40 °C) I _n	[A]	1000	800	1600	1000	1000	2500	1000	800	4000	3200	3200	4000	4000
	[A]	1250	1000	2000	1250	1250	3200	1250	1250		4000	4000	5000	5000
	[A]	1600	1250		1600	1600		1600	1600				6300	6300
	[A]		1600		2000	2000		2000	2000					
	[A]							2500	2500					
	[A]							3200	3200					
Номинальное рабочее напряжение U _e	[B -]	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Номинальное напряжение изоляции U _i	[B -]	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение U _{imp}	[кВ]	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Номинальный кратковременно выдерживаемый ток I _{cw}	1с [кА]	42	50	42	55	65	65	75	85	75	85	100	100	100
	3с [кА]		36	42	42	42	65	65	65	75	75	75	85	85

Приложение А

Системы распределения постоянного тока

Стандарт МЭК 60364-1 определяет системы распределения постоянного тока аналогичными переменному току:

Система TT

полярность системы и открытые проводящие части соединяются с двумя электрически независимыми системами заземления. Если необходимо, центр источника питания может быть подсоединён к земле.

Рисунок 18 Система TT на пост. токе

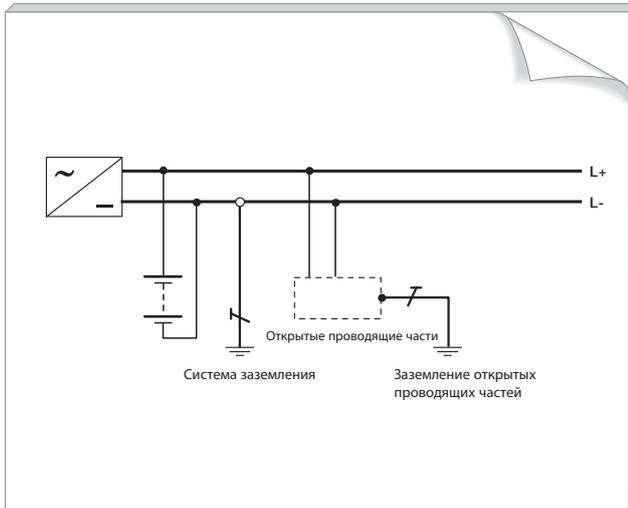
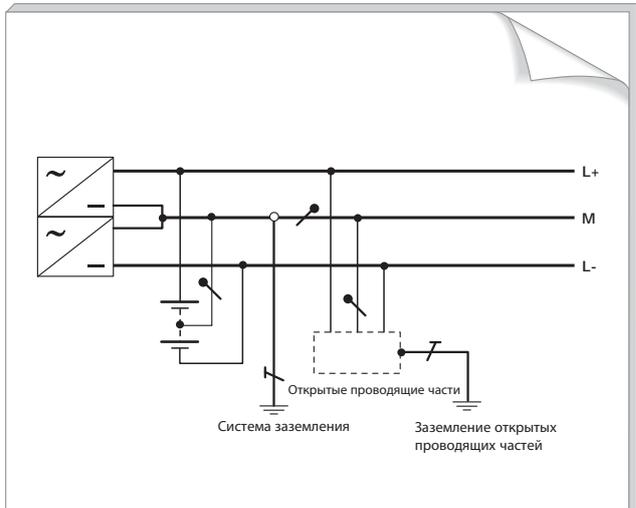


Рисунок 19 Система TT с заземлённой средней точкой источника питания



В данном приложении не рассматриваются вопросы выбора полюса, подлежащего заземлению (положительного или отрицательного)

Система TN

полярность или средняя точка источника питания напрямую соединяется с землёй; открытые проводящие части соединяются с той же точкой. Определяется три типа систем TN: заземлённая полярность, разделён нулевой защитный проводник или нет:

1. Система TN-S - полярность соединена с землёй и защитный проводник PE распределён.

Рисунок 20 Система TN-S на постоянном токе

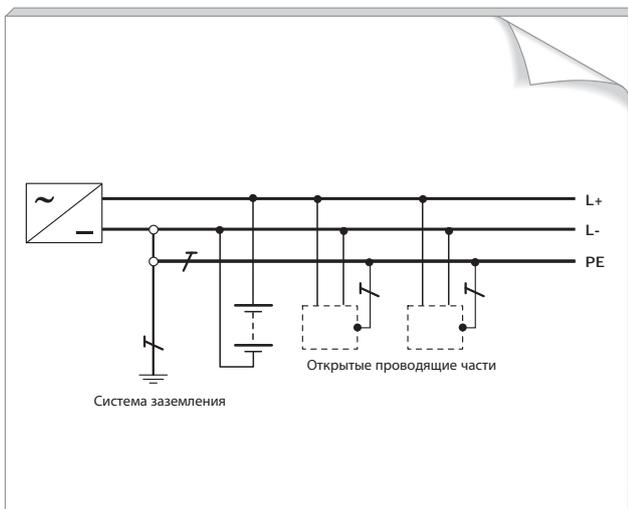
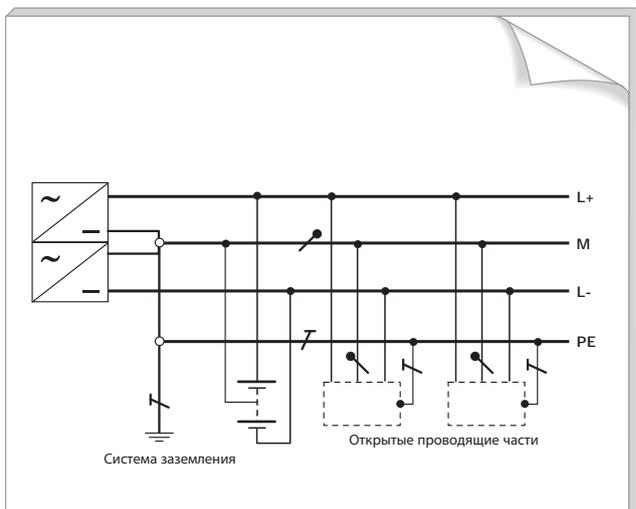


Рисунок 21 Система TN-S с заземлённой средней точкой источника питания



2. Система TN-C – функции заземлённой полярности и защитного проводника частично объединены в одном проводнике, называемом PEN проводник

Рисунок 22 Система TN-C на постоянном токе

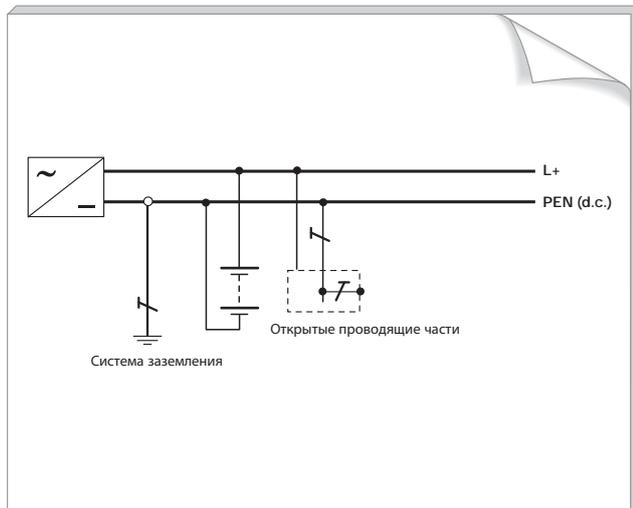
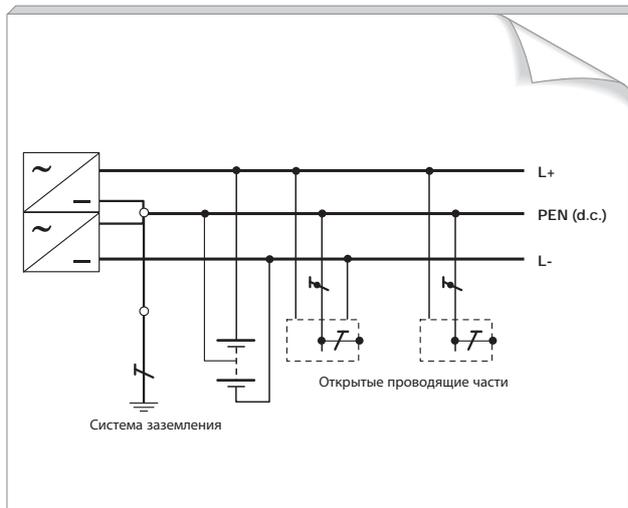


Рисунок 23 Система TN-C с заземлённой средней точкой источника питания



3. Система TN-C-S - функции заземлённой полярности и защитного проводника частично объединены в один проводник, называемый PEN проводник и частично разделены

Рисунок 24 Система TN-C-S на постоянном токе

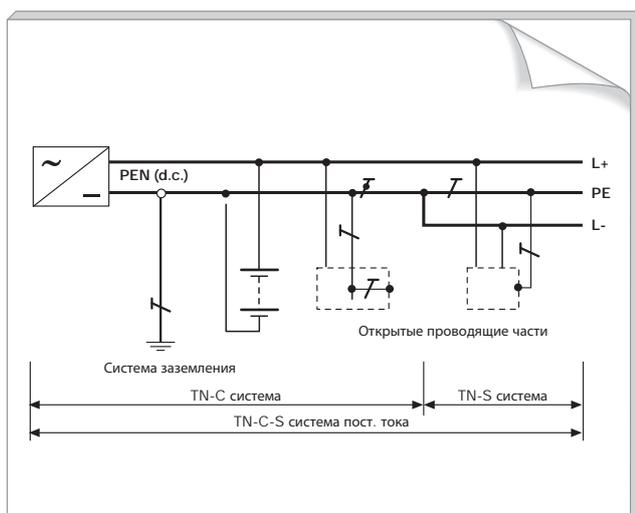
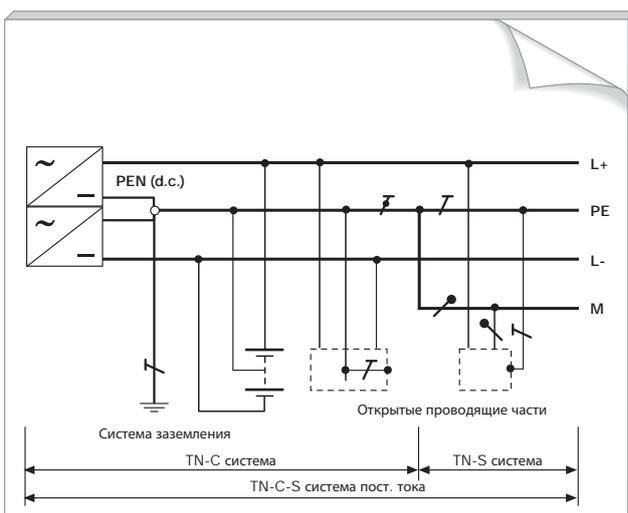


Рисунок 25 Система TN-C-S с заземлённой средней точкой источника питания



Система IT

источник питания не соединён с землёй; открытые проводящие части соединяются к одной точке заземления.

Рисунок 26 Система IT на пост. токе

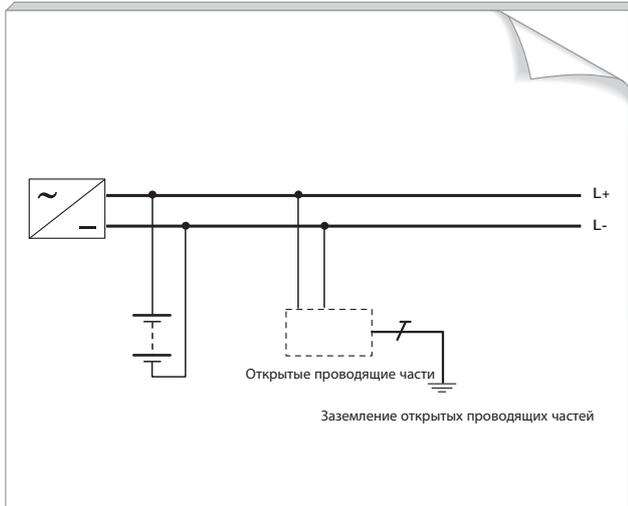
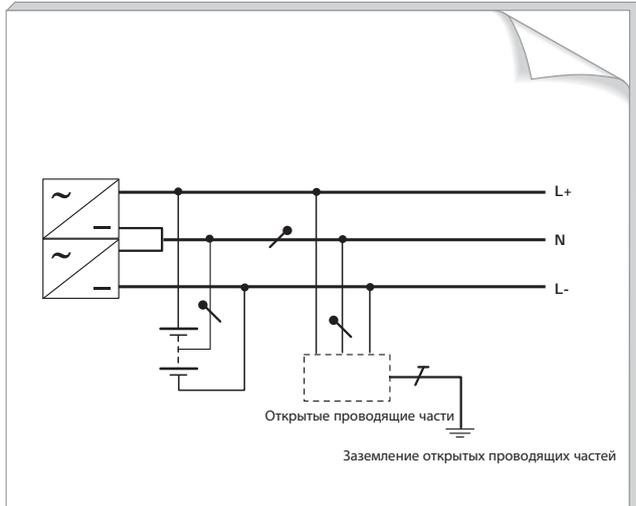


Рисунок 27 Система IT с заземлённой средней точкой



Защита от косвенного прикосновения

Для цели защиты от прямого и косвенного прикосновений, Стандарт МЭК 60364-4 предписывает, что защитное устройство должно автоматически отключать питание. Так что в случае повреждения между токо-ведущей частью и открытой проводящей частью или защитным проводником повышение напряжения 120 В (пост. тока) не превышало бы время, рассматриваемое с точки зрения опасных физиологических воздействий для человека⁽¹⁾.

Для особых условий окружающей среды время отключения и значения напряжения ниже, чем вышеупомянутое требование. Другие требования для систем постоянного тока изучаются в настоящее время.

(1) Для систем IT автоматическое отключение цепи не требуется при первом коротком замыкании

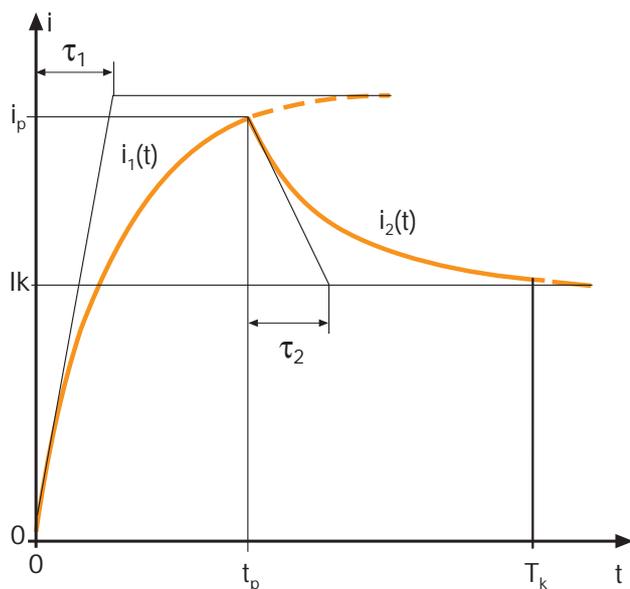
Приложение В

Расчёт токов короткого замыкания

Расчёт токов короткого замыкания является основой для верного выбора компонентов электроустановки и устройств ее защиты.

В этой главе приведены некоторые краткие рекомендации о том, как дать оценку току короткого замыкания в соответствии с предписанием международного Стандарта МЭК 61660-1: «Токи короткого замыкания во вспомогательных установках постоянного тока на электростанциях и подстанциях». Стандарт предлагает несколько методов расчёта, которые дают результаты с достаточной точностью в отношении токов короткого замыкания, важных для работы электрических компонентов, работающих как источники тока короткого замыкания. Хотя Стандарт даёт рекомендации по анализу различных источников питания, мы будем принимать во внимание только информацию о свинцово-кислотных аккумуляторах и приведем время-токовые кривые других источников (трёхфазных мостовых выпрямителей переменного тока частотой 50 Гц, сглаживающих конденсаторов и двигателей постоянного тока с независимым возбуждением).

Термины, используемые в формулах, представлены на следующем рисунке, отображающем типичную зависимость кривой короткого замыкания на постоянном токе от времени:



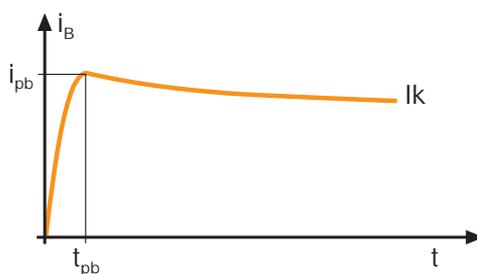
где

- I_k – ток короткого замыкания в установившемся режиме;
- i_p – пиковое значение тока короткого замыкания;
- T_k – длительность тока короткого замыкания;
- t_p – время до первого пикового значения;
- τ_1 – постоянная времени нарастания тока;
- τ_2 – постоянная времени спада тока.

Расчёт тока короткого замыкания для стационарного свинцово-кислотного аккумулятора

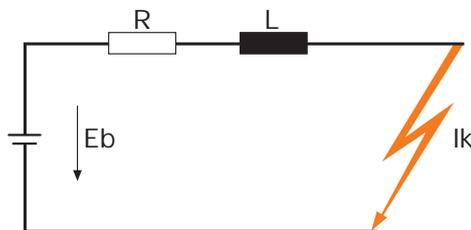
На следующем рисунке показана кривая тока короткого замыкания для стационарного свинцово-кислотного аккумулятора. Как можно видеть на рисунке, после t_{pb} – времени, необходимого до достижения пика тока (i_{pb}), значение тока короткого замыкания понижается до установившегося значения.

Рисунок 28 График тока короткого замыкания стационарного свинцово-кислотного аккумулятора



Расчёты на следующих страницах относятся к следующей схеме:

Рисунок 29 Схема цепи постоянного тока



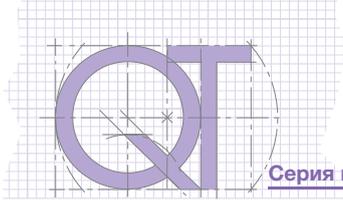
где

$$R = 0.9 \cdot R_b + R_{bl} + R_y$$

- R_b = сопротивление аккумулятора в случае короткого замыкания (значение указывается производителем);
- R_{bl} = сопротивление проводника в ветви аккумулятора;
- R_y = сопротивление основной ветви с другими источниками, если они присутствуют

$$L = L_b + L_{bl} + L_y$$

- L_b = сопротивление аккумулятора в случае короткого замыкания (значение указывается производителем);
- L_{bl} = сопротивление проводника в ветви аккумулятора;
- L_y = сопротивление основной ветви с другими источниками, если они присутствуют;
- E_b = напряжение холостого хода аккумулятора.



Пиковый ток короткого замыкания:

$$i_{pb} = \frac{E_b}{R}$$

Ток короткого замыкания в установившемся режиме:

$$I_{kb} = \frac{0.95 E_b}{R + 0.1 R_b}$$

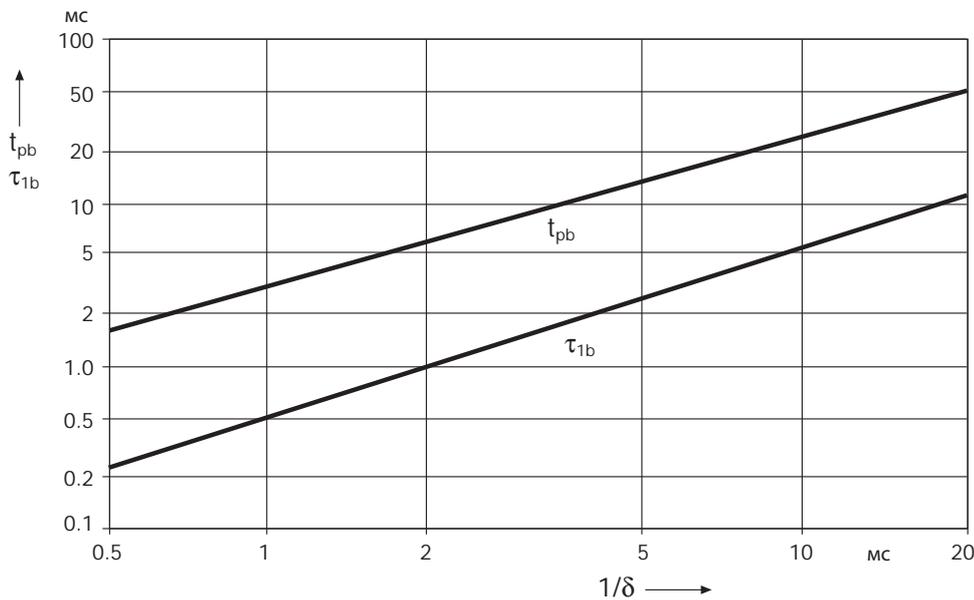
Время пика t_p и постоянная времени роста τ_1

Для определения этих параметров необходимо вычислить отношение:

$$\frac{1}{\delta} = \frac{1}{\frac{R}{L} + \frac{1}{T_B}}$$

с постоянной времени $T_B = 30\text{ms}$

Рассчитав отношение $\frac{1}{\delta}$, можно определить t_p и τ_1 из следующего графика:



Постоянная спада τ_2

Постоянная времени спада равняется $\tau_2=100\text{ ms}$

Пример расчёта тока короткого замыкания аккумуляторных батарей

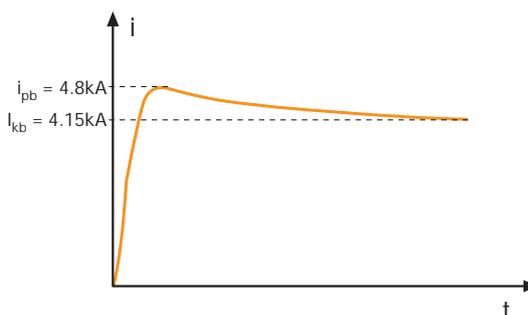
Вычислим ток короткого замыкания аккумулятора со следующими характеристиками:

- максимальное напряжение разряда = 240 В пост. тока
- ёмкость аккумулятора = 50Ач
- число блоков последовательно = 110 (каждый блок 2,2В)
- внутреннее сопротивление одного блока = 0,5 мОм

$$R_{tot} = N^{\circ}_{\text{no. of monoblocks}} \times R_i = 110 \times 0.5 \times 10^{-3} = 0.055 \Omega$$

$$I_{kb} = \frac{0.95 \times E_b}{R_{tot}} = \frac{0.95 \times 240}{0.055} = 4.15 \text{ kA}$$

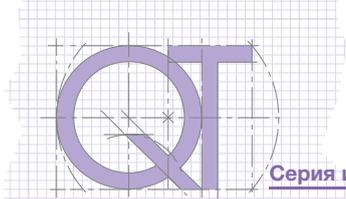
$$i_{pb} = \frac{E_b}{0.9 \times R_{tot}} = \frac{240}{0.9 \times 0.055} = 4.8 \text{ kA}$$



В следующей таблице представлены все типы токов короткого замыкания, определенные и описанные в стандарте МЭК 61660-1, соответствующие различным источникам короткого замыкания:

Источники короткого замыкания	Типы короткого замыкания	Описание
Стационарный свинцово-кислотный аккумулятор		
Выпрямители в трехфазных мостовых схемах для 50 Гц без (I_{k2}) и с сглаживающими реакторами (I_{k1})		
Сглаживающие конденсаторы		
Двигатели постоянного тока с независимым возбуждением без дополнительной энергонной массы (I_{k3}) или с дополнительной энергонной массой (I_{k4})		

i_p = пиковое значение токов короткого замыкания
 t_p = отрезок времени до пикового значения
 I_k = ток короткого замыкания в установившемся режиме



Приложение С

Автоматические выключатели и разъединители для применений до 1000 В пост. тока

В основном электроустановки на 1000 В пост. тока используются для электротяги, шахт, дорожных тоннелей, железнодорожных и промышленных применений. Использование на таком высоком значении напряжения находит применение в тех установках, где необходимо иметь распределительные линии намного длиннее, чем линии НН, или в применениях, требующих питания нагрузки большой мощности. В указанных случаях небольшой номинальный ток и небольшие токи короткого замыкания можно обеспечить только, если увеличить номинальное напряжение электроустановки.

В результате можно использовать проводники меньшего сечения как в распределительных устройствах, так и в распределительных линиях, что позволяет сократить начальные инвестиции, а за счет снижения потерь мощности, обусловленных тепловым действием тока, – и эксплуатационные расходы. Дополнительным преимуществом применения кабелей меньшего сечения является уменьшение пространства, занимаемого кабельной проводкой. Для дополнительных применений, например, таких как шахты, недостаточность пространства дополнительно усиливает проблему расположения прокладки и положения проводников относительно систем воздушного кондиционирования.

Кроме того, на напряжении 1000 В пост. тока возможно снизить процент падения напряжения и таким образом получить более длинные распределительные линии. Вот почему такое напряжение используется в установках с требованиями по длине.

Увеличение напряжения приводит к улучшению условий обслуживания оборудования, благодаря уменьшению уровня токов короткого замыкания, которое ограничивает возможные повреждения электроустановки вследствие их протекания, таким образом повышается безопасность электроустановки в целом. Однако применение на 1000 В влияет на выбор, доступность и стоимость устройств распределения и защиты, которые могут использоваться и которые в сравнении с доступным выбором продуктов для напряжений, обычно используемых в системах распределения НН (до 690 В перем. тока и 750 В пост. тока), приводит к выбору специальных версий. Эти специальные исполнения имеют конструкционные характеристики, необходимые для обеспечения самых строгих требований (повышение испытательного напряжения).

Предложение АББ SACE для напряжений 1000 В пост. тока

Ассортимент продуктов, предлагаемых АББ SACE для применений до 1000 В пост. тока, включает продукты, которые гарантируют защитную функцию или только функцию изоляции.

При выборе автоматического выключателя необходимо брать в рассмотрение систему заземления полярности электроустановки. Это позволит определить количество полюсов, которые должны быть соединены последовательно, с целью реализации рабочих условий, при которых, если происходит короткое замыкание, отключение тока производилось бы 4 последовательно соединёнными контактами, таким образом гарантируя определённую отключающую способность (в случае защиты автоматическим выключателем).

На следующих страницах представлены электрические характеристики аппаратов и схемы соединения их полюсов.

Автоматические выключатели и разъединители для применений до 1000 В пост. тока

Автоматические выключатели Tmax с термомагнитным расцепителем

Автоматические выключатели для применения на 1000 В пост. тока имеют одинаковые размеры с оригинальными версиями и доступны в стационарном, втычном и выкатном исполнении. Они могут питаться только от верхних выводов и могут быть оснащены только термомагнитными расцепителями. Кроме того, они совместимы с аксессуарами для стандартных исполнений, исключая расцепители защиты от утечки.

Следующая таблица показывает электрические характеристики автоматических выключателей Tmax для применений на 1000 В пост. тока

		Tmax T4	Tmax T5	Tmax T6
Номинальный ток корпуса выключателя, Iu	[A]	250	400/630	630/800
Количество полюсов	[Nr.]	4	4	4
Номинальное рабочее напряжение, Ue	[В]	1000	1000	1000
Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение, Uimp	[кВ]	8	8	8
Номинальное напряжение изоляции, Ui	[В]	1150	1150	1000
Испытательное напряжение промышленной частоты в течение одной минуты	[В]	3500	3500	3500
Номинальная предельная отключающая способность, Icu		V	V	L
4 последовательно соединенных полюса (кА пост. тока)	[кА]	40	40	40
Номинальная рабочая наибольшая отключающая способность, Ics				
4 последовательно соединенных полюса	[кА]	20	20	
Категория применения (ГОСТ Р 50030.2)		A	B (400 A)(1) - A (630 A)	B(2)
Пригодность к разъединению		■	■	■
Соответствие стандарту		IEC 60947-2	IEC 60947-2	IEC 60947-2
Термомагнитные расцепители	TMD	■	-	-
	TMA	■	■	■

(1) Icw = 5kA

(2) Icw = 7.6kA (630A) - 10kA (800A)

Автоматические выключатели Emax с электронными расцепителями

Автоматические выключатели Emax для использования до 1000 В пост. тока могут применяться в электроустановках до 5000 А.

Эти автоматические выключатели имеют одинаковые размеры со стандартными версиями, доступны в стационарном и фиксированном исполнении и могут комплектоваться электронными расцепителями PR122/DC-PR123/DC; они совместимы со всеми аксессуарами, доступными для стандартных версий.

Следующая таблица показывает электрические характеристики автоматических выключателей Emax с расцепителями PR122/DC -PR123/DC для применений на 1000 В пост. тока

		E2		E3		E4		E6	
		B	N	N	H	S	H	H	
Номинальный ток корпуса выключателя, Iu	(A)	800	1600	800	1600	1600	3200	3200	
	(A)	1000		1000	2000	2000		4000	
	(A)	1250		1250	2500	2500		5000	
	(A)	1600		1600		3200			
	(A)			2000					
	(A)			2500					
	(A)								
Количество полюсов	(Nr)	3/4		3/4		3/4		3/4	
Номинальное рабочее напряжение, Ue	В	< 1000		< 1000		< 1000		< 1000	
Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение, Uimp	кВ	12		12		12		12	
Номинальное напряжение изоляции, Ui	В	1000		1000		1000		1000	
Номинальная предельная отключающая способность, Icu 1000 В пост. тока	(кА)	25	35	35	65	50	65	65	
Номинальная рабочая наибольшая отключающая способность, Ics 1000 В пост. тока	(кА)	25	35	35	65	50	65	65	
Номинальный кратковременный выдерживаемый ток (0,5с) 1000 В пост. тока	(кА)	25	35	35	65	50	65	65	
Категория применения (ГОСТ Р 50030.2)		B		B		B		B	
Пригодность к разъединению		■		■		■		■	
Электронный расцепитель	PR122/DC	■		■		■		■	
	PR123/DC	■		■		■		■	

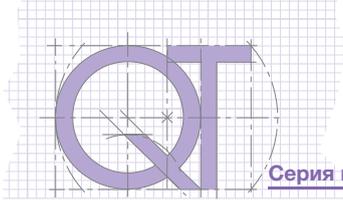


Таблица ниже показывает соединения полюсов для автоматических выключателей до 1000 В пост. тока, согласно топологии сети. Эта таблица справедлива как для автоматических выключателей в литом корпусе, оснащённых термомагнитными расцепителями (необходимые соединения выполняет сам заказчик), так и для автоматических выключателей Emax с новыми электронными расцепителями для постоянного тока PR122/DC-PR123/DC (соединения выполняются на заводе АББ SACE).

Таблица 15 Соединения полюсов автоматических выключателей до 1000 В пост. тока

Номинальное напряжение (Un)	1000 В пост. тока		
Тип сети	СЕТЬ, ИЗОЛИРОВАННАЯ ОТ ЗЕМЛИ	СЕТЬ С ЗАЗЕМЛЕННЫМ ПОЛЮСОМ*	СЕТЬ С ЗАЗЕМЛЕННОЙ СРЕДНЕЙ ТОЧКОЙ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ
Описание	Для сети данного типа наиболее опасной неисправностью является короткое замыкание между положительным и отрицательным полюсами сети. Такая неисправность приводит к срабатыванию автоматического выключателя. Цепь размыкается четырьмя последовательно соединенными полюсами автоматического выключателя. Возможность двойного замыкания на землю (первое – замыкание одного из полюсов со стороны источника питания, второе – замыкание другого полюса со стороны нагрузки) не рассматривается. Однако предлагается использовать устройство конороля изоляции сети относительно земли. Это устройство должно сигнализировать об ухудшении изоляции сети электроустановки относительно земли при первом замыкании на землю.	В сети данного типа полюса автоматического выключателя защищают полюс сети, изолированный от земли, и должны отключать ток короткого замыкания при напряжении 1000 В. Поэтому необходимо последовательно соединить все 4 полюса. В такой схеме заземленный полюс сети не отключается. Но в этом и нет необходимости, так как он находится под потенциалом земли.	В сети данного типа два полюса автоматического выключателя защищают один полюс сети, а два других – второй полюс. При этом два соединенных последовательно полюса автоматического выключателя будут отключать ток короткого замыкания при напряжении 500 В. Однако при возникновении короткого замыкания между двумя полюсами сети, напряжение цепи равно 1000 В и такой ток короткого замыкания отключается четырьмя последовательно соединенными полюсами автоматического выключателя.
Tmax			
Emax			

(*) Для дополнительной информации по Emax обращайтесь в АББ.

Выключатели-разъединители для применений до 1000 В пост. тока

Компания АББ SACE производит ряд выключателей-разъединителей (семейство Emax/E MS) для применения на постоянном токе до 1000 В в соответствии с Международным Стандартом МЭК 60947-3. Эти разъединители применяются в качестве секционных выключателей и главных разъединителей. Эти выключатели-разъединители доступны в стационарных и выкатных исполнениях, трёх- и четырёхполюсные. Выключатели-разъединители серии Emax/E MS имеют одинаковые габаритные размеры и могут дополняться такими же аксессуарами, что и автоматические выключатели.

Следующая таблица показывает электрические характеристики выключателей-разъединителей Emax

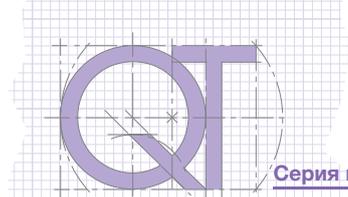
		E1B/E MS		E2N/E MS		E3H/E MS		E4H/E MS		E6H/E MS	
Номинальный ток автоматического выключателя (при 40°C), I _n	[A]	800		1250		1250		3200		5000	
	[A]	1250		1600		1600		4000		6300	
	[A]			2000		2000					
	[A]					2500					
	[A]					3200					
Количество полюсов	[Nr.]	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4
Номинальное рабочее напряжение, U _e (пост. ток)	[В]	750	1000	750	1000	750	1000	750	1000	750	1000
Номинальное напряжение изоляции, U _i (пост. ток)	[В]	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение, U _{imp}	[кВ]	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Номинальный кратковременно выдерживаемый ток, I _{cw} (1с)	[кА]	20	20	25	25	40	40	65	65	65	65

⁽¹⁾ Характеристики при 750 В следующие:
 для E1B/E MS I_{cw}=25 кА
 для E2N/E MS I_{cw}=40 кА
 для E3H/E MS I_{cw}=50 кА

Ниже указаны схемы соединения, предоставляемые компанией АББ SACE; соединения полюсов выключателя-разъединителя должны выполняться в соответствии с ними. Также в случае различных схем соединения выполняются в соответствии с напряжением установки. Как можно видеть из таблицы ниже, соединение трёх полюсов последовательно делает возможным применение на 750 В пост. тока, тогда как четыре полюса последовательно дадут номинальное рабочее напряжение в 1000 В пост. тока

Таблица 16 Соединения полюсов выключателей-разъединителей Emax/E MS для применений до 1000 В пост. тока

Номинальное напряжение	750 В пост. тока	1000 В пост. тока	
Соединение полюсов			
E1...E6/E MS	■	■	■



Глоссарий

I_{max}	Максимальный ток
I_p	Включающая способность при коротком замыкании
I_{cn}	Ожидаемый ток короткого замыкания
U_a	Максимальное напряжение дуги
U_n	Напряжение сети
T	Постоянная времени
I_n	Номинальный ток расцепителя
$I_{r.m.s}$	Действующее значение переменного тока
I_3	Установка тока мгновенного срабатывания защиты от КЗ
I_2	Установка тока срабатывания от КЗ с задержкой
I_1	Установка тока срабатывания защиты от перегрузки
I_{cu}	Номинальная предельная наибольшая отключающая способность
I_{cs}	Номинальная рабочая наибольшая отключающая способность
I_{cw}	Номинальный кратковременно выдерживаемый ток
U_e	Номинальное рабочее напряжение
TMG	Термомагнитный расцепитель для защиты генератора
TMF	Термомагнитный расцепитель с регулируемой уставкой теплового и нерегулируемой уставкой электромагнитного расцепителя
TMD	Термомагнитный расцепитель с регулируемыми уставками теплового и электромагнитного расцепителей
TMA	thermomagnetic trip unit with adjustable thermal and magnetic threshold
MF	magnetic only trip unit, fixed
MA	magnetic only trip unit, adjustable
L	overload protection
S	protection against short-circuit with time-delay trip
I	instantaneous short-circuit protection
I_k	ток короткого замыкания в установившемся режиме
i_p	пиковое значение тока короткого замыкания
T_k	длительность тока короткого замыкания
t_p	время до первого пикового значения
τ_1	постоянная времени нарастания тока
τ_2	постоянная времени спада тока
i_{pb}	peak short-circuit current supplied by a stationary lead-acid battery
t_{pb}	time to peak in a stationary lead-acid battery
I_{kb}	quasi steady-state short-circuit current of a stationary lead-acid battery

Наши координаты

117997, Москва,
ул. Обручева, 30/1, стр. 2
Тел.: +7 (495) 960 22 00
Факс: +7 (495) 960 22 20

350049, Краснодар,
ул. Красных Партизан, 218
Тел.: +7 (861) 221 16 73
Факс: +7 (861) 221 16 10

450071, Уфа,
ул. Рязанская, 10
Тел.: +7 (347) 232 34 84
Факс: +7 (347) 232 34 84

194044, Санкт-Петербург,
ул. Гельсингфорсская, д. 2А
Тел.: +7 (812) 326 9900
Факс: +7 (812) 326 9901

603140, Нижний Новгород,
Мотальный пер., 8
Тел.: +7(831) 461 91 02
Факс: +7(831) 461 91 64

680000, Хабаровск,
ул. Муравьева-Амурского, 44
Тел.: +7 (843) 30 23 35
Факс: +7 (843) 30 23 27

400005, Волгоград,
пр. Ленина, 86
Тел.: +7 (8442) 24 37 00
Факс: +7 (8442) 24 37 00

630073, Новосибирск,
пр. Карла Маркса, 47/2
Тел.: +7 (383) 346 57 19
Факс: +7 (383) 315 40 52

693000, Южно-Сахалинск,
ул. Курильская 38,
Тел.: +7 (4242) 49 7155
Факс: +7 (4242) 49 7155

394006, Воронеж,
ул. Свободы, 73
Тел.: +7 (473) 239 31 60
Факс: +7 (473) 239 31 70

614077, Пермь,
ул. Аркадия Гайдара, 86
Тел.: +7 (342) 263 43 34
Факс: +7 (342) 263 43 35

620066, Екатеринбург,
ул. Бархотская, 1
Тел.: +7 (343) 369 00 69
Факс: +7 (343) 369 00 00

344065, Ростов-на-Дону,
ул. 50-летия Ростсельмаша, 1/52
Тел.: +7 (863) 203 71 77
Факс: +7 (863) 203 71 77

664033, Иркутск,
ул. Лермонтова, 257
Тел.: +7 (3952) 56 22 00
Факс: +7 (3952) 56 22 02

443013, Самара,
Московское шоссе, 4 А, стр.2
Тел.: +7 (846) 205 0311
Факс: +7 (846) 205 0313

420061, Казань,
ул. Н. Ершова, 1а
Тел.: +7 (843) 279 33 30
Факс: +7 (843) 279 33 31

354000, Сочи,
Курортный проспект, 73
Тел.: +7 (8622) 62 50 48
Факс: +7 (8622) 62 56 02

По вопросам заказа оборудования обращайтесь к нашим официальным дистрибьюторам: <http://www.abb.ru/lowvoltage>