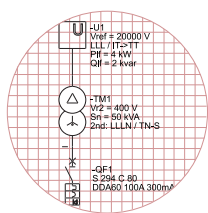




Низковольтное оборудование

Методические рекомендации по выбору и размещению автоматических выключателей в распределительных сетях 0,4 кВ и низковольтных комплектных устройствах

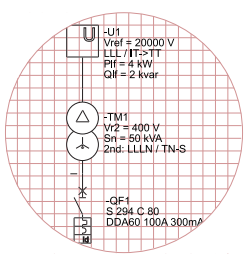
Серия инженера-конструктора



Методические рекомендации по выбору и размещению автоматических выключателей в распределительных сетях 0,4 кВ и низковольтных комплектных устройствах

Содержание

Введение	2	2.3.1 Проблемы, связанные с конвекцией	17
1 Оценка превышения температуры в распределительных щитах		2.3.2 Проблемы теплообмена соединительных шин и способы их решения	20
1.1 Общие положения	3	2.3.3 Номинальный ток автоматических выключателей и соединительных шин	22
1.2 Номинальный ток	3	3 Требования, связанные с режимом короткого замыкания	
1.3 Проверка превышения температуры посредством испытания (согласно ГОСТ Р 51321.1 (МЭК 60439-1)	4	3.1 Основные параметры, характеризующие распределительный щит в режиме короткого замыкания 38	
1.4 Проверка превышения температуры путем экстраполяции данных.....	7	3.1.1 Общие указания и информация о прочности при коротком замыкании	38
2 Рекомендации по увеличению номинального тока автоматических выключателей в распределительных щитах		3.2 Требования к электрическим цепям распределительного щита ...	39
2.1 Потери мощности в распределительных щитах	9	3.2.1 Сборные шины.....	39
2.1.1 Внутренняя конструкция	9	3.2.2 Распределительные шины и проводники, отходящие от сборных шин	40
2.1.2 Потери мощности в автоматических выключателях.....	9	3.3 Снижение возможности возникновения короткого замыкания и силовых воздействий	41
2.1.3 Соотношение поперечного сечения проводников и рассеиваемой мощности	11	3.3.1 Минимальные анкерные расстояния для проводников	41
2.1.4 Влияние пути тока.....	15	3.3.2 Проверка прочности при коротком замыкании и токоограничения автоматических выключателей	44
2.2 Рассеивание выделяемого тепла в распределительных щитах	16	3.3.3 Проблемы, связанные с монтажными расстояниями	45
2.2.1 Вентиляция распределительного щита	16	Приложение А:	
2.2.2 Боковые поверхности распределительных щитов их расположение	16	Пример электрических распределительных щитов с автоматическими выключателями АББ	47
2.2.3 Виды внутреннего разделения в распределительных щитах	17	Приложение В:	
2.2.4 Степень защиты распределительных щитов	17	Виды внутреннего разделения	49
2.3 Рассеивание выделяемого тепла, на выводах автоматических выключателей.....	17	Приложение С:	
		Степени защиты (код IP).....	50
		Глоссарий	51



Введение

Низковольтное устройство распределения и управления (НКУ): комбинация низковольтных коммутационных аппаратов с устройствами управления, измерения, сигнализации, защиты, регулирования и т.п., полностью смонтированных изготовителем НКУ (под его ответственность на единой конструктивной основе) со всеми внутренними электрическими и механическими соединениями с соответствующими конструктивными элементами.

НКУ состоит из несущей конструкции (п.2.4.1. ГОСТ Р 51321.1-2007), предназначенной для установки на ней комплектующих элементов НКУ и оболочки, а также аппаратуры распределения и управления со всеми внутренними электрическими и механическими соединениями.

В данном издании приводятся справочные материалы по методам расчета мощности потерь в основных элементах НКУ:

- автоматических выключателях;
- проводниках (кабелях и шинах), входящих в состав главной и вспомогательной цепей НКУ;
- элементах сборных и распределительных шин.

А также на основе конкретных примеров даются практические рекомендации выбора автоматических выключателей для НКУ. В пособии дан обзор требований основных стандартов по низ-

ковольтным комплектным устройствам и аппаратуре распределения и управления. К ним относятся:

1. ГОСТ Р 51321.1-2007 (стандарт МЭК 60439-1-2004) "Устройства комплектные низковольтные распределения и управления. Часть 1. Устройства, испытанные полностью или частично. Общие технические требования и методы испытаний".
2. ГОСТ Р 50030.1-2007 (стандарт МЭК 60947-1-2004) "Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 1. Общие требования и методы испытаний".
3. ГОСТ Р 50030.2-2010 (стандарт МЭК 60947-2-2006) "Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 2. Автоматические выключатели".

Проведен анализ главных проблем, с которыми сталкиваются производители НКУ при разработке его конструкции и выполнении требований вышеперечисленных технических норм.

Пособие структурно состоит из трех основных частей. Глава 1 посвящена превышению температуры в НКУ. В главе 2 даны рекомендации по решению проблем перегрева путем обоснованного выбора номинальных токовых характеристик автоматических выключателей, устанавливаемых в НКУ. В главе 3 рассмотрены аварийные режимы в НКУ и даны рекомендации по снижению вероятности их возникновения.



1 Оценка превышения температуры в распределительных щитах

1.1 Общие положения

Одна из основных проблем, усложняющая выбор типа и марки автоматического выключателя для НКУ - это правильная оценка такого его параметра как номинальный длительный ток (I_n).

Полная свобода производителя НКУ при проектировании распределительных щитов с использованием компонентов, различных по количеству, положению и размерам, приводит к такому разнообразию условий монтажа одного и того же автоматического выключателя, что невозможно точно определить фактическое значение этого параметра, который связан с конкретными рабочими условиями внутри корпуса НКУ. Поэтому при выборе аппарата защиты недостаточно руководствоваться только такой его характеристикой как “номинальный ток” (I_n). Такой подход является характерной ошибкой при выборе аппаратов защиты на этапе проектирования распределительных сетей 0,4 кВ. После расчета величины тока в цепях этих сетей инженер-проектировщик выбирает аппарат защиты, исходя из значения I_n . Производитель НКУ в этом случае должен выбрать такие размеры корпусов НКУ и степени защиты, обеспечиваемые их оболочками, которые создадут условия, идентичные условиям испытания, при которых определялась величина I_n производителем выключателя, что при реальном конструировании НКУ реализовать практически невозможно. Далее рассмотрим более подробно понятия “номинального тока” автоматического выключателя и условия, при которых он определяется.

1.2 Номинальный ток

В начале раскроем содержание понятия “номинальный ток” в контексте определений, приводимых в стандартах ГОСТ Р 50030.1 и ГОСТ Р 50030.2. Номинальным током автоматического выключателя (I_n) является номинальный длительный ток (I_U), равный условному тепловому току на открытом воздухе (I_{th}) (п.4.3.2.3 ГОСТ Р 50030.2). Условный тепловой ток на открытом воздухе (I_{th}) - это максимальное значение испытательного тока, используемого при проверке превышения температуры аппаратов открытого исполнения на открытом воздухе (п. 4.3.2.1 ГОСТ Р 50030.1).

Далее рассмотрим более подробно условия проведения испытаний для определения номинальных параметров автоматических выключателей, предусмотренных стандартом ГОСТ Р 50030.2 (МЭК 60947-2).

Условия испытаний должны удовлетворять требованиям, перечисленным в п.8.3.2. ГОСТ Р 50030.2 (МЭК 60947-2). К ним относятся:

- выключатели должны испытываться на открытом воздухе. Под “открытым воздухом” стандарт ГОСТ Р 50030.1 (МЭК 60947.1) понимает “нормальную атмосферу в помещении без сквозняков и внешней радиации, следовательно, не допускаются никакая внешняя радиация (например, обусловленная солнечными лучами - Рисунок 1) или сквозняки, если только они не вызваны естественной конвекцией вследствие нагревания (Рисунок 1а);

Рис. 1

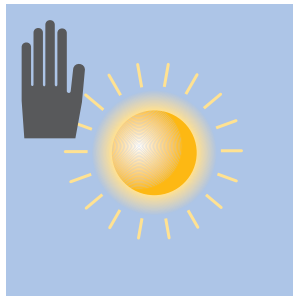
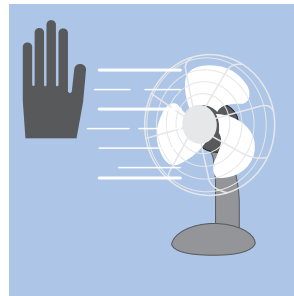


Рис. 1а



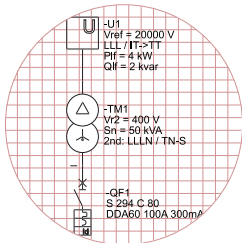
- номинальный ток проверяется путем соединения автоматического выключателя с проводниками, имеющими размер (максимум) и длину (минимум), как указано в соответствующем Стандарте, это означает, что стандартные условия применимы также к условиям соединения автоматического выключателя;

- номинальный ток проверяется во время испытания путем обеспечения максимального превышения температуры в пределах, допустимых на различных частях автоматического выключателя. Такое превышение температуры, понимаемое не как абсолютная температура, а как разница температур, выраженная в градусах Кельвина, соотносится с температурой окружающего воздуха 40°C.

Реальные условия эксплуатации автоматических выключателей значительно отличаются от условий, при которых проводятся их испытания. Это обусловлено тем, что автоматические выключатели устанавливаются на несущих конструкциях НКУ, которые имеют защитные оболочки (это понятие дано по ГОСТ Р 51321.1, поэтому не путать с понятием “оболочки” по ГОСТ Р 50030). Функции защитных оболочек НКУ следующие:

- преграждение доступа людей к соединениям различной аппаратуры (за исключением преднамеренных действий);
- обеспечение места для размещения автоматических выключателей, где гарантируется их стабильное положение;
- гарантия адекватной защиты от проникновения твердых инородных предметов и воды.

Но вместе с этим защитные оболочки также ограничивают доступ воздуха к элементам НКУ.

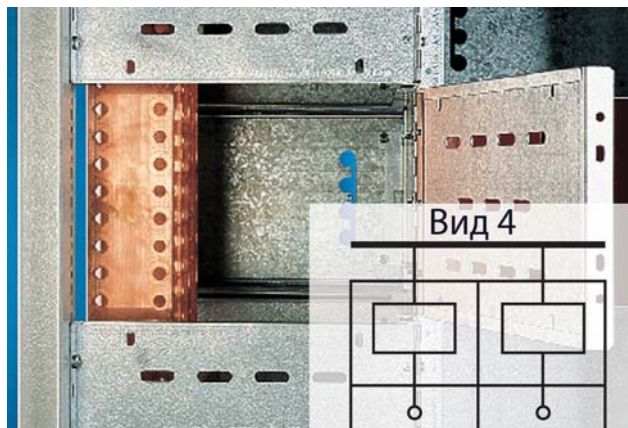


Серия инженера-конструктора

Поэтому условия установки внутри НКУ отличаются от условий, заданных стандартом ГОСТ Р 50030.2 (МЭК 60947-2), необходимых для определения номинального тока автоматического выключателя.

Внутри корпуса НКУ присутствуют также дополнительные элементы, такие как - соединительные провода, ограждения, другие аппараты защиты и коммутации.

Рис.2



Поэтому конкретный автоматический выключатель вынужден работать в условиях, которые имеют следующие особенности:

- работа в закрытом пространстве, а не на открытом воздухе, с ограничением его циркуляции;
- длина соединительных проводников выбрана с учетом фактической конструкции НКУ;
- температура воздуха вокруг автоматического выключателя зависит от перечисленных выше факторов, а также от общего количества размещенных в данном объеме корпуса аппаратов защиты и управления.

Этот вывод закреплен в п.8.3.2 ГОСТ Р 50030.2 (МЭК 60947.2). Он предусматривает проведение дополнительных испытаний автоматических выключателей, установленных в НКУ в соответствии с требованиями стандарта ГОСТ Р 51321.1 (МЭК 60439-1).

1.3 Проверка превышения температуры посредством испытания (согласно ГОСТ Р 51321.1 (МЭК 60439-1))

ГОСТ Р 51321.1 (МЭК 60439-1) на низковольтные комплектные устройства касается не отдельных имеющих компоненты, но "оборудования", понимаемого как комбинация одного или многих защитных или коммутационных аппаратов, оснащенных всевозможными устройствами коммутации, измерения, защиты и регулировки с внутренними электрическими и механическими соединениями.

Поэтому, когда в данном Стандарте упоминается номинальный ток, то речь идет о номинальном токе единой электрической цепи, а не о номинальном токе отдельных компонентов, таких как автоматические выключатели или проводники. В соответствии с определением, номинальный ток цепи устанавливается производителем распределительного щита как функция номинальных значений электрических компонентов цепи, их расположения и применения.

Ток должен проходить, не вызывая увеличения температуры различных частей устройства выше предельных значений, установленных при проведении испытания в соответствии с указаниями Стандарта.

Условия проведения испытания на превышение температуры содержат два основных указания:

- цепи распределительного щита должны испытываться при токе, равном номинальному току, умноженному на номинальный коэффициент одновременности f_n , понимаемый как отношение между максимальным значением суммы токов, протекающих по всем рассматриваемым основным цепям в любой момент, и суммой номинальных токов тех же цепей

$$I_{test} = I_n \times f_n$$

- если нет подробной информации о внешних проводниках, используемых в нормальных рабочих условиях, поперечные сечения в зависимости от номинального тока цепей задаются Стандартом.

Дополнительную информацию по соответствующим вопросам следует смотреть в указаниях, содержащихся в Стандарте.

Из вышеприведенных указаний следует, что:

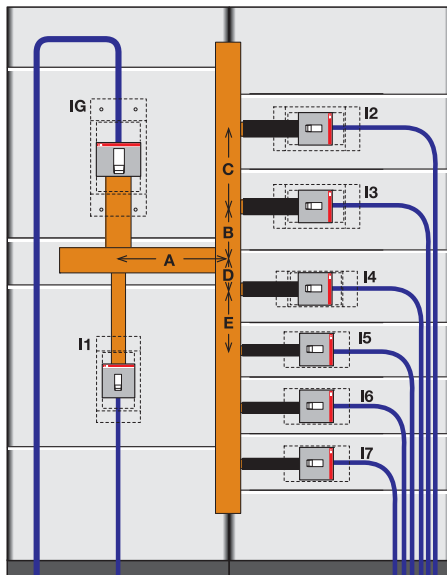
- если номинальный коэффициент одновременности $f_n < 1$ (не все нагрузки подаются со 100% номинальным током), цепи распределительного щита испытываются при значении тока, меньше номинального при полной нагрузке; однако, испытание должно проводиться на таких цепях, которые позволяют воспроизвести самые тяжелые условия превышения температуры;

- если в распределительном щите имеются проводники с поперечным сечением, которое меньше сечения, предписанного Стандартом, и они используются при

испытании, то при нормальной эксплуатации может наступить превышение температуры выше максимальных допустимых значений, измеренных во время испытания.

Следующий числовой пример поясняет сказанное выше. Имеется распределительный щит (Рис. 3), нагрузки которого подсоединены такими же проводниками, посредством которых он вводится в эксплуатацию; производитель задает номинальный ток для цепей нагрузки и определяет номинальный коэффициент одновременности “fn” для испытываемой конструкции. В этих условиях распределительный щит или часть распределительного щита испытывается путем одно-временной “подачи” во все цепи испытательного тока, равного заданному номинальному току, умноженному на “fn”.

Рис.3



I2 = 160A	fn=0,8	I2test= 128A
I3 = 400A	fn=0,8	I3test = 320A
I4 = 250A	fn=0,8	I4test = 200A
I5 = 630A	fn=0,8	I5test = 504A
I6 = 160A	fn=0,8	I6test = 128A
I7 = 400A	fn=0,8	I7test = 320A

Следовательно, в распределительном щите номинальный ток цепи не задается, а определяется с учетом заданного коэффициента одновременности. В соответствии с этими условиями испытаний определяются значения абсолютной температуры T_T (выражена в °C), при которой работают различные части устройства; с учетом средней температуры окружающей среды T_A , ниже или равной 35 °C, не должны быть превышены пределы превышения температуры $\Delta T = (T_T - T_A)$, установленные ГОСТ Р 51321.1.

В Таблице 1 для различных компонентов устройств указаны пределы превышения температуры, которые действительны при проведении испытания на превышение температуры в соответствии с указаниями ГОСТ Р 51321.1-2007 (МЭК 60439-1-2004).

Таблица 1

Составные элементы, комплектующие части НКУ	Предельные значения превышения температуры
Встроенные комплектующие элементы¹	В соответствии с требованиями к отдельным комплектующим элементам, установленным в стандарте или в инструкции ² изготовителя комплектующих элементов с учетом температуры внутри НКУ
Зажимы для внешних изолированных проводников	70 °C ²
Шины и проводники, втычные контакты выдвижных или съёмных частей, соединяющихся шинами	Ограничено: - механической прочностью проводящего материала ⁷ - возможным воздействием на находящуюся рядом аппаратуру - предельной допустимой температурой для изоляционных материалов, находящихся в контакте с проводником - воздействием температуры проводника на части, к которым он присоединен - свойствами и обработкой поверхности контактного материала (для втычных контактов)
Органы ручного управления:	
из металла	15 °C ³
из изоляционного материала	25 °C ³
Доступные наружные оболочки и элементы оболочек:	
металлические поверхности	30 °C ⁴
изолирующие поверхности	40 °C ⁴
Отдельно расположенные устройства разъёмного типа (вилка – розетка)	Должно соответствовать предельной температуре элементов оборудования, частью которого они являются ⁵

¹ Термин «встроенные комплектующие элементы» означает:

- обычную аппаратуру распределения и управления,
- электронные блоки (например, выпрямительный мост, печатная плата),
- части оборудования (например, регулятор, стабилизированный источник питания, операционный усилитель).

² Температура 70 °C является предельной для проводников с изоляцией из ПВХ для испытания по 8.2.1 ГОСТ Р 51321.1. НКУ, эксплуатируемое или испытываемое в условиях эксплуатации, может иметь соединения, тип, характер и расположение которых не будут соответствовать условиям проведения испытаний, а полученное значение температуры зажимов может быть иным.

³ Для органов ручного управления, расположенных внутри НКУ, доступ к которым возможен только после открывания НКУ, например для рукоятки для выдвижения блоков, которыми редко пользуются, допускается устанавливать более высокое значение превышения температуры 25 °C.

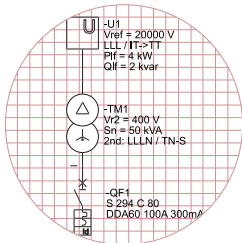
⁴ Если нет других указаний относительно оболочки и ее элементов, к которым обеспечен открытый доступ, но к которым нет необходимости прикасаться во время нормальной эксплуатации НКУ, то допускается устанавливать предельные значения превышения температуры на 10 °C выше установленного значения.

⁵ Данное положение позволяет проявлять определенную гибкость в отношении выбора оборудования (например, электронных устройств), у которого предельные значения превышения температуры отличаются от предельных значений, как правило, устанавливаемых для аппаратуры распределения и управления.

⁶ Предельные значения превышения температуры для проверки по 8.2.1 ГОСТ Р 51321.1 устанавливает изготовитель НКУ.

⁷ Если предположить, что для перечисленных ниже критериев это допустимо, максимальное превышение температуры для неизолированных медных шин и проводников не должно быть св. 105 °C. Это температура, выше которой происходит снижение прочности меди.

Автоматические выключатели могут быть определены как встроенные компоненты, и поэтому они должны соответствовать указаниям Стандартов. Однако очевидно, что автоматические выключатели и, особенно, некоторые их части



Серия инженера-конструктора

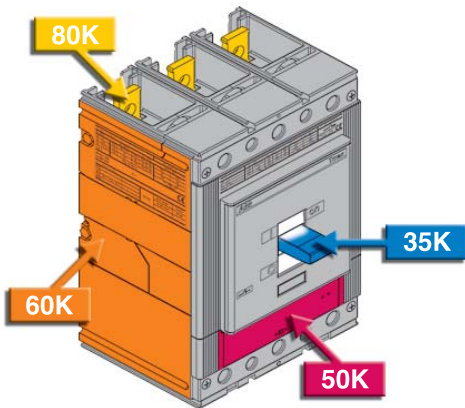
(например, доступные части и устройства управления) могут также считаться во всех отношениях частью комплекта распределительного устройства. Особенно это относится к выводам, к которым подсоединены внешние изолированные проводники, которые, в соответствии с комментариями Таблицы 1, должны отвечать наиболее строгим или ограничивающим требованиям двух Стандартов.

Для пояснения этой концепции в Таблице 2 и на Рис. 4 ниже приводятся данные о пределах превышения температуры, указанных в ГОСТ Р 50030.2 для автоматических выключателей, рассматриваемых как отдельный компонент на открытом воздухе.

Таблица 2

Части устройств-описание	Пределы превышения температуры	Температурные пределы (начиная от $T_A = 40^\circ\text{C}$)
Выводы	80K	120 °C
Органы ручного управления:		
металлические	25K	65 °C
неметаллические	35K	75 °C
Части, предназначенные для того, чтобы касаться их, но не держать в руках:		
металлические	40K	80 °C
неметаллические	50K	90 °C
Части, которых не требуется касаться в нормальных условиях:		
металлические	50K	90 °C
неметаллические	60K	100 °C

Рис. 4



Как следует из Таблицы 2, для автоматического выключателя на открытом воздухе допустимое превышение температуры на выводах составляет $\Delta T = 80\text{K}$; следовательно, принимая за исходное значение температуру окружающей среды $T_A = 40^\circ\text{C}$, можно вывести, что максимальная допустимая температура составляет $T_T = (\Delta T + T_A) = 120^\circ\text{C}$.

Но в указаниях относительно превышения температуры, приведенных в Стандарте на распределительный щит, средняя температура окружающей среды $T_A = 35^\circ\text{C}$; максимальный предел превышения температуры выводов распределительного щита для внешних изолированных соединений составляет 70K, и, следовательно, максимальная рабочая температура составляет 105°C .

Если автоматический выключатель установлен в НКУ, а исходная температура окружающей среды составляет 35°C , то используя данные Таблицы 1 можно рассчитать максимальную

температуру для выводов автоматического выключателя, которая будет составлять 120°C , а предел максимального превышения составит 85K.

Если соединение к выводам реализовано с помощью проводников с изоляцией ПВХ, температура кабельного компонента определяет максимальную допустимую температуру на выводах, в данном случае 70°C . Напротив, если соединение с автоматическим выключателем выполнено неизолрованными медными шинами, максимальная рабочая температура которых составляет 95°C , в отношении выводов автоматического выключателя действует указание, определяющее максимальную рабочую температуру, соответственно, равную 95°C .

Таким образом, в Таблице 3 и на рис. 5 указаны максимальные допустимые значения превышения температуры и температурного предела для различных частей устройств согласно Стандарту на распределительные щиты и пределы превышения температуры для автоматического выключателя, установленного в низковольтном распределительном щите, пересчитанные с учетом исходной температуры окружающей среды $T_A = 35^\circ\text{C}$.

Таблица 3

Части устройств-описание	Пределы превышения температуры	Температурные пределы (начиная от $T_A = 35^\circ\text{C}$)
Вывод для внешних изолированных соединений (ГОСТ Р 51321.1)	35K	70 °C
Выводы для внешних соединений (ГОСТ Р 50030.2)	60K	95 °C

Ручные устройства управления:

Доступные при закрытом устройстве		
из металла	15K	50 °C
из изоляционного материала	25K	60 °C
Доступные только при открытом устройстве		
из металла	30K	65 °C
из изоляционного материала	40K	75 °C

Части, к которым прикасаются, но не берутся за них: (ГОСТ Р 51321.1)

из металла	30K	65 °C
из изоляционного материала	40K	75 °C

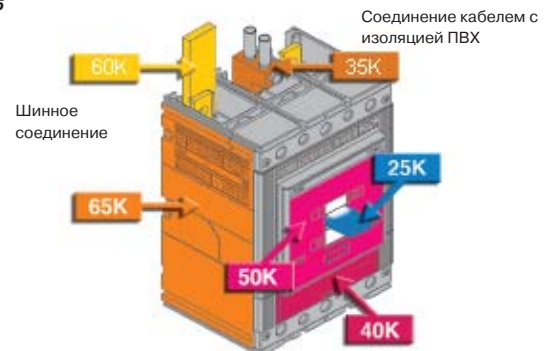
Части, к которым не нужно прикасаться при нормальной эксплуатации (ГОСТ Р 51321.1):

из металла	40K	75 °C
из изоляционного материала	50K	85 °C

Недоступные части, к которым не нужно прикасаться при нормальной эксплуатации (ГОСТ Р 50030.2):

из металла	55K	90 °C
из изоляционного материала	65K	100 °C

Рис. 5



1.4 Проверка превышения температуры путем экстраполяции данных

Стандарт на низковольтные комплектные распределительные устройства предусматривает возможность проверки превышения температуры устройств типа ЧИ НКУ также путем экстраполяции, со ссылкой на указания Стандарта МЭК 60890 “Определение превышения температуры методом экстраполяции для низковольтных комплектных устройств распределения и управления, испытанных частично (ЧИ НКУ)”.

Предложенный метод позволяет определить превышение температуры внутри корпуса устройств ЧИ НКУ без принудительной вентиляции.

Достоверность расчета ограничивается несколькими предположениями:

- внутри оболочки примерно равномерное распределение потерь мощности;
- установленное оборудование расположено так, что практически не нарушена циркуляция воздуха;
- установленное оборудование рассчитано на постоянный ток или переменный ток до 60 Гц включительно, с полным током питания не выше 3150 А;
- проводники, проводящие высокие токи, и конструктивные элементы расположены так, что потери на вихревые токи ничтожно малы;
- у оболочек с вентиляционными отверстиями поперечное сечение отверстий для выпуска воздуха, по меньшей мере, в 1,1 раза больше поперечного сечения отверстий для доступа воздуха;
- в устройстве или в секции устройства не более трех горизонтальных перегородок;
- там где оболочки с внешними вентиляционными отверстиями имеют отсеки, площадь вентиляционных отверстий в каждой горизонтальной перегородке должна составлять не менее 50% горизонтального поперечного сечения отсека.

Для расчета превышения температуры воздуха внутри оболочки необходимы следующие данные:

- геометрические размеры (высота/ширина/глубина);
- действительные потери мощности оборудования, шин, кабелей и соединений;
- тип исполнения оболочки (открытый, закрытый и т.д.);
- наличие и размеры вентиляционных отверстий;
- количество внутренних горизонтальных перегородок.

Что касается анализа предложенных методов расчета, читателю следует обратиться непосредственно к Стандарту.

Для выполнения анализа превышения температуры в соответствии с данным методом расчета АББ предлагает бесплатное программное обеспечение ОТС. Начиная с ввода требуемых данных, эта программа рассчитывает температуру воздуха на различных высотах оболочки посредством специализированного интерфейса, вид которого показан на рисунке ниже.

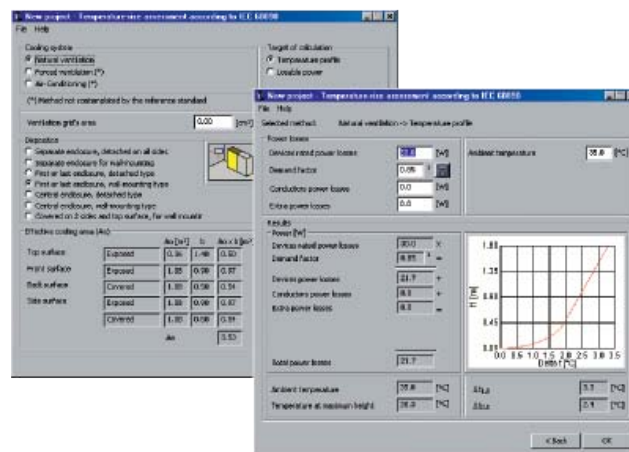
Когда известна температура воздуха на различных высотах

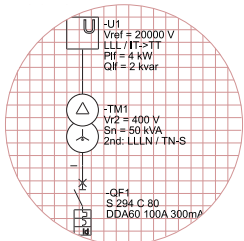
оболочки, можно проверить, пригодны ли компоненты, находящиеся в определенном положении, для работы при этой температуре, или их требуется заменить другими компонентами. С этой целью, в отношении автоматических выключателей, АББ предоставляет данные о снижении номинального тока в зависимости от температуры воздуха вокруг автоматического выключателя: таким образом, появляется возможность рассчитать, превышает ли номинальный ток, допустимый для автоматического выключателя при температуре, рассчитанной в точке его установки, ток подключенной нагрузки.

Относительно вышесказанного следует заметить, что знание только температуры воздуха вокруг автоматического выключателя не дает возможности расчета номинального тока.

Однако необходимо принять во внимание, что метод расчета, предложенный в Стандарте МЭК 60890 является консервативным, что обычно приводит к более высоким значениям, чем те, которые могут быть иметь место в действительности. Поэтому можно констатировать, что, если соблюдены минимальные размеры соединений, предложенные АББ (см. Таблицы 16 и 17 на стр. 21), потери мощности всех компонентов рассчитаны правильно и полученные таким образом результаты подтверждают опыт производителя, то предложенный метод расчета можно применять, без риска ошибки.

Интерфейс ОТС





Серия инженера-конструктора

2 Рекомендации по увеличению номинального тока автоматических выключателей в распределительных щитах

Для того чтобы дать необходимые указания по методам увеличения номинального тока автоматических выключателей в распределительных щитах, прежде всего, следует проанализировать устройство с точки зрения термодинамических нагрузок.

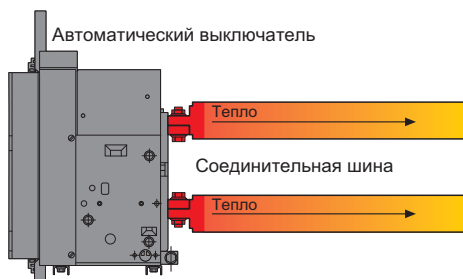
Распределительный щит может рассматриваться как конструкция, содержащая ряд элементов, выделяющих тепло, и способная рассеивать тепло во внешнюю среду.

Элементы, образующие тепло внутри оболочки, обмениваются теплом друг с другом (теплопроводность), с воздухом внутри распределительного щита (конвекция) и со стенками самого распределительного щита (излучение), как показано на Рис. 6.

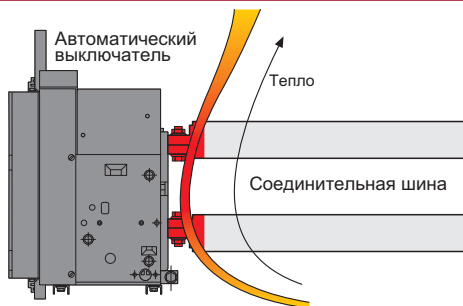
6.

Рис. 6

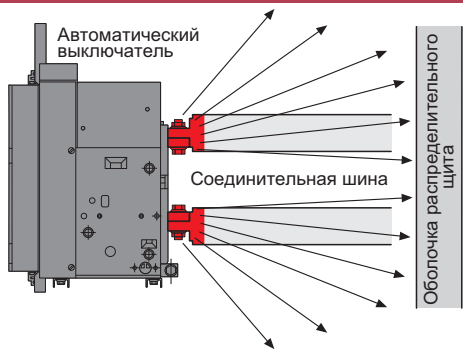
Теплопроводность



Конвекция



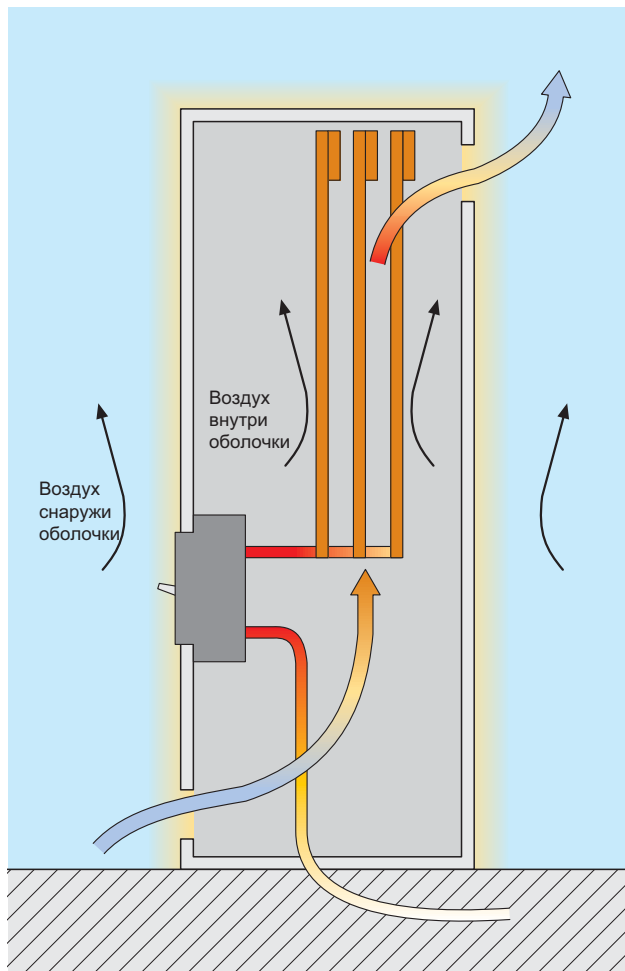
Излучение



В свою очередь, оболочка щита осуществляет теплообмен с внешней средой. Также этот теплообмен происходит посредством теплопроводности (через кабели, подсоединенные к устройству), конвекции и излучения, как

показано на Рис. 7. В оболочках с не очень высокой степенью защиты или с вентиляционными отверстиями теплообмен частично осуществляется через реальную воздушную циркуляцию между устройством и внешней средой.

Рис. 7



Все эти явления конвективного теплообмена внутреннего и внешнего воздуха, наряду с конструкцией оболочки, влияют на температуру в каждой точке оболочки и каждого компонента, установленного внутри нее.

В данной главе проведен анализ основных параметров, влияющих на температуру внутри распределительного щита, и приводится некоторая полезная информация относительно их оптимизации с целью снижения температуры и, следовательно, ограничения снижения величины номинального тока автоматических выключателей.

Это следующие параметры:

- потери мощности внутри оболочки;
- рассеивание тепла, произведенного внутри оболочки;
- рассеивание тепла, произведенного выводами;

2.1 Потери мощности в распределительных щитах

Как известно, изменение температуры вызвано потерями мощности вследствие протекания тока. Теперь следует подробно рассмотреть различные компоненты, которые представляют собой источники тепла внутри распределительного щита, наряду с мерами, необходимыми для снижения потерь мощности и ограничения их воздействия. Это следующие параметры: внутренняя конструкция, тип установленного автоматического выключателя, площадь поперечного сечения внутренних проводников распределительного щита и пути протекания тока.

2.1.1 Внутренняя конструкция

Материал, применяемый для изготовления конструкции и перегородок внутри распределительных щитов, часто является ферромагнитным и проводящим материалом. Если конструкция системы образует замкнутую структуру вокруг проводников, возникают потери, связанные с вихревыми токами и потерями на гистерезис, и, следовательно, с локальным нагревом. То же самое явление наблюдается в шинных магистралях между оболочкой и токопроводящими шинами.

В качестве примера, демонстрирующего воздействие этого явления, в Таблице 4 указано процентное значение, представляющее часть возникающих в оболочке потерь, отнесенных к потерям мощности в токопроводящих шинах.

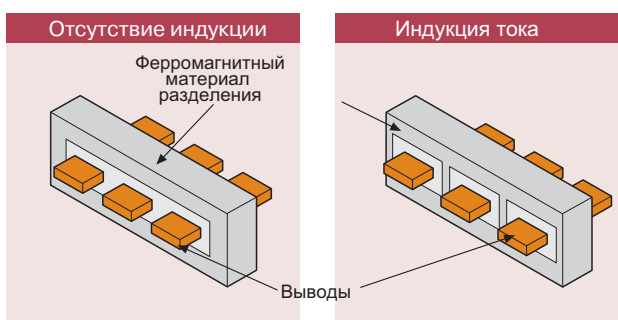
На основании этих данных следует, что повышение номинального тока и, следовательно, количества параллельных шин на фазу, а также применяемый материал для разделения токопроводящих шин, могут существенно повлиять на нагрев.

Для правильной оценки потерь мощности необходимо также учесть конфигурацию формы разделения: в самом деле, если ферромагнитное кольцо охватывает все три проводника трехфазной системы, как показано на Рис. 8 (или все четыре проводника в системе с нейтралью), то сумма токов приводит к

нулевым потерям; напротив, если каждый проводник заключен в один контур (Рис. 8а), общая индукция не является нулевой, с вытекающим отсюда индуцированием тока, потерей мощности и, следовательно, выделением тепла.

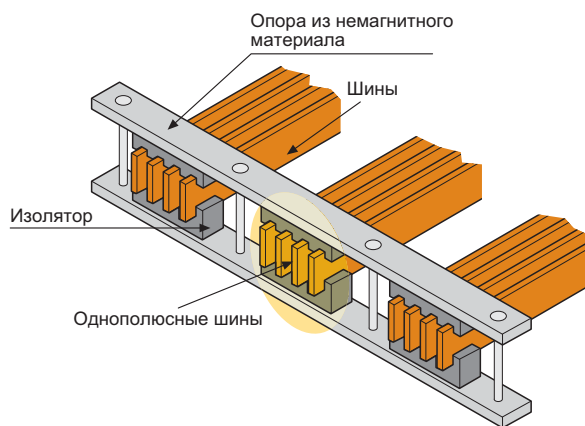
Рис. 8

Рис. 8а



Это затруднение может быть вызвано также механическими креплениями проводников; поэтому важно не допустить образования структуры из близко расположенных контуров путем вставки изоляторов или анкерных зажимов, выполненных из немагнитного и/или изоляционного материала (см. Рис. 9).

Рис. 9



2.1.2 Потери мощности в автоматических выключателях

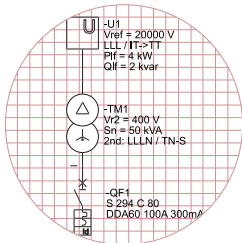
Автоматические выключатели являются компонентами распределительных щитов, которые, в первую очередь, принимаются во внимание при расчете полных потерь мощности.

Для упрощения расчетов АББ предлагает несколько таблиц, приведенных ниже, для автоматических выключателей в литом корпусе серии Tmax и Tmax XT (Таблица 5) и автоматических выключателей Emax 2 (Таблица 6) соответственно.

Как показано в таблицах, потери мощности в одном и том же автоматическом выключателе изменяются в зависимости от его исполнения и типа установленного защитного расцепителя.

Таблица 4

Количество фаз	Кол - во параллельных шин на фазу	Сечение [мм]	In [А]	Материал элементов шинодержателя (шинной магистрали)	Потери внутри оболочки (% от суммарных потерь внутри токопроводящих шин)
3	1	100x10	1000	ферромагнитный	35% - 45%
3	3	100x10	3000	ферромагнитный	55% - 65%
3	3	100x10	3000	немагнитный (алюминий)	15% - 20%



Серия инженера-конструктора

Принимая во внимание эти два условия, можно сказать, следующее:

- потери мощности выкатных автоматических выключателей выше, чем потери стационарных автоматических выключателей
- потери мощности автоматических выключателей с термомангнитными расцепителями выше, чем потери мощности выключателей с электронными расцепителями.

В тяжелых с точки зрения тепловой нагрузки условиях работы рекомендуется использовать автоматические выключатели стационарного исполнения с электронными расцепителями.

Разница между потерями мощности автоматического выключателя трехполюсного исполнения по сравнению с четырехполюсным автоматическим выключателем не рассматривается, так как в нормальном режиме работы ток, протекающий в нейтральном проводнике, пренебрежимо мал.

Таблица 5

Полная (3/4 полюса) потеря мощности [Вт]	In [A]	T11P		XT 1		XT2		XT3		XT4		T5		T6		T7 S,H,L		T7 V	
		F	W	F	P	F	P/W	F	P	F	P/W	F	W	F	W	F	W	F	W
TMF TMD TMA MF MA	1,6					6	7,14												
	2					7,14	8,28												
	3,2					8,28	9,69												
	4					7,41	8,55												
	5					8,7	10,5												
	6,3					9,99	11,7												
	8					7,71	9,12												
	10					8,85	10,26												
	12,5					3,15	3,72												
	16	1,5	4,5	4,8	3,99	4,56													
	20	1,8	5,4	6	4,86	5,7													
	25	2	6	8,4	6,9	8,4													
	32	2,1	6,3	9,6	7,71	9,12					13,32	13,32							
	40	2,6	7,8	13,8	11,13	13,11					13,47	14,16							
	50	3,7	11,1	15	12,27	14,25					14,04	14,76							
	63	4,3	12,9	18	14,55	17,1	12,9	15,3	15,9	17,28									
	80	4,8	14,4	21,6	17,4	20,52	14,4	17,4	16,56	18									
	100	7	21	30	24,24	28,5	16,8	20,4	18,72	20,88									
	125	10,7	32,1	44,1	34,2	41,91	19,8	23,7	22,32	25,92									
	160	15	45	60	48,45	57	23,7	28,5	26,64	32,4									
200						39,6	47,4	35,64	44,64										
250						53,4	64,2	49,32	63,36										
320										40,8	62,7								
400										58,5	93								
500										86,4	110,1								
630												92	117						
800												93	119						
Ekip I Ekip LS/I Ekip LSI Ekip LSIG Ekip E Ekip M Ekip N Ekip G PR221 PR222 PR223	10				0,3	0,3													
	25				2,4	2,7													
	63				5,1	6,3			4,2	5,4									
	100				12,6	15,6			10,5	13,5									
	160				32,4	40,2			26,7	34,5									
	250								65,4	68									
	320								52,8	72	31,8	53,7							
	400										49,5	84							
	630										123	160,8	90	115	36	66	60	90	
	800												96	125	57,9	105,9	96	144	
1000												150		90	165	150	225		
1250														141	258	234,9	351,9		
1600														231	423				

F: стационарный

W: выкатной

P: втычной

Таблица 6

Полная (3/4 полюса) потеря мощности [Вт]	E1.2 B/C/N		E2.2 B/N/S/H		E4.2 N/S/H/V		E6.2 H/V/X	
	F	W	F	W	F	W	F	W
In=630	31	62	-	-	-	-	-	-
In=800	50	100	34	72	-	-	-	-
In=1000	78	156	53	113	-	-	-	-
In=1250	122	244	83	176	-	-	-	-
In=1600	201	400	136	288	-	-	-	-
In=2000			212	450	-	-	-	-
In=2500			267	550	-	-	-	-
In=3200					425	743	-	-
In=4000					465	900	309	544
In=5000							483	850
In=6300							767	1550

F: стационарный

W: выкатной


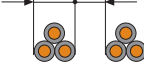

2.1.3 Соотношение поперечного сечения проводников и рассеиваемой мощности

Потери мощности в соединениях составляют от 20 до 40% суммарных потерь мощности в НКУ. Принимая во внимание этот факт, при разработке конструкций НКУ необходимо учитывать рекомендации стандарта МЭК 60890, в котором приведены табличные данные о зависимости потерь мощности от площади поперечного сечения проводников и величины протекающего по ним тока.

С помощью таблицы 7, 8, 9 на конкретном примере мы покажем важность учета потерь в элементах соединения для правильной оценки суммарных потерь мощности НКУ в целом.

Кроме того, важно отметить, что кабели, входящие в оболочку, оказывают существенное влияние на потери мощности, хотя они часто не принимаются во внимание, так как не являются, в строгом смысле, частью распределительного щита. Здесь приводится пример, показывающий важность влияния соединительных кабелей для правильной оценки суммарных потерь мощности в распределительном щите.

Таблица 7: Рабочий ток и потери мощности изолированных проводников

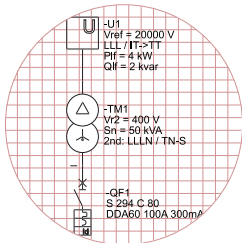
Сечение (Cu)	Максимальная допустимая температура проводника 70 °C											
	 1)				 				 			
	Температура воздуха внутри оболочки вокруг проводников											
	35 °C		55 °C		35 °C		55 °C		35 °C		55 °C	
мм ²	Рабочий ток	потери мощности 2)	Рабочий ток	потери мощности 2)	Рабочий ток	потери мощности 2)	Рабочий ток	потери мощности 2)	Рабочий ток	потери мощности 2)	Рабочий ток	потери мощности 2)
1,5	12	2,1	8	0,9	12	2,1	8	0,9	12	2,1	8	0,9
2,5	17	2,5	11	1,1	20	3,5	12	1,3	20	3,5	12	1,3
4	22	2,6	14	1,1	25	3,4	18	1,8	25	3,4	20	2,2
6	28	2,8	18	1,2	32	3,7	23	1,9	32	3,7	25	2,3
10	38	3,0	25	1,3	48	4,8	31	2,0	50	5,2	32	2,1
16	52	3,7	34	1,6	64	5,6	42	2,4	65	5,8	50	3,4
25					85	6,3	55	2,6	85	6,3	65	3,7
35					104	7,5	67	3,1	115	7,9	85	5,0
50					130	7,9	85	3,4	150	10,5	115	6,2
70					161	8,4	105	3,6	175	9,9	149	7,2
95					192	8,7	125	3,7	225	11,9	175	7,2
120					226	9,6	147	4,1	250	11,7	210	8,3
150					275	11,7	167	4,3	275	11,7	239	8,8
185					295	10,9	191	4,6	350	15,4	273	9,4
240					347	12,0	225	5,0	400	15,9	322	10,3
300					400	13,2	260	5,6	460	17,5	371	11,4

Проводники для вспомогательных цепей

мм ²	А	Вт/м	А	Вт/м	Диам.
0,12	2,6	1,2	1,7	0,5	0,4
0,14	2,9	1,3	1,9	0,6	-
0,20	3,2	1,1	2,1	0,5	-
0,22	3,6	1,3	2,3	0,5	0,5
0,30	4,4	1,4	2,9	0,6	0,6
0,34	4,7	1,4	3,1	0,6	0,6
0,50	6,4	1,8	4,2	0,8	0,8
0,56		1,6		0,7	-
0,75	8,2	1,9	5,4	0,8	1,0
1,00	9,3	1,8	6,1	0,8	-

1) Каждый участок, с конкретными значениями, относится к группе кабелей пучковой скрутки (шесть проводников загруженных на 100%)

2) На единицу длины



Серия инженера-конструктора

Таблица 8: Рабочий ток и потери мощности неизолированных проводников, при вертикальной компоновке, при отсутствии прямых соединений с аппаратурой

Ширина x Толщина	Поперечное сечение (Cu)	Максимальная допустимая температура проводника 85 °C															
		Температура воздуха внутри оболочки вокруг проводников 35 °C								Температура воздуха внутри оболочки вокруг проводников 55 °C							
		50 Гц 60 Гц перем. тока				пост. ток и перем. ток до 16 2/3 Гц				50 Гц 60 Гц перем. тока				пост. ток и перем. ток до 16 2/3 Гц			
		рабочий ток	потери мощности 1)	рабочий ток	потери мощности 1)	рабочий ток	потери мощности 1)	рабочий ток	потери мощности 1)	рабочий ток	потери мощности 1)	рабочий ток	потери мощности 1)	рабочий ток	потери мощности 1)	рабочий ток	потери мощности 1)
мм x мм	мм²	A*	Вт/м	A**	Вт/м	A*	Вт/м	A**	Вт/м	A*	Вт/м	A**	Вт/м	A*	Вт/м	A**	Вт/м
12 x 2	23,5	144	19,5	242	27,5	144	19,5	242	27,5	105	10,4	177	14,7	105	10,4	177	14,7
15 x 2	29,5	170	21,7	282	29,9	170	21,7	282	29,9	124	11,6	206	16,0	124	11,6	206	16,0
15 x 3	44,5	215	23,1	375	35,2	215	23,1	375	35,2	157	12,3	274	18,8	157	12,3	274	18,8
20 x 2	39,5	215	26,1	351	34,8	215	26,1	354	35,4	157	13,9	256	18,5	157	12,3	258	18,8
20 x 3	59,5	271	27,6	463	40,2	271	27,6	463	40,2	198	14,7	338	21,4	198	14,7	338	21,4
20 x 5	99,1	364	29,9	665	49,8	364	29,9	668	50,3	266	16,0	485	26,5	266	16,0	487	26,7
20 x 10	199	568	36,9	1097	69,2	569	36,7	1107	69,6	414	19,6	800	36,8	415	19,5	807	37,0
25 x 5	124	435	34,1	779	55,4	435	34,1	78	55,6	317	18,1	568	29,5	317	18,1	572	29,5
30 x 5	149	504	38,4	894	60,6	505	38,2	899	60,7	368	20,5	652	32,3	369	20,4	656	32,3
30 x 10	299	762	44,4	1410	77,9	770	44,8	1436	77,8	556	27,7	1028	41,4	562	23,9	1048	41,5
40 x 5	199	641	47,0	1112	72,5	644	47,0	1128	72,3	468	25,0	811	38,5	469	24,9	816	38,5
40 x 10	399	951	52,7	1716	88,9	968	52,6	1796	90,5	694	28,1	1251	47,3	706	28,0	1310	48,1
50 x 5	249	775	55,7	1322	82,9	782	55,4	1357	83,4	566	29,7	964	44,1	570	29,4	989	44,3
50 x 10	499	1133	60,9	2008	102,9	1164	61,4	2141	103,8	826	32,3	1465	54,8	849	32,7	1562	55,3
60 x 5	299	915	64,1	1530	94,2	926	64,7	1583	94,6	667	34,1	1116	50,1	675	34,4	1154	50,3
60 x 10	599	1310	68,5	2288	116,2	1357	69,5	2487	117,8	955	36,4	1668	62,0	989	36,9	1814	62,7
80 x 5	399	1170	80,7	1929	116,4	1200	80,8	2035	116,1	858	42,9	1407	61,9	875	42,9	1484	61,8
80 x 10	799	1649	85,0	2806	138,7	1742	85,1	3165	140,4	1203	45,3	2047	73,8	1271	45,3	1756	74,8
100 x 5	499	1436	100,1	2301	137,0	1476	98,7	2407	121,2	1048	53,3	1678	72,9	1077	52,5	1756	69,8
100 x 10	999	1982	101,7	3298	164,2	2128	102,6	3844	169,9	1445	54,0	2406	84,4	1552	54,6	2803	90,4
120 x 10	1200	2314	115,5	3804	187,3	2514	115,9	4509	189,9	1688	61,5	2774	99,6	1833	61,6	3288	101,0

*) один проводник на фазу**) два проводника на фазу 1) удельные на единицу длины

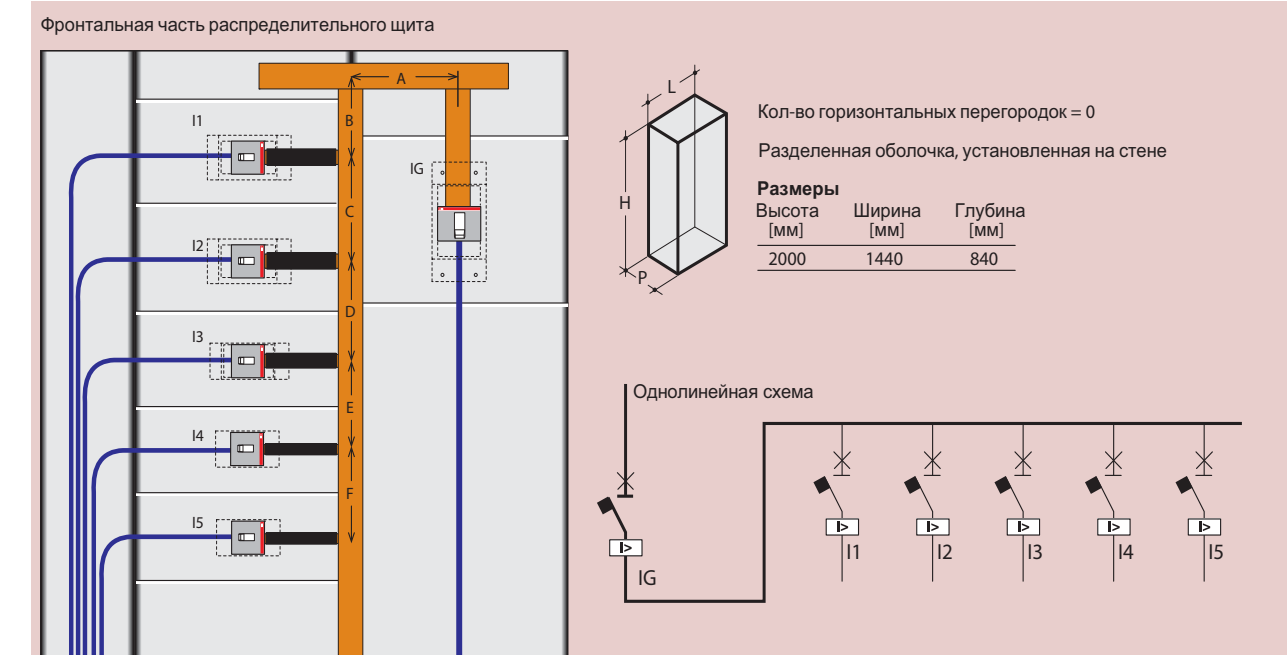
Таблица 9: Рабочий ток и потери мощности неизолированных проводников, применяемых в качестве соединений между аппаратурой и рабочей системой шин

Ширина x Толщина	Поперечное сечение (Cu)	Максимальная допустимая температура проводника 65 °C							
		Температура воздуха внутри оболочки вокруг проводников 35 °C				Температура воздуха внутри оболочки вокруг проводников 55 °C			
		50 Гц 60 Гц перем. и пост. тока				50 Гц 60 Гц перем. и пост. тока			
		Рабочий ток	потери мощности 1)	Рабочий ток	потери мощности 1)	Рабочий ток	потери мощности 1)	Рабочий ток	потери мощности 1)
мм x мм	мм²	A*	Вт/м	A**	Вт/м	A*	Вт/м	A**	Вт/м
12 x 2	23,5	82	5,9	130	7,4	69	4,2	105	4,9
15 x 2	29,5	96	6,4	150	7,8	88	5,4	124	5,4
15 x 3	44,5	124	7,1	202	9,5	102	4,8	162	6,1
20 x 2	39,5	115	6,9	184	8,9	93	4,5	172	7,7
20 x 3	59,5	152	8,0	249	10,8	125	5,4	198	6,8
20 x 5	99,1	218	9,9	348	12,7	174	6,3	284	8,4
20 x 10	199	348	12,8	648	22,3	284	8,6	532	15,0
25 x 5	124	253	10,7	413	14,2	204	7,0	338	9,5
30 x 5	149	288	11,6	492	16,9	233	7,6	402	11,3
30 x 10	299	482	17,2	960	32,7	402	11,5	780	21,6
40 x 5	199	348	12,8	648	22,3	284	8,6	532	15,0
40 x 10	399	648	22,7	1245	41,9	532	15,3	1032	28,8
50 x 5	249	413	14,7	805	27,9	338	9,8	655	18,5
50 x 10	499	805	28,5	1560	53,5	660	19,2	1280	36,0
60 x 5	299	492	17,2	960	32,7	402	11,5	780	21,6
60 x 10	599	960	34,1	1848	63,2	780	22,5	1524	43,0
80 x 5	399	648	22,7	1256	42,6	532	15,3	1032	28,8
80 x 10	799	1256	45,8	2432	85,8	1032	30,9	1920	53,5
100 x 5	499	805	29,2	1560	54,8	660	19,6	1280	36,9
100 x 10	999	1560	58,4	2680	86,2	1280	39,3	2180	57,0
120 x 10	1200	1848	68,3	2928	85,7	1524	46,5	2400	57,6

*) один проводник на фазу**) два проводника на фазу 1) удельные на единицу длины

Пример

Этот пример показывает оценку – в первом приближении – суммарных потерь мощности в распределительном щите, компоновка элементов которого, размеры, конструкция и соответствующая однолинейная схема показаны на Рис. 10.



Компоненты, которые образуют распределительный щит, это автоматические выключатели, шины и кабели. Потери мощности рассчитываются для каждого компонента, а затем определяются суммарные потери мощности.

Автоматические выключатели

Что касается автоматических выключателей, потери мощности могут быть определены на основании рассеиваемой мощности “P_n” при номинальном токе “I_{н CB}” (см. предыдущие Таблицы 5 и 6), представляющем собой ток, который фактически протекает в автоматическом выключателе “I_b” (ток полной нагрузки цепи).

Формула, объединяющая эти три величины, следующая:

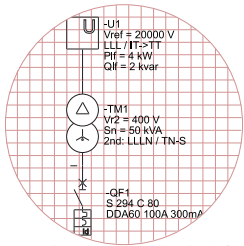
$$P_{CB} = P_{nCB} \times (I_b / I_{nCB})^2$$

В таблице 10, согласно типу аппаратов, установленных в распределительном щите, приводятся токи нагрузки и соответствующие им потери мощности отдельных автоматических выключателей и суммарные потери мощности.

Таблица 10

Автоматический выключатель	I _{n CB} [A]	I _b [A]	Потери мощности [Вт]
IG E2.2 1600 EL	1600	1340	83
I1 T5 400 EL	400	330	33,7
I2 T5 400 EL	400	330	33,7
I3 T5 400 EL	400	330	33,7
I4 XT 3 250 TMD	250	175	26,2
I5 XT 3 250 TMD	250	175	26,2
Суммарные потери мощности автоматических выключателей [Вт]			237

Примечание: расшифровка условных обозначений формулы для расчета P_{св} дана в глоссарии на стр. 51.



Серия инженера-конструктора

Шины

Что касается системы сборных шин, распределительных шин и шин, соединяющих автоматические выключатели и кабели, действительные потери мощности могут быть определены на основании рассеиваемой мощности, при номинальном токе и на единицу длины, как указано в предыдущих Таблицах 8 и 9.

Формула связи данных в таблице с характеристиками (ток нагрузки и длина) шин, установленных в распределительном щите, следующая:

$$P_{SB} = P_{n_{SB}} (I_b / I_{n_{SB}})^2 \times 3 \times L_{SB}$$

Отсюда, с учетом типа, длины "L" и тока нагрузки шин, установленных в распределительном щите, в Таблице 11 приводятся потери мощности отдельных шин и суммарные потери мощности.

Таблица 11

Соединительная шина	Площадь сечения px[мм]x[мм]	Длина [м]	I _b [А]	Потери мощности [Вт]
IG	2x60x10	0,450	1340	54
I1	30x10	0,150	330	3,8
I2	30x10	0,150	330	3,8
I3	30x10	0,150	330	3,8
I4	20x10	0,150	175	1,6
I5	20x10	0,150	175	1,6
Суммарные потери мощности соединительных шин [Вт]				68

Кабели

Для кабелей, со ссылкой на вышеприведенную Таблицу 8, можно использовать тот же метод, который применялся для шин. Результаты указаны в Таблице 12.

Таблица 12

Кабель	Площадь сечения [п]xмм ²	Длина [м]	I _b [А]	Потери мощности [Вт]
IG	4x240	1,0	1340	133,8
I1	240	2,0	330	64,9
I2	240	1,7	330	55,2
I3	240	1,4	330	45,4
I4	120	1,1	175	19
I5	120	0,8	175	13,8
Суммарные потери мощности соединительных шин [Вт]				332

Суммарная мощность, рассеиваемая внутри распределительного щита, вычисленная посредством суммирования долей, уже определенных выше:

$$P_{то} = 237+68+332=637 \text{ Вт}$$

Важно отметить, что суммарные потери мощности равнялись бы 305 Вт, и, следовательно, ожидаемая температура была бы намного ниже, чем действительная, если не принять в расчет потери в кабеле (332 Вт).

2.1.4 Влияние пути тока

Положение аппаратуры и проводников может повлиять на изменение потерь мощности в распределительном щите. Полагается устанавливать автоматические выключатели, как показано на Рис. 11, так чтобы путь наибольшего тока был как можно короче. Таким образом, отличие от неправильного решения, показанного на Рис. 11а, рассеиваемая мощность внутри распределительного щита ниже и преимущества с точки зрения нагрева очевидны.

Рис. 11

Предложенное расположение:
Наибольший ток (500 А) протекает по кратчайшему пути

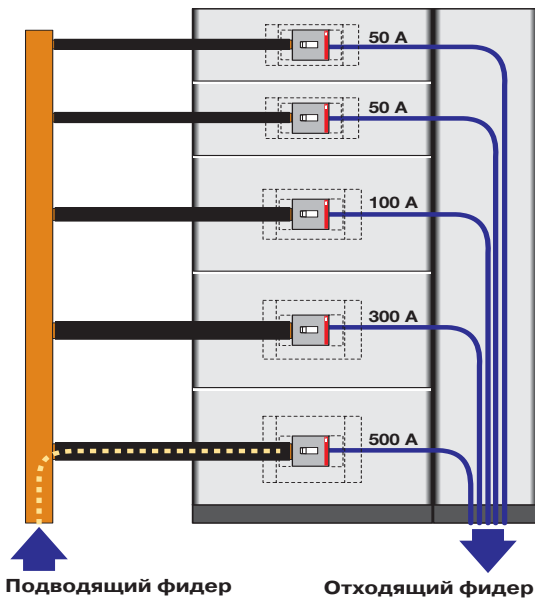
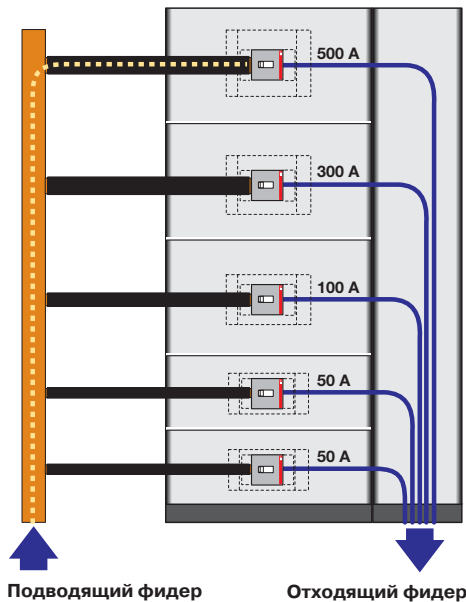


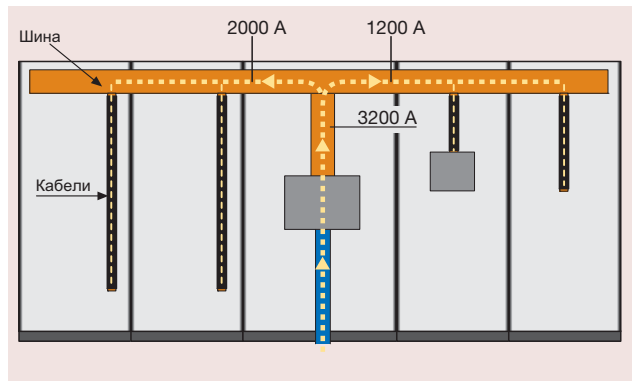
Рис. 11а

Расположение НЕ РЕКОМЕНДУЕТСЯ:
Наибольший ток (500 А) протекает по самому длинному пути



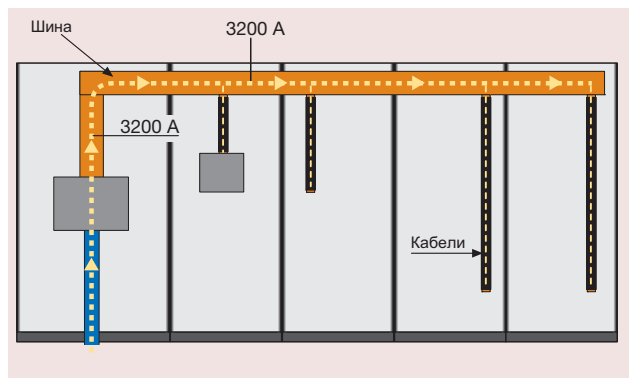
В случае распределительных щитов с несколькими вертикальными отсеками, рекомендуется, по возможности, установить вводной автоматический выключатель в среднем отсеке или же в центре по отношению к распределению нагрузки, как показано на Рис. 12. Таким образом, путем разделения тока на две ветви шинной системы распределительного щита достигается значительное снижение потерь мощности, при том же поперечном сечении по сравнению с конфигурацией, имеющей входящий фидер на обоих концах распределительного щита, как на Рис. 12а, что представляет собой решение, неудачное с точки зрения циркуляции наибольших токов.

Рис. 12

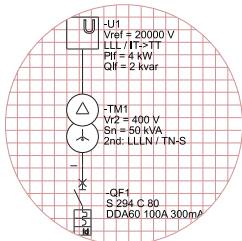


Рекомендуемое решение с точки зрения нагрева

Рис. 12а



Неудачное, с точки зрения нагрева, решение



2.2 Рассеивание выделяемого тепла в распределительных щитах

После анализа основных источников тепла и мер по ограничению образования тепла ниже описываются способы рассеивания тепла в окружающей среде.

Многие из этих соображений взяты из Стандарта МЭК 60890, в котором приведены формулы и таблицы, по которым можно определить превышение температуры в зависимости от конструкции и условий монтажа. В частности, в данной главе рассматриваются вопросы вентиляции распределительного щита, положение его поверхностей, вид внутреннего разделения и степень защиты.

2.2.1 Вентиляция распределительного щита

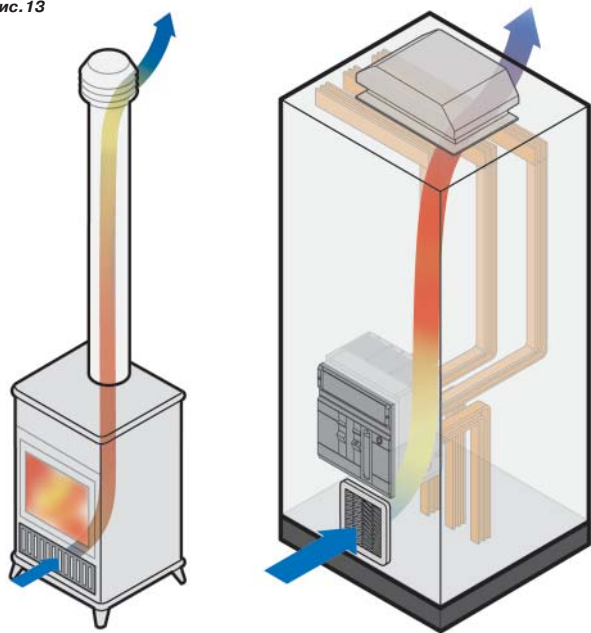
Для улучшения охлаждения распределительного щита необходимо обеспечить (см. Рис. 13) и поддерживать нормальную циркуляцию воздуха в распределительном щите. С этой целью, нужно правильно определить размер возможных вентиляционных отверстий и правильно их расположить.

Что касается размеров, Стандарт МЭК 60890 для оценки превышения температуры в низковольтных комплектных устройствах предписывает в отношении оболочек с вентиляционными отверстиями, чтобы поперечное сечение отверстий для выпуска воздуха было в 1,1 раза больше, чем сечение отверстий для поступления.

Это требование объясняется большим объемом горячего воздуха (выходящего из распределительного щита) по сравнению с холодным воздухом (входящим в щит).

При несоблюдении этого указания поверхность отверстия для поступления воздуха распределительного щита используется не полностью.

Рис. 13

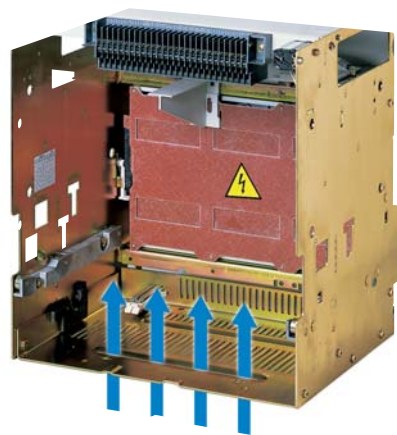


Вентиляционные отверстия должны быть расположены так, чтобы достигался эффект “вытяжной трубы”: одно отверстие должно располагаться внизу, на фронтальной части щита, и еще одно отверстие - наверху, на тыльной части, или на “крыше” щита. Важно помнить, что любые отверстия на средней высоте могут снизить эффект “вытяжной трубы”, ослабляя тягу воздуха.

Оборудование в распределительном щите должно располагаться так, чтобы из-за сужений на пути потока воздуха не было чрезмерного затруднения его циркуляции.

В случае с выкатными автоматическими выключателями особое внимание следует уделять тому, чтобы не допускать заграждения вентиляционных отверстий в фиксированной части автоматического выключателя (Рис. 14).

Рис. 14



2.2.2 Боковые поверхности распределительных щитов и их расположение

Необходимо учитывать, что автоматический выключатель осуществляет теплообмен с окружающим пространством через поверхности (верхняя, нижняя и боковые стенки) и, следовательно, при одинаковом уровне рассеивания мощности внутренними компонентами, чем больше поверхность обмена с внешней средой, и чем лучше условия обмена в зависимости от метода установки, тем большее количество тепла отводится. Например, распределительный щит должен быть расположен так, чтобы облегчить циркуляцию воздуха вокруг его наружных поверхностей или же не затруднять ее.

Стандарт МЭК 60890, который, как уже было сказано, предлагает метод оценки превышения температуры в распределительных щитах, не учитывает реальную геометрию внешней поверхности щита, но вводит концепцию эффективной поверхности охлаждения “Ae”, определяемой как сумма отдельных площадей поверхностей (верхней, передней, боковой....) “A₀”, умноженной на коэффициент поверхности “b”. Этот коэффициент учитывает рассеивание тепла отдельных поверхностей в соответствии с типом установки оболочки, т.е. различную способность рассеивания тепла в соответствии с положением поверхностей и того, открыты они или закрыты. Значения параметра “b” в отношении различных типов поверхности указаны в Таблице 13.

$$A_e = \sum (A_0 \times b)$$

Таблица 13

Тип установки	Коэффициент поверхности "b"
Открытая верхняя поверхность	1.4
Закрытая верхняя поверхность, например, встроенных оболочек	0.7
Открытые боковые поверхности, например, передняя, задняя и боковые стенки	0.9
Закрытые боковые поверхности, например, задняя сторона к стене	0.5
Боковые поверхности центральных оболочек	0.5
Поверхность пола	Не учитывается

2.2.3 Виды внутреннего разделения в распределительных щитах

Вид разделения, предусматривается для различных цепей внутри распределительного щита.

Разделение выполняется посредством металлических или изоляционных барьеров или перегородок.

Дополнительная информация о различных видах разделения указана в Приложении В и в ГОСТ Р 51321.1-2007 (МЭК 60439-1-2004).

Очевидно, что разделение, как правило, ограничивает циркуляцию воздуха внутри распределительного щита, влияя на температуру внутри. Для учета этого явления в Таблицах 14 и 15 указан коэффициент "d", который Стандарт МЭК 60890 предлагает использовать в конкретных условиях для определения превышения температуры внутри распределительного щита как функцию количества горизонтальных перегородок в рассматриваемой вертикальной секции.

Таблица 14: Для перегородок без вентиляционных отверстий и с эффективной поверхностью охлаждения $>1, 25\text{m}^2$

Количество горизонтальных перегородок n	Коэффициент d
0	1
1	1.05
2	1.15
3	1.3

Таблица 15: Для перегородок с вентиляционными отверстиями и с эффективной поверхностью охлаждения $>1, 25\text{m}^2$

Количество горизонтальных перегородок n	Коэффициент d
0	1
1	1.05
2	1.10
3	1.15

Из таблиц следует, что горизонтальные перегородки могут вызвать превышение температуры до 30% (3 перегородки без вентиляционных отверстий).

2.2.4 Степень защиты распределительных щитов

Степень защиты IP указывает на защиту оболочки от доступа к опасным частям, от проникновения твердых инородных предметов и воды. Код IP представляет собой систему идентификации степеней защиты на основе предписаний ГОСТ Р 14254-96 (МЭК 60529).

Степень защиты распределительного щита определяет его способность рассеивать тепло: чем выше степень защиты, тем меньше тепла рассеивается распределительным щитом. Поэтому не рекомендуется выбирать высокие степени защиты, если в этом нет необходимости. Кроме того, следует помнить, что определенная степень защиты может быть обеспечена различными способами.

Например, защита от вертикального падения капель воды ((IPX1) может быть реализована такими способами, чтобы это не ухудшало рассеивание тепла и чтобы поддерживался "эффект трубы" внутри распределительного щита.

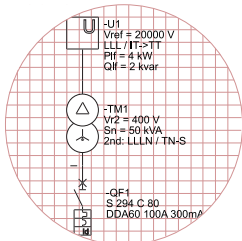
2.3 Рассеивание выделяемого тепла на выводах автоматических выключателей

После исследования основных источников тепла и возможностей рассеивания образованного тепла в распределительном щите необходимо провести анализ возможностей увеличения номинального тока автоматического выключателя путем уменьшения явления локального нагрева рядом с выводами. На практике, если не была проведена оптимизация рассеивания тепла, очень часто имеют место явления локального нагрева, часто ограничивающие максимальный рабочий ток цепи, даже при низких средних температурах в распределительном щите.

Явления, влияющие на рассеивание тепла выводами автоматического выключателя, это, в основном, конвекция (через воздух, движущийся внутри распределительного щита) и теплопроводность (через шины, соединенные с выводами); эти явления должны рассматриваться с учетом используемых типов выводов и исполнения (стационарное, выкатное или вытчное) установленного автоматического выключателя.

2.3.1 Проблемы, связанные с конвекцией

Общий принцип, связанный с явлением конвекции, основанном на конвективном движении воздуха, который при нагревании поднимается вверх, состоит в том, что шины должны быть расположены так, чтобы иметь относительно потока воздуха минимальную площадь поперечного сечения, и чтобы поток воздуха проходил по их наибольшей поверхности, т.е. "гребнеобразная" компоновка. Типология автоматических выключателей, наиболее подходящая для этой конфигурации, - это исполнение с вертикальными задними выводами.

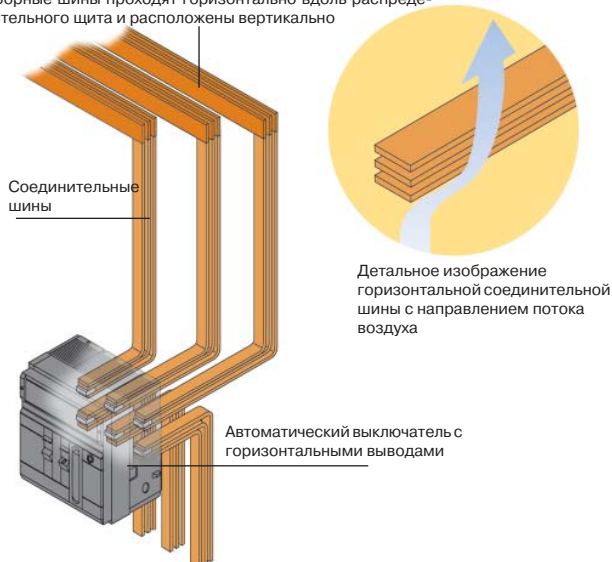


Серия инженера-конструктора

Вот несколько практических соображений относительно способов использования и установки вертикальных задних выводов для автоматических выключателей серии Emax 2. Использование этих выводов обеспечивает лучшее рассеивание тепла, так как по сравнению с горизонтальными выводами эти выводы имеют меньшее поперечное сечение по отношению к естественному движению воздуха и большую поверхность для теплообмена. Однако одна из основных проблем при использовании вертикальных выводов состоит в их сложном соединении с системой шин, когда она проходит горизонтально вдоль распределительного щита, а секция шин установлена вертикально. Эта проблема отсутствует в случае с той же системой шин, когда выводы автоматического выключателя горизонтальные, так как и шины, и выводы ориентированы по двум простым плоскостям соединения. Эта концепция будет более понятной при обращении к Рис. 15.

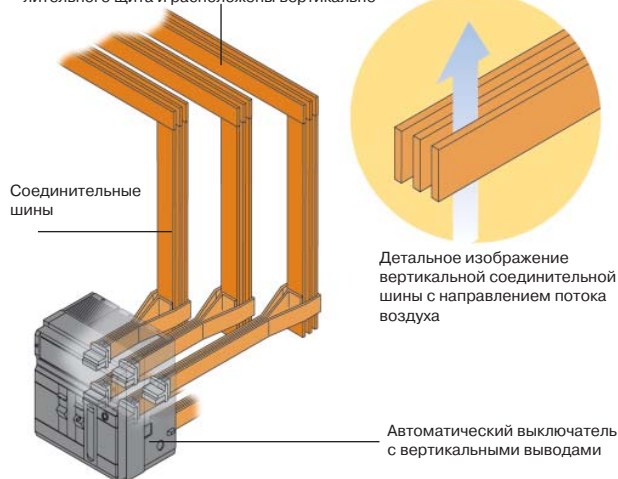
Рис. 15
Автоматический выключатель с горизонтальными выводами и вертикальными рабочими шинами

Сборные шины проходят горизонтально вдоль распределительного щита и расположены вертикально



Автоматический выключатель с вертикальными выводами и вертикальными рабочими шинами

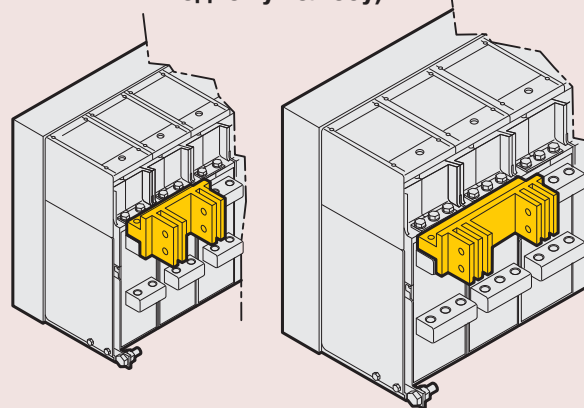
Сборные шины проходят горизонтально вдоль распределительного щита и расположены вертикально



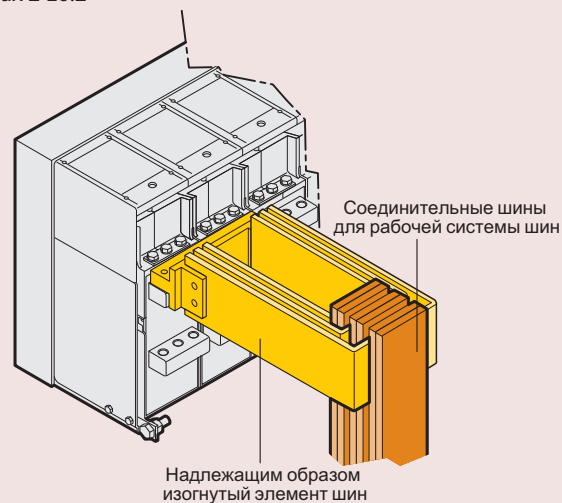
Например, у автоматического выключателя E6.2, для облегчения соединения между вертикальными выводами и вертикальными соединительными шинами можно использовать шины с соответствующим изгибом, как показано на Рис. 16.

Рис. 16

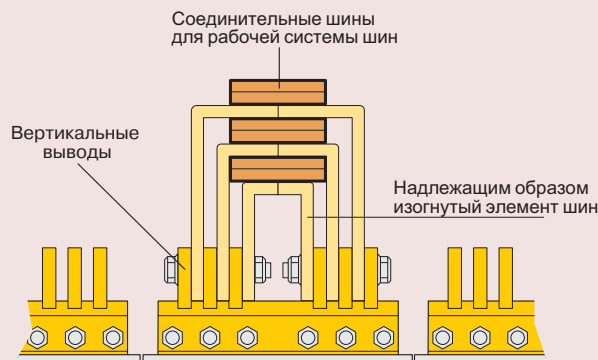
Вертикальные выводы для автоматических выключателей E6.2 (узел, относящийся к одному полюсу)



Emax 2 E6.2

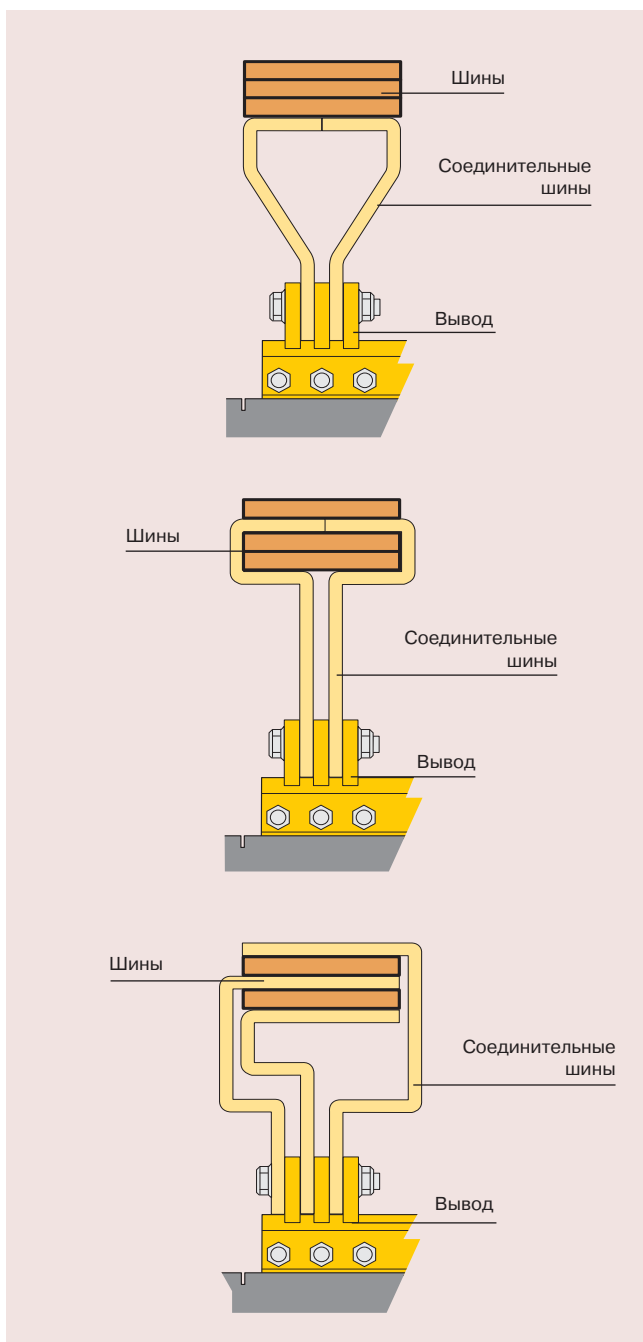


Вид сверху



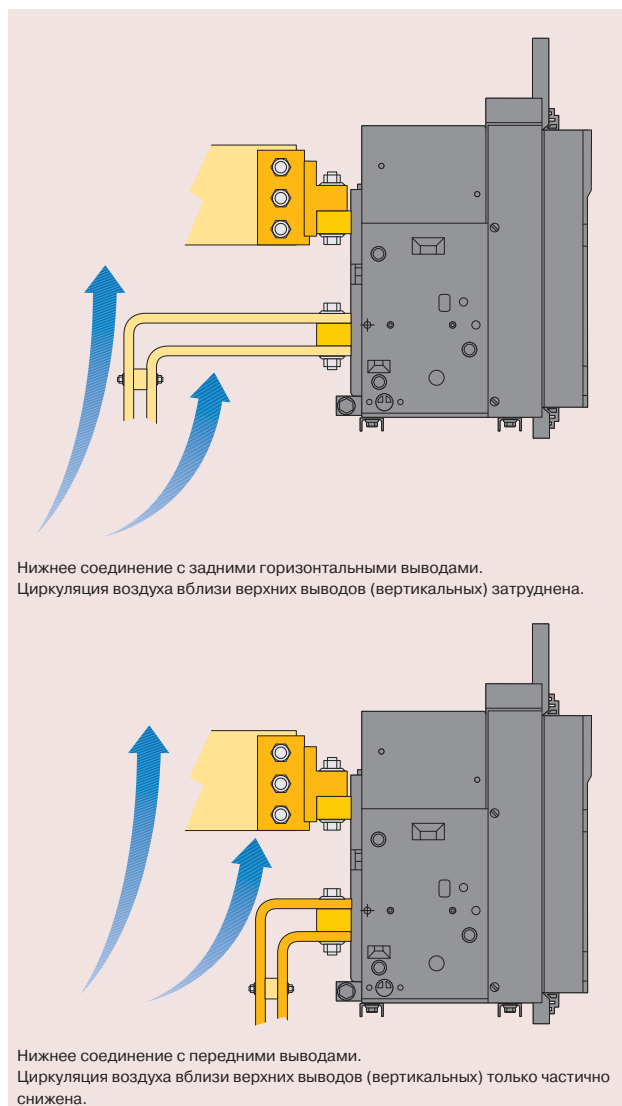
Другой пример на Рис. 17 показывает два других изображения, представляющих возможное решение для соединения вертикальных выводов с системой вертикальных соединительных шин для автоматических выключателей Emax E2.2.

Рис. 17



Напротив, при наличии верхних вертикальных выводов и нижних выводов другого типа или при наличии различных верхних и нижних выводов, используемые решения не должны нарушать циркуляцию воздуха на верхних выводах. Например, как показано на Рис. 18, нижние выводы не должны слишком отклонять поток воздуха, чтобы не препятствовать достижению верхних выводов, иначе будет утрачено преимущество охлаждения посредством конвекции.

Рис. 18



Нижнее соединение с задними горизонтальными выводами.
Циркуляция воздуха вблизи верхних выводов (вертикальных) затруднена.

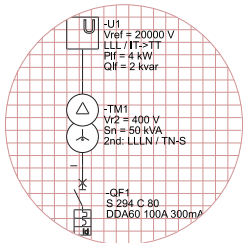
Нижнее соединение с передними выводами.
Циркуляция воздуха вблизи верхних выводов (вертикальных) только частично снижена.

Вообще говоря, для улучшения теплового режима шин и выводов важное значение приобретает расположение шин; здесь приводится пример решений, которые могут быть использованы.

Следует учитывать, что чем больше расстояние между шинами, тем больше тепла они рассеивают, а верхний средний вывод в этом смысле обычно наиболее проблематичен.

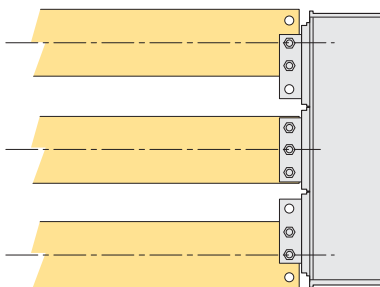
Поэтому рекомендуется разделять и поддерживать на возможно большем расстоянии друг от друга соединительные шины (от сборных шин до выводов автоматического выключателя) с тем, чтобы не увеличивался нагрев.

Например, как показано на Рис. 19, в случае трехполюсных автоматических выключателей внешние соединения могут быть смещены относительно выводов, так что расстояние увеличивается.



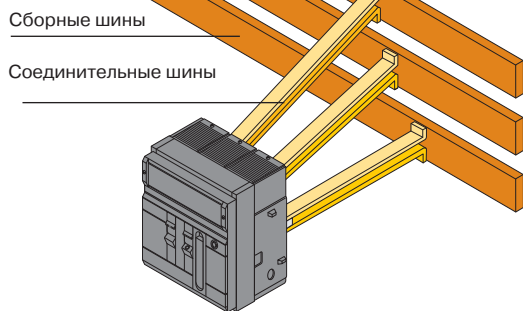
Серия инженера-конструктора

Рис. 19



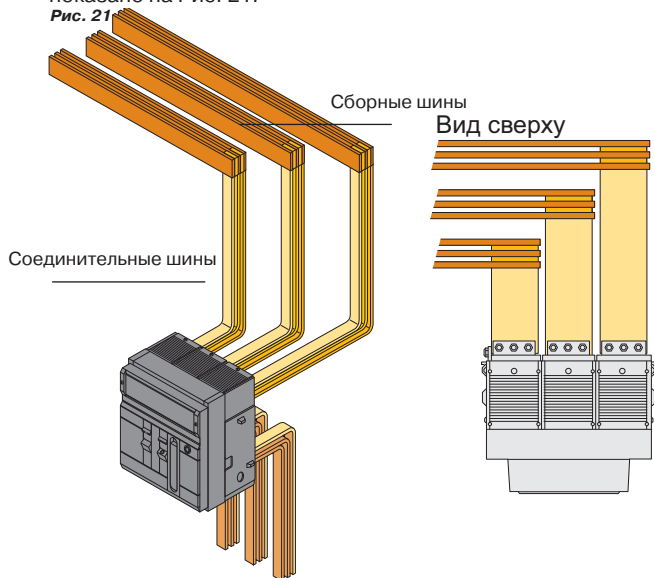
В случае соединения автоматических выключателей с системой шин, когда фазные сборные шины расположены на разном уровне по вертикали, рекомендуется чтобы места присоединения были как можно ближе к автоматическому выключателю, такое решение показано на Рис. 20.

Рис. 20



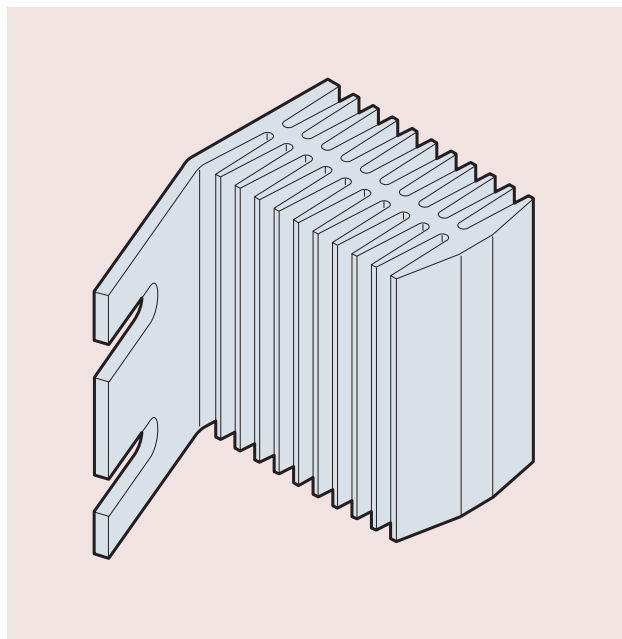
Как уже упоминалось, верхние выводы и, особенно, верхний средний вывод, вследствие своего положения, нагреваются до самых высоких температур. Поэтому нужно принять особые меры для улучшения теплообмена этих выводов, например, путем удлинения горизонтальной части верхних соединительных шин по сравнению с нижними шинами, как показано на Рис. 21.

Рис. 21



Дальнейшее увеличение номинального тока цепей может быть достигнуто путем установки нескольких охладителей (см. Рис. 22) на соединительных проводниках – между автоматическим выключателем и шинной системой – для улучшения рассеивания тепла или путем обработки шин и охладителей специальными красками, которые позволяют усилить интенсивность тепла, не создавая дополнительной тепловой изоляции поверхности.

Рис. 22



2.3.2 Проблемы теплообмена соединительных шин и способы их решения

Кроме теплообмена с окружающей средой посредством конвекции, происходит теплообмен между выводами автоматического выключателя и присоединенными к ним шинами или кабелями. Соединительные шины проводят ток, но и тепло на значительные расстояния. Поэтому при определении их размеров и положения необходимо учитывать эти аспекты. Теплообмен возрастает как при увеличении поперечного сечения, через которое осуществляется теплообмен (площадь контакта между кабелями или соединительными шинами и выводами автоматического выключателя), так и при увеличении разности температур тел, участвующих в теплообмене. Отсюда следует, что соединительные шины должны эффективно рассеивать тепло для сохранения своей температуры на допустимом уровне. Чтобы получить соединение, обеспечивающее достаточный теплообмен между выводами и системой распределения щита, компания АББ указывает минимальную площадь поперечного сечения кабелей и шин, которые необходимо применять.

В Таблицах 16 и 17, соответственно, приводятся данные по автоматическим выключателям в литом корпусе серии Tmax и Tmax XT и автоматическим выключателям серии Emax 2. Значения площади поперечного сечения кабелей и шин в

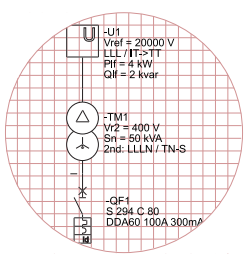
Таблицах 16 и 17 - это значения, рекомендованные для подключения силовых автоматических выключателей к кабелям и шинам в НКУ.

Таблица 16

Тип автоматического выключателя	In	Кабели	Шины
Tmax	[A]	[n //] x [мм ²]	[n //] x [мм x мм]
XT2	≤8	1	
XT2	10, 12,5	1,5	
XT2-XT4	16	2,5	
XT1-XT2-XT4	20	2,5	
XT1-XT2-XT4	25	4	
XT1-XT2-XT4	32	6	
XT1-XT2-XT4	40	10	
XT1-XT2-XT4	50	10	
XT1-XT2-XT3-XT4	63	16	
XT1-XT2-XT3-XT4	80	25	
XT1-XT2-XT3-XT4	100	35	
XT1-XT2-XT3-XT4	125	50	
XT1-XT2-XT3-XT4	160	70	
XT3-XT4	200, 225	95	20x5
XT3-XT4	250	120	25x5
T4-T5	320	185	40x5
T5	400	240	50x5
T5	500	2x150	2x30x5
T5-T6	630	2x185	2x40x5
T6-T7	800	2x240	2x50x5
T6-T7	1000	3x240	2x60x5
T7	1250	4x240	2x80x5
T7	1600	5x240	2x100x5

Таблица 17

Выкатной автоматический выключатель	Вертикальные/горизонтальные выводы
E1.2 630-800	1x(50x10)
E1.2 1000-1250	2x(50x10)
E1.2 1600	2x(60x10)
E2.2 800	1x(50x10)
E2.2 1000	1x(60x10)
E2.2 1600	2x(60x10)
E2.2 2000	2x(80x10)
E2.2 2500	2x(100x10)
E4.2 2000	2x(80x10)
E4.2 2500	2x(100x10)
E4.2 3200	3x(100x10)
E4.2 4000	4x(100x10)
E6.2 4000	4x(100x10)
E6.2 5000	5x(100x10)
E6.2 6300	6x(100x10)



Серия инженера-конструктора

2.3.3 Номинальный ток автоматических выключателей и соединительных шин

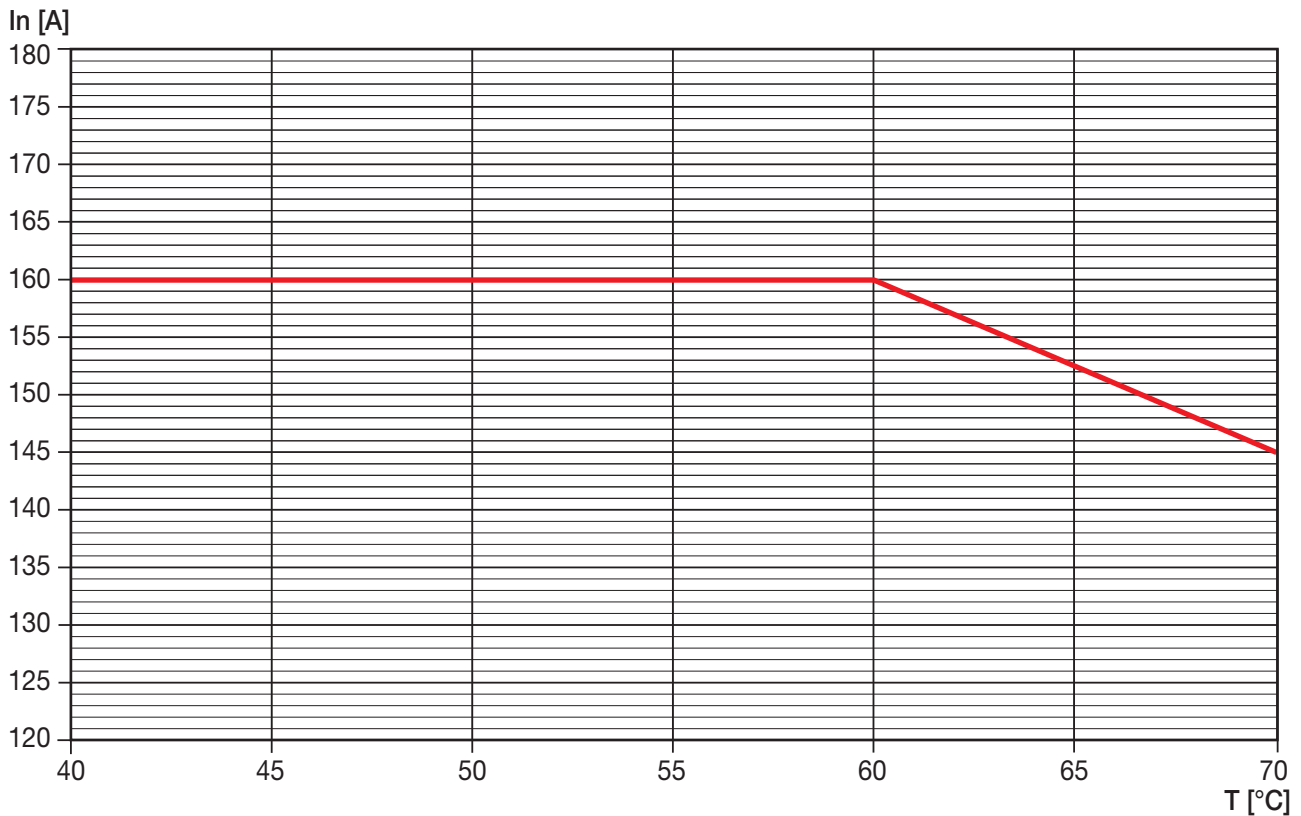
В завершении главы на Рис. 23 представлены графики зависимости номинального длительного тока (I_n) автоматических выключателей в литом корпусе серии Tmax и Tmax XT с электронными расцепителями, от температуры

Рис. 23

при различных типах выводов и имеющихся исполнениях, а в Таблице 18 указывается зависимость I_n от I_n и температуры окружающей среды автоматических выключателей в литом корпусе Tmax с термомагнитными расцепителями. Что касается автоматических выключателей серии Tmax 2, в Таблице 19 указаны значения номинального тока для одного аппарата при различных температурах.

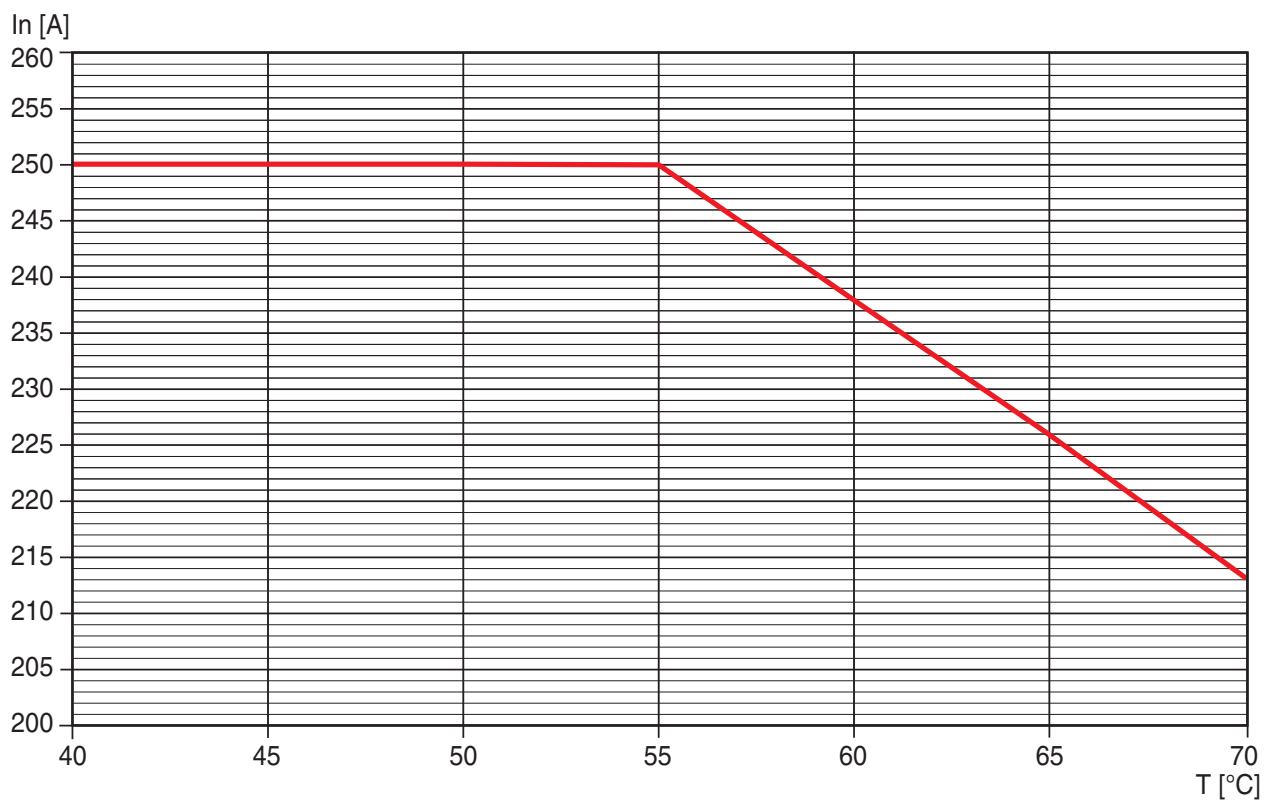
XT2 – Стационарные автоматические выключатели только с магнитным или электронным расцепителем

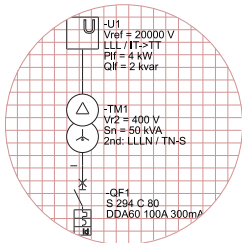
	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C
	$I_{\text{макс}}$ [A]	$I_{\text{макс}}$ [A]	$I_{\text{макс}}$ [A]	$I_{\text{макс}}$ [A]
F-FCCu	160	160	160	145



ХТ4 – Стационарные автоматические выключатели только с магнитным, электронным расцепителем или выключатели-разъединители

	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C
	I _{макс} [A]	I _{макс} [A]	I _{макс} [A]	I _{макс} [A]
F-FCCu	250	250	238	213



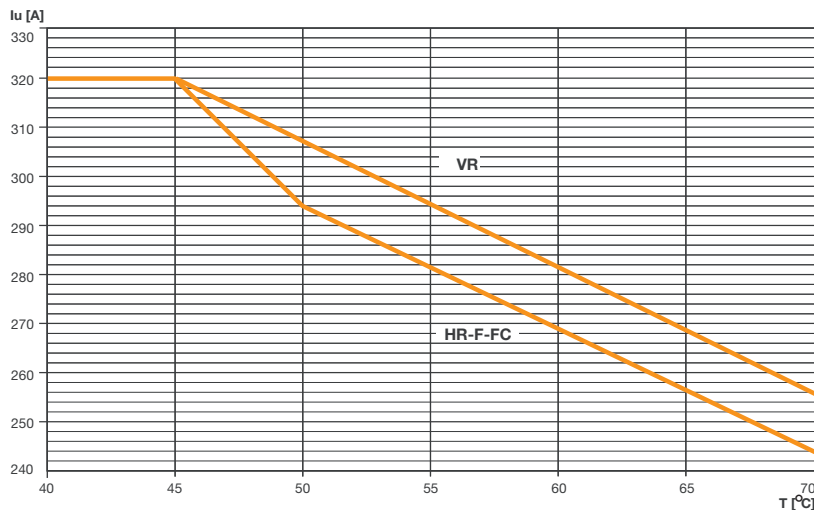


Серия инженера-конструктора

2 Рекомендации по увеличению номинального тока автоматических выключателей в распределительных щитах

T4 320

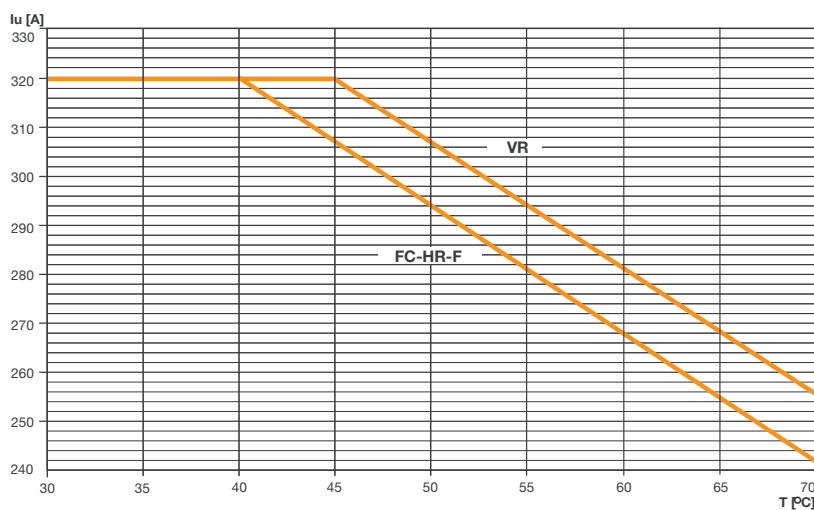
Стационарный



FC = Передние выводы для кабелей F = Передние плоские выводы HR = Задние плоские горизонтальные выводы
 VR = Задние плоские вертикальные выводы

T4 320

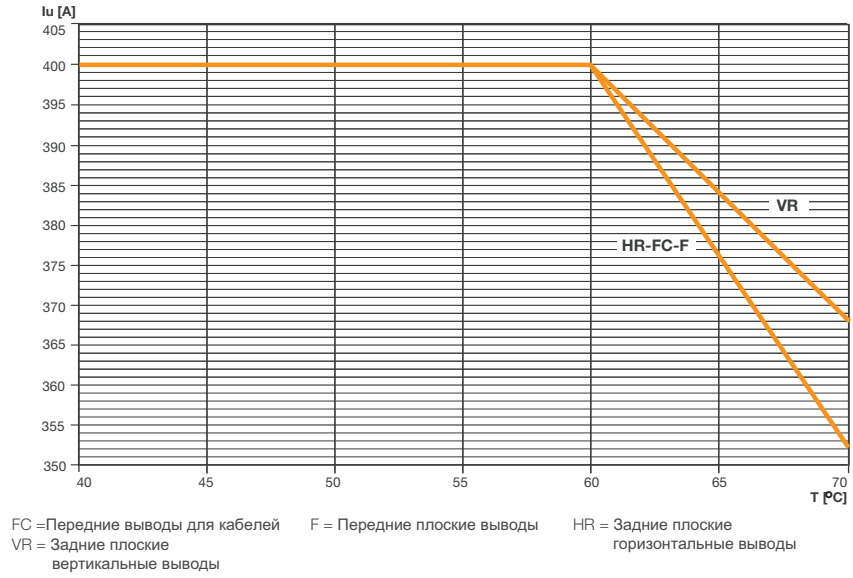
Втычной / Выкатной



FC = Передние выводы для кабелей F = Передние плоские выводы HR = Задние плоские горизонтальные выводы
 VR = Задние плоские вертикальные выводы

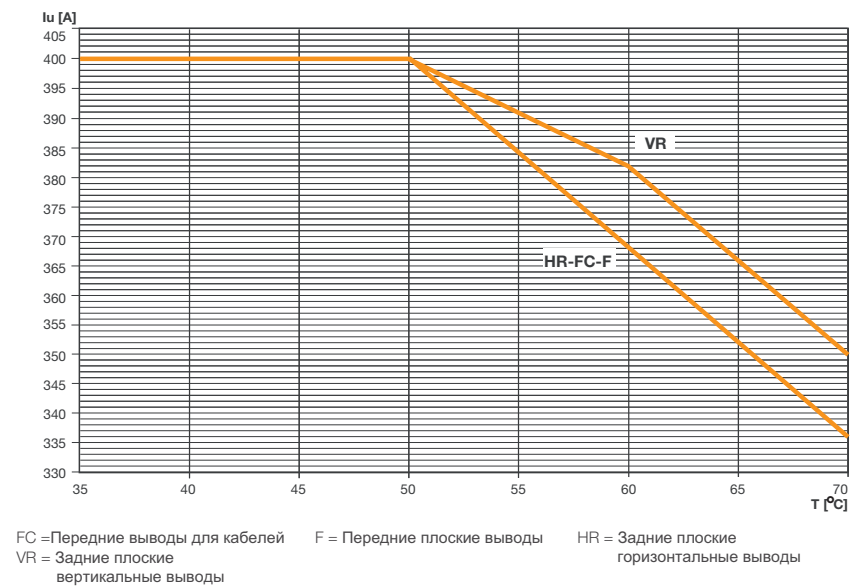
T5 400

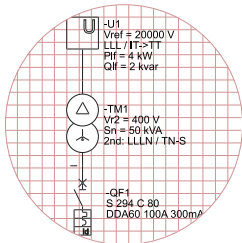
Стационарный



T5 400

Втычной / Выкатной



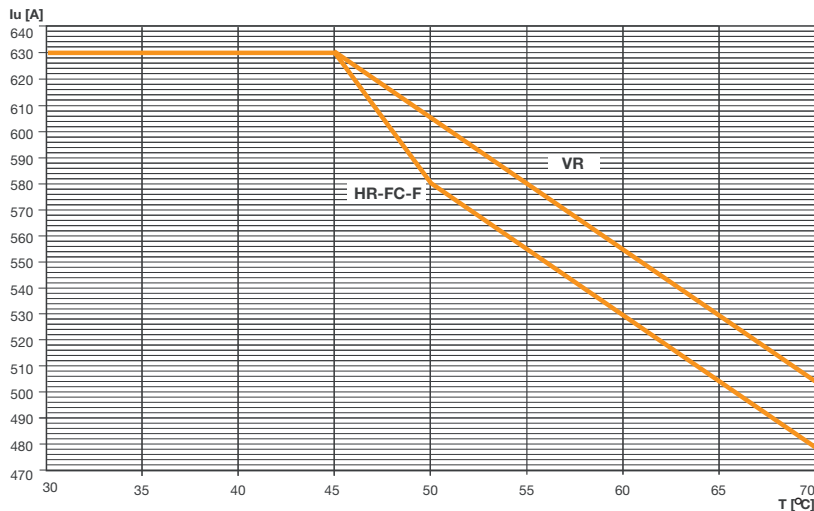


Серия инженера-конструктора

2 Рекомендации по увеличению номинального тока автоматических выключателей в распределительных щитах

T5 630

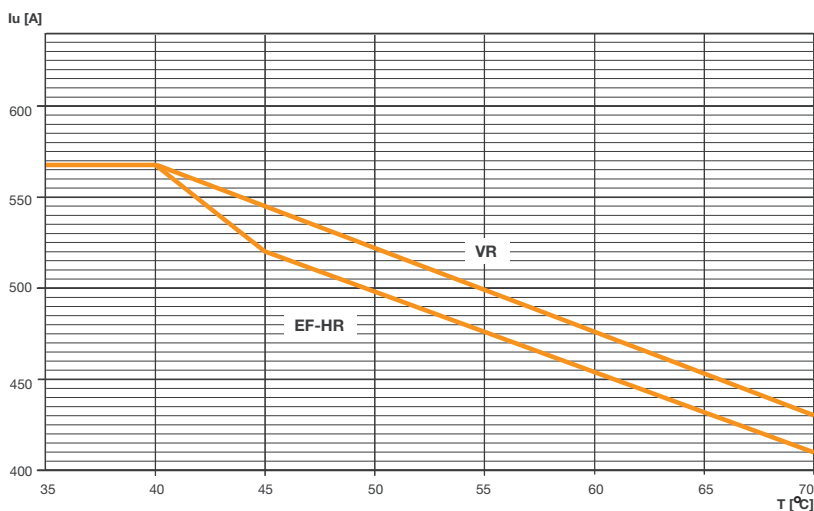
Стационарный



FC = Передние выводы для кабелей
 VR = Задние плоские вертикальные выводы
 F = Передние плоские выводы
 HR = Задние плоские горизонтальные выводы

T5 630

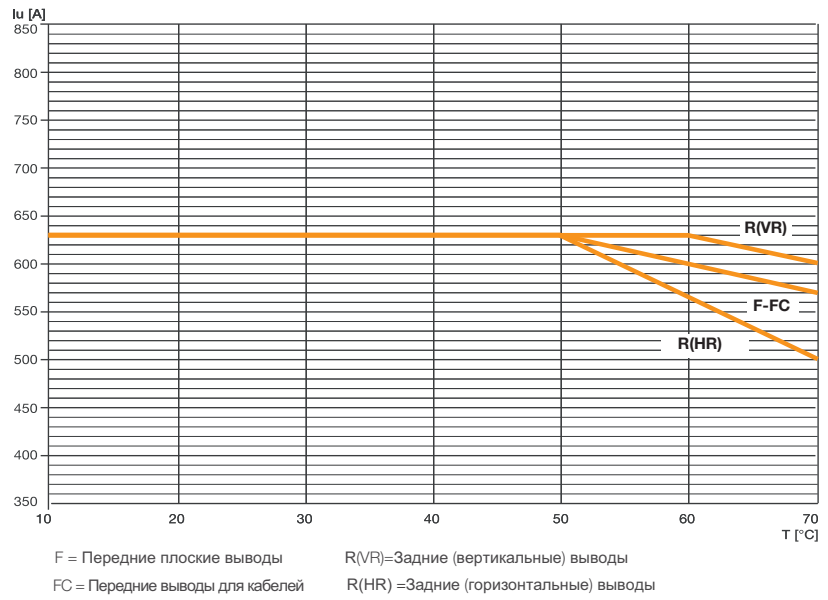
Втычной / Выкатной



EF = Передние удлиненные выводы
 VR = Задние плоские вертикальные выводы
 HR = Задние плоские горизонтальные выводы

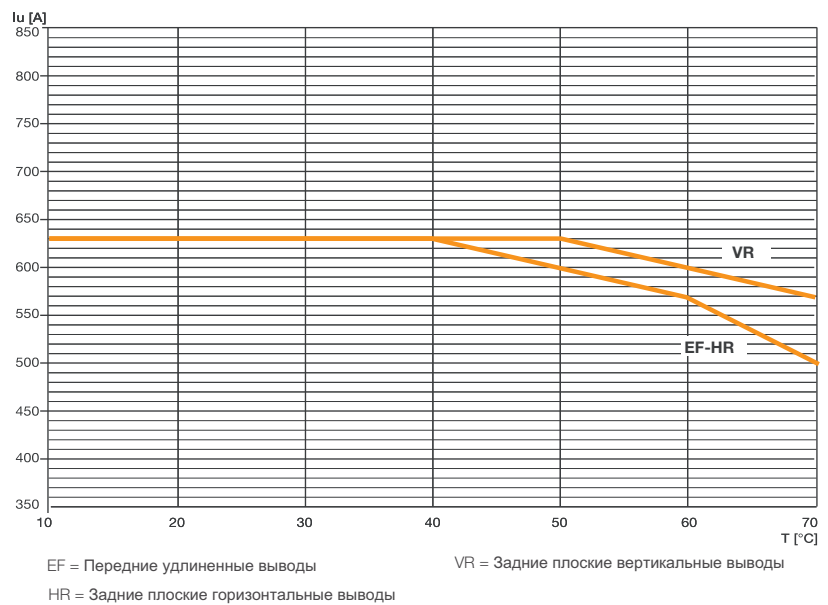
T6 630

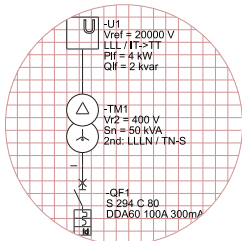
Стационарный



T6 630

Выкатной



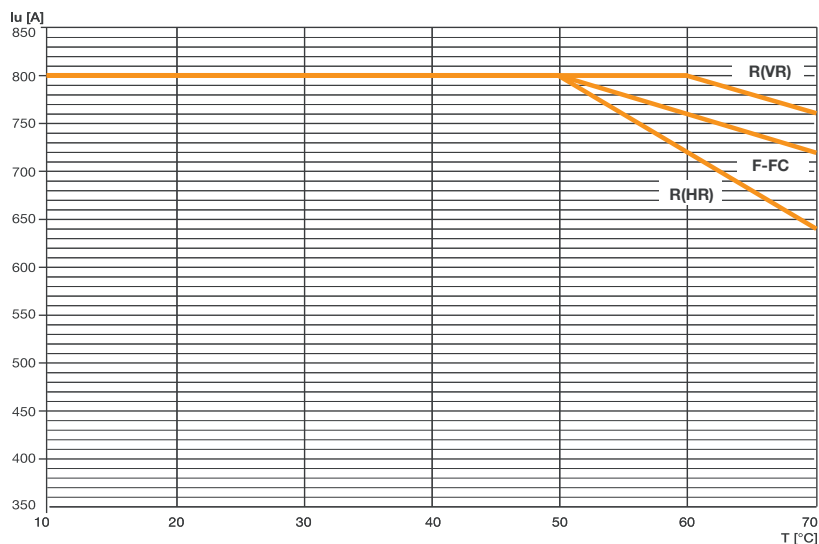


Серия инженера-конструктора

2 Рекомендации по увеличению номинального тока автоматических выключателей в распределительных щитах

T6 800

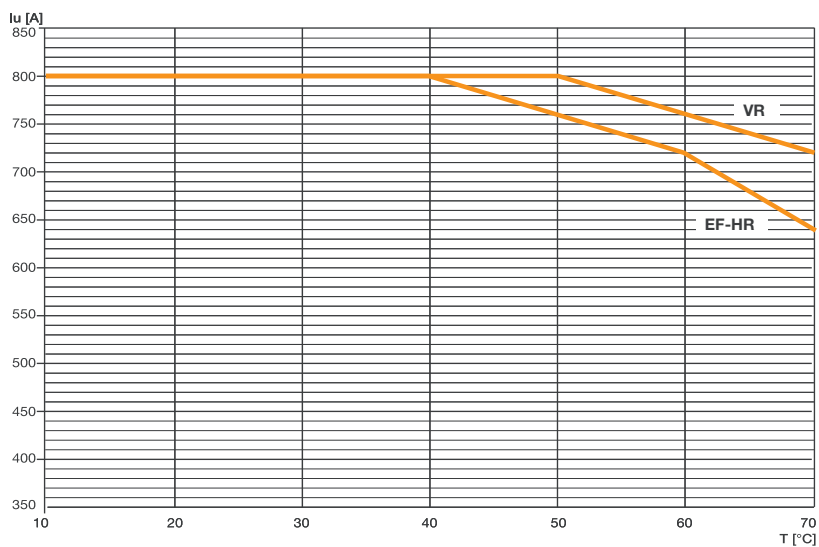
Стационарный



F = Передние плоские выводы R(VR)=Задние (вертикальные) выводы
 FC = Передние выводы для кабелей R(HR) =Задние (горизонтальные) выводы

T6 800

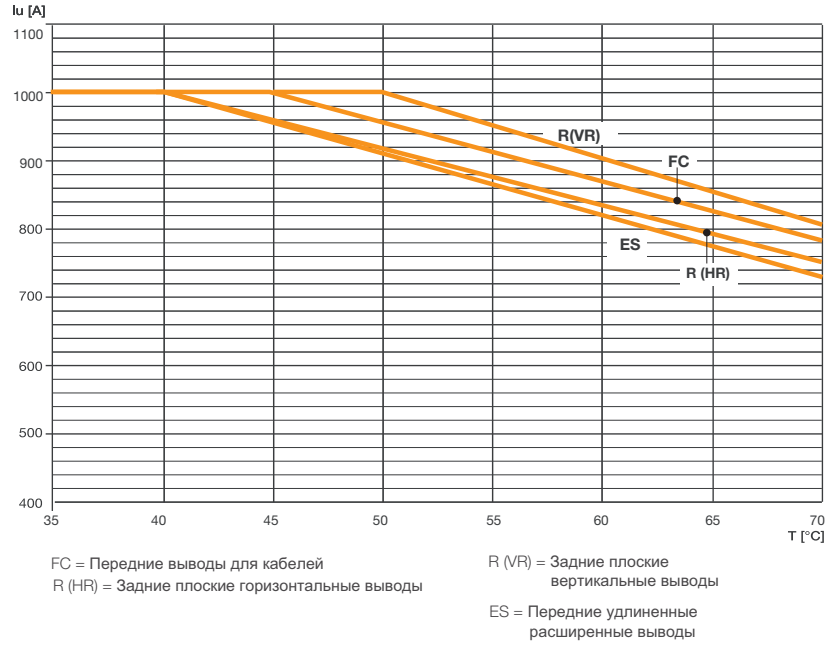
Выкатной

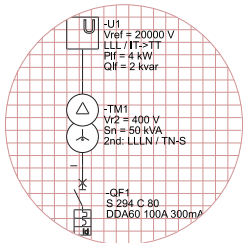


EF = Передние удлиненные выводы VR = Задние плоские вертикальные выводы
 HR = Задние плоские горизонтальные выводы

T6 1000

Стационарный

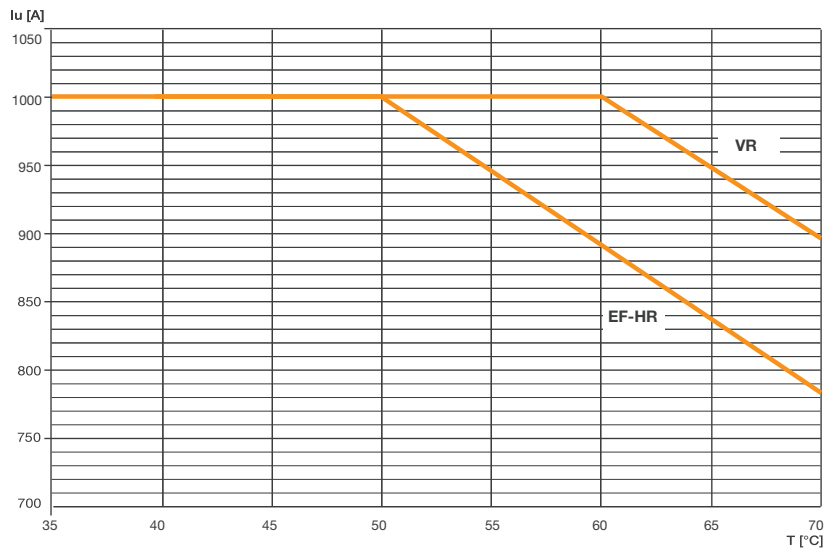




Серия инженера-конструктора

T7 V 1000

Стационарный



EF = Расширенные передние выводы

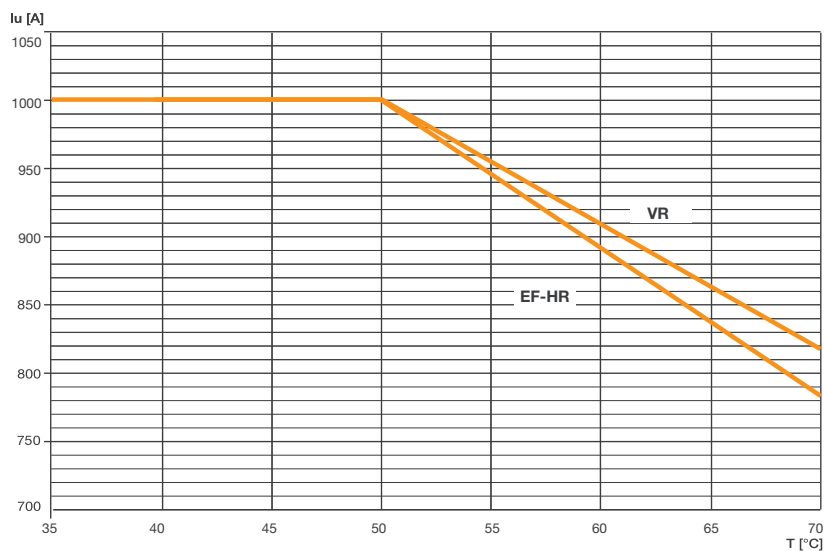
HR = Задние плоские горизонтальные выводы

VR = Задние плоские вертикальные выводы

Примечание: Для номинальных параметров менее 1000 А Tmax T7 не подвержен какому-либо температурному снижению.

T7 V 1000

Выкатной



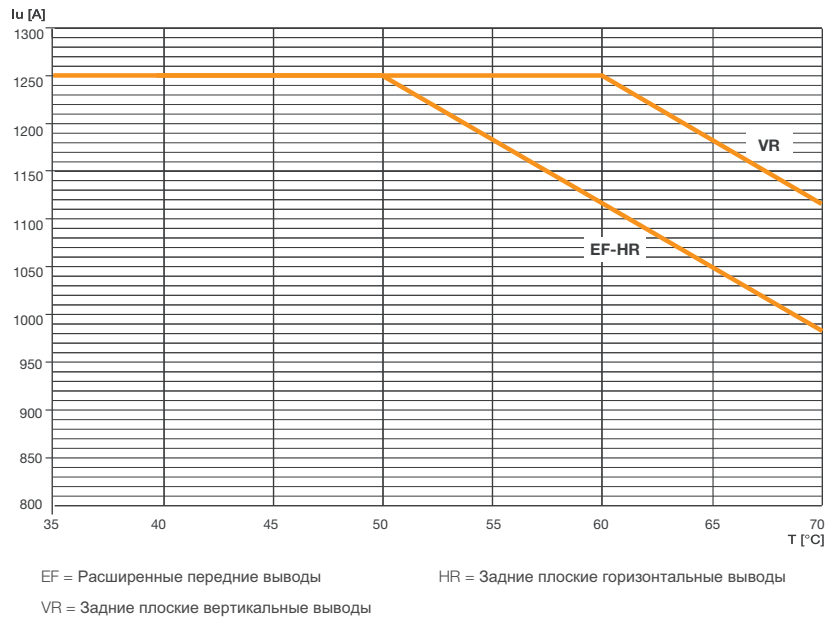
EF = Расширенные передние выводы

HR = Задние плоские горизонтальные выводы

VR = Задние плоские вертикальные выводы

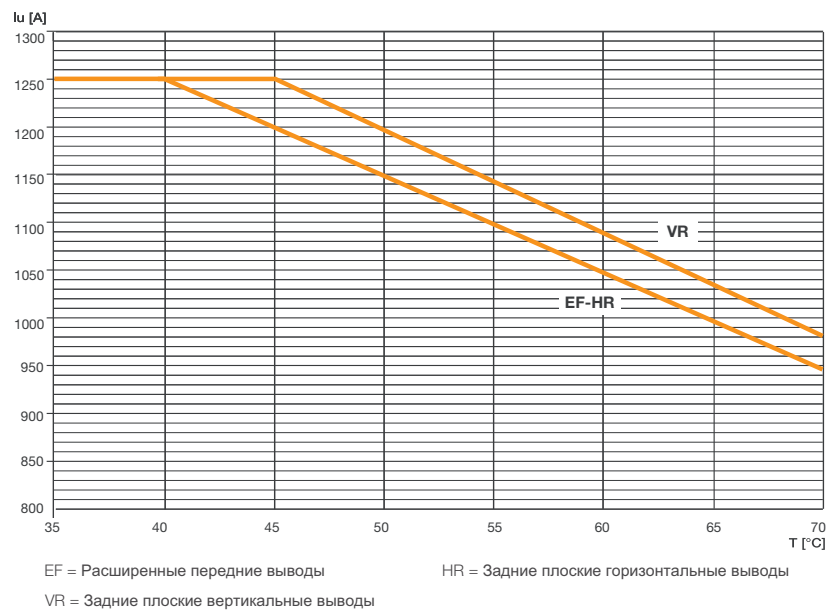
T7 S,H,L, 1250

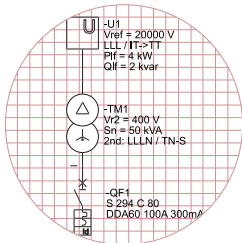
Стационарный



T7 V 1250

Стационарный



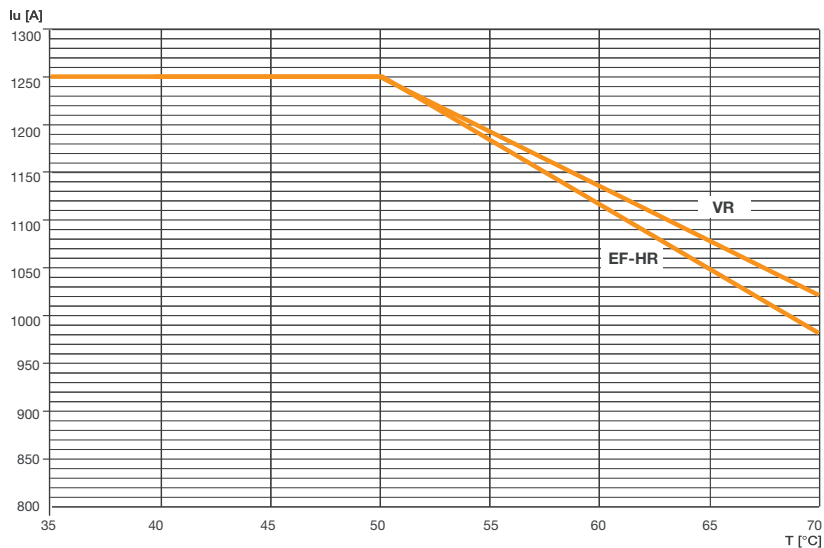


Серия инженера-конструктора

2 Рекомендации по увеличению номинального тока автоматических выключателей в распределительных щитах

T7 S,H,L, 1250

Выкатной



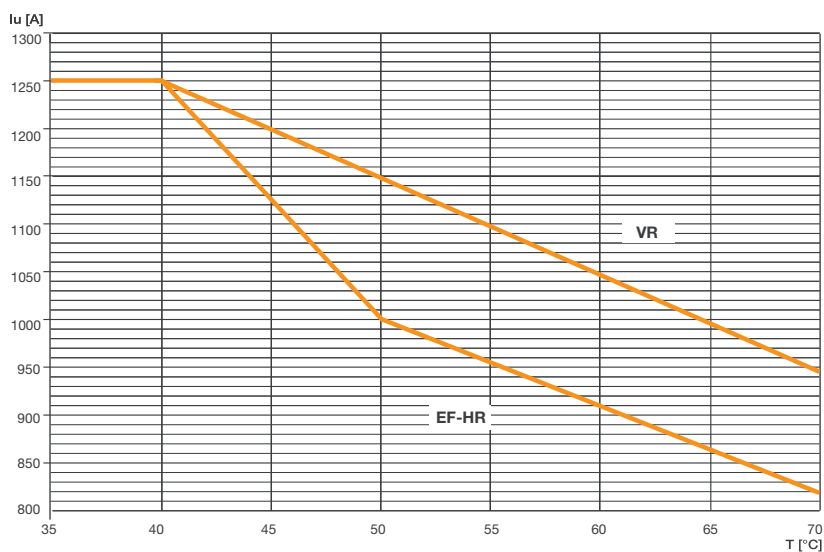
EF = Расширенные передние выводы

HR = Задние плоские горизонтальные выводы

VR = Задние плоские вертикальные выводы

T7 V 1250

Выкатной



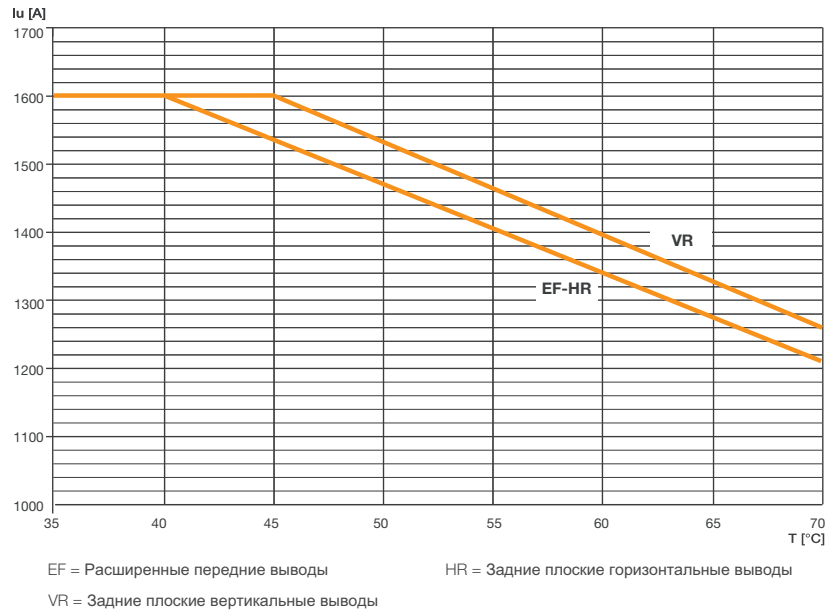
EF = Расширенные передние выводы

HR = Задние плоские горизонтальные выводы

VR = Задние плоские вертикальные выводы

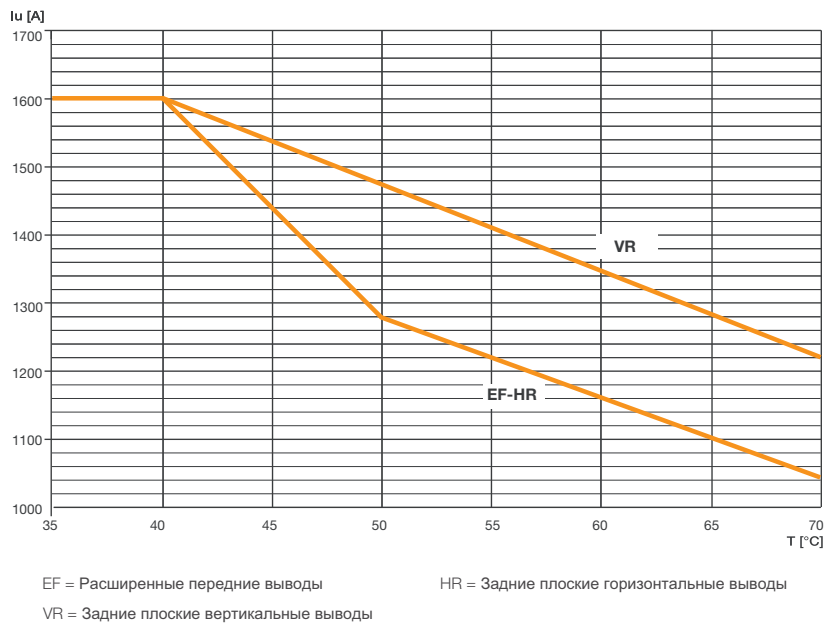
T7 S,H,L, 1600

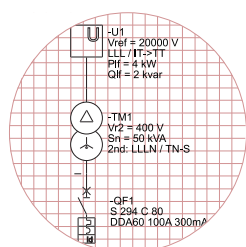
Стационарный



T7 S,H,L, 1600

Выкатной





Серия инженера-конструктора

Таблица 18

ХТ1

Т окр. среды	10 °С		20 °С		30 °С		40 °С		45 °С		50 °С		60 °С		70 °С	
	МИН [А]	МАКС [А]	МИН [А]	МАКС [А]	МИН [А]	МАКС [А]	МИН [А]	МАКС [А]	МИН [А]	МАКС [А]	МИН [А]	МАКС [А]	МИН [А]	МАКС [А]	МИН [А]	МАКС [А]
16	13	18	12	18	11.9	17	11.2	16	10.8	15.5	11	15	10	14	9	13
20	16	23	15	22	14.7	21	14	20	13.6	19.4	13	19	12	18	11	16
25	20	29	19	28	18.2	26	17.5	25	16.9	24.2	16	23	15	22	14	20
32	26	37	25	35	23.8	34	22.4	32	21.7	31.0	21	30	20	28	18	26
40	32	46	31	44	29.4	42	28	40	27.1	38.7	27	38	25	35	23	33
50	40	58	39	55	37.1	53	35	50	33.9	48.4	33	47	31	44	28	41
63	51	72	49	69	46.2	66	44.1	63	42.7	61	41	59	39	55	36	51
80	64	92	62	88	58.8	84	56	80	54.2	77	53	75	49	70	46	65
100	81	115	77	110	73.5	105	70	100	67.8	97	66	94	61	88	57	81
125	101	144	96	125	91.7	131	87.5	125	84.7	121	82	117	77	109	71	102
160	129	184	123	176	117.6	168	112	160	108.4	155	105	150	98	140	91	130

ХТ2 с термомагнитными расцепителями защиты

Т окр. среды	10 °С		20 °С		30 °С		40 °С		45 °С		50 °С		60 °С		70 °С	
	МИН [А]	МАКС [А]	МИН [А]	МАКС [А]	МИН [А]	МАКС [А]	МИН [А]	МАКС [А]	МИН [А]	МАКС [А]	МИН [А]	МАКС [А]	МИН [А]	МАКС [А]	МИН [А]	МАКС [А]
1.6	1.3	1.8	1.2	1.8	1.2	1.7	1.1	1.6	1.1	1.5	1.1	1.5	1.0	1.4	0.9	1.3
2	1.6	2.3	1.5	2.2	1.5	2.2	1.4	2.0	1.3	1.9	1.3	1.9	1.2	1.7	1.1	1.6
2.5	2.0	2.9	1.9	2.8	1.8	2.6	1.8	2.5	1.7	2.4	1.6	2.3	1.5	2.2	1.4	2.0
3	2.5	3.6	2.5	3.5	2.5	3.5	2.1	3.0	2.0	2.9	2.0	2.8	1.8	2.6	1.6	2.3
4	3.2	4.6	3.1	4.4	2.9	4.2	2.8	4.0	2.7	3.9	2.6	3.7	2.5	3.5	2.2	3.2
6.3	5.0	7.2	4.9	6.9	4.6	6.6	4.4	6.3	4.2	6.1	4.1	5.9	3.9	5.5	3.6	5.1
8	6.4	9.2	6.2	8.8	5.9	8.4	5.6	8.0	5.4	7.7	5.3	7.5	4.9	7.0	4.6	6.5
10	8.1	11.5	7.7	11.0	7.4	10.5	7.0	10.0	6.7	9.6	6.5	9.3	6.1	8.7	5.7	8.1
12.5	10.1	14.4	9.7	13.8	9.2	13.2	8.8	12.5	8.4	12.0	8.2	11.7	7.6	10.9	7.1	10.1
16	13	18.0	12.0	18.0	11.9	17.0	11.2	16.0	10.8	15.4	10.5	15.0	9.8	14.0	9.1	13.0
20	16	23.0	15.4	22.0	14.7	21.0	14.0	20.0	13.5	19.3	13.3	19.0	11.9	17.0	11.2	16.0
25	20	29.0	19.6	28.0	18.2	26.0	17.5	25.0	16.8	24.0	16.1	23.0	15.4	22.0	14.0	20.0
32	26	37.0	24.5	35.0	23.8	34.0	22.4	32.0	21.6	30.8	21.0	30.0	19.6	28.0	18.2	26.0
40	32	46.0	30.8	44.0	29.4	42.0	28.0	40.0	27.0	38.5	25.9	37.0	24.5	35.0	22.4	32.0
50	40	57.0	38.5	55.0	37.1	53.0	35.0	50.0	33.7	48.2	32.9	47.0	30.1	43.0	28.0	40.0
63	50	72.0	48.3	69.0	46.2	66.0	44.1	63.0	42.5	60.7	41.3	59.0	38.5	55.0	35.7	51.0
80	64	92.0	61.6	88.0	58.8	84.0	56.0	80.0	54.0	77.1	52.5	75.0	49.0	70.0	45.5	65.0
100	81	115.0	77.0	110.0	73.5	105.0	70.0	100.0	67.5	96.4	65.1	93.0	60.9	87.0	56.7	81.0
125	101	144.0	96.6	138.0	92.4	132.0	87.5	125.0	84.3	120.5	81.9	117.0	76.3	109.0	70.7	101.0
160	129	184.0	123.0	178.0	117.6	168.0	112.0	160.0	107.9	154.2	105.0	150.0	97.3	139.0	90.3	129.0

ХТ3

Т окр. среды	10 °С		20 °С		30 °С		40 °С		45 °С		50 °С		60 °С		70 °С	
	МИН [А]	МАКС [А]	МИН [А]	МАКС [А]	МИН [А]	МАКС [А]	МИН [А]	МАКС [А]	МИН [А]	МАКС [А]	МИН [А]	МАКС [А]	МИН [А]	МАКС [А]	МИН [А]	МАКС [А]
63	51	72	49	69	46	66	44	63	43	61	41	59	39	55	36	51
80	64	92	62	88	59	84	56	80	54	77	53	75	48	69	45	64
100	80	115	77	110	74	105	70	100	68	97	65	93	61	87	56	80
125	101	144	96	138	92	132	88	125	85	121	81	116	76	108	70	100
160	129	184	123	176	118	168	112	160	108	155	104	149	97	139	90	129
200	161	230	154	220	148	211	140	200	136	194	130	186	121	173	113	161
250	201	287	193	278	184	263	175	250	169	242	163	233	151	216	141	201

ХТ4 с термомагнитными расцепителями защиты

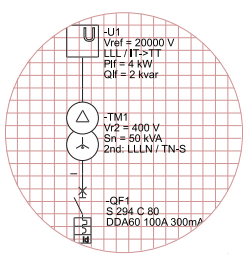
Т окр. среды	10 °С		20 °С		30 °С		40 °С		45 °С		50 °С		60 °С		70 °С	
In [A]	МИН [A]	МАКС [A]	МИН [A]	МАКС [A]	МИН [A]	МАКС [A]	МИН [A]	МАКС [A]	МИН [A]	МАКС [A]	МИН [A]	МАКС [A]	МИН [A]	МАКС [A]	МИН [A]	МАКС [A]
16	13	19	13	18	12	17	11	16	11	15	10	14	9	13	8	12
20	19	27	17	24	16	23	14	20	14	19	12	17	11	15	9	13
25	21	30	20	28	19	27	18	25	17	24	16	23	15	21	13	19
32	26	43	24	39	25	36	22	32	22	31	19	27	17	24	15	21
40	33	48	32	45	30	43	28	40	27	39	26	37	24	34	21	30
50	37	62	35	58	38	54	35	50	34	48	32	46	29	42	27	39
63	53	75	50	71	47	67	44	63	43	61	41	58	37	53	33	48
80	59	98	55	92	60	86	56	80	54	77	52	74	46	66	41	58
100	83	118	79	113	74	106	70	100	68	97	67	95	60	85	53	75
125	102	145	100	140	94	134	88	125	85	121	81	115	74	105	67	95
160	130	185	123	176	118	168	112	160	108	155	105	150	96	137	91	130
200	161	230	154	220	147	210	140	200	136	194	133	190	123	175	112	160
225	188	269	179	255	168	241	158	225	152	218	146	208	133	190	119	170
250	200	285	193	275	183	262	175	250	169	242	168	240	161	230	154	220

Tmax T5

In [A]	10 °С		20 °С		30 °С		40 °С		50 °С		60 °С		70 °С	
	МИН.	МАКС.	МИН.	МАКС.	МИН.	МАКС.	МИН.	МАКС.	МИН.	МАКС.	МИН.	МАКС.	МИН.	МАКС.
320	260	368	245	350	234	335	224	320	212	305	200	285	182	263
400	325	465	310	442	295	420	280	400	265	380	250	355	230	325
500	435	620	405	580	380	540	350	500	315	450	280	400	240	345

Tmax T6

In [A]	10 °С		20 °С		30 °С		40 °С		50 °С		60 °С		70 °С	
	МИН.	МАКС.	МИН.	МАКС.	МИН.	МАКС.	МИН.	МАКС.	МИН.	МАКС.	МИН.	МАКС.	МИН.	МАКС.
630	520	740	493	705	462	660	441	630	405	580	380	540	350	500
800	685	965	640	905	605	855	560	800	520	740	470	670	420	610



Серия инженера-конструктора

Таблица 19

E1.2 E1.2	Температура [°C]						
	<40	45	50	55	60	65	70
E1.2 250	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
E1.2 630	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
E1.2 800	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
E1.2 1000	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
E1.2 1250	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
E1.2 1600	100%	100%	100%	98%	95%	93%	90%

E1.2 E2.2	Температура [°C]						
	<40	45	50	55	60	65	70
E2.2 250	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
E2.2 800	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
E2.2 1000	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
E2.2 1250	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
E2.2 1600	100%	100%	100%	100%	100%	100%	98%
E2.2 2000	100%	100%	100%	100%	95%	91%	87%
E2.2 2500	100%	100%	100%	100%	98%	94%	90%

E1.2 E4.2	Температура [°C]						
	<40	45	50	55	60	65	70
E4.2 2000	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
E4.2 2500	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
E4.2 3200	100%	100%	97%	93%	89%	86%	82%
E4.2 4000	100%	100%	94%	90%	86%	83%	80%

E1.2 E6.2	Температура [°C]						
	<40	45	50	55	60	65	70
E6.2 4000	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
E6.2 5000	100%	100%	100%	100%	100%	98%	95%
E6.2 6300	100%	100%	95%	91%	87%	84%	81%

Для малогабаритных автоматических выключателей в литом корпусе, не существует значительной разницы между различными типами выводов, в то время как у крупногабаритных автоматических выключателей в литом корпусе (начиная с Т4) предпочтение следует отдавать задним вертикальным выводам, если автоматический выключатель устанавливается в вертикальном положении. Стационарное исполнение предпочтительнее чем выкатное и втычное исполнения. Если автоматический выключатель был установлен в горизонтальном положении, для определения его номинального тока следует обращаться к самой нижней кривой на графиках.

Для воздушных автоматических выключателей серии Emax 2, характеристики задних горизонтальных выводов аналогичны характеристикам передних выводов.

Способность рассеивать больше тепла однозначно наблюдается у задних вертикальных выводов.

Аналогичным образом, в качестве примера, в Таблице 20 указаны различные значения номинального тока, приведенные в Стандарте DIN 43671, для медных проводников прямоугольного поперечного сечения в установках в помещении, где коэффициент теплопередачи путем излучения принимается равным 0,4 для неокрашенных шин и 0,9 для окрашенных шин.

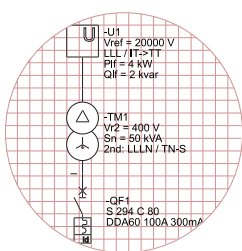
Как можно видеть из таблицы, при тех же условиях в шинной системе, при переходе с неизолированных шин на окрашенные шины происходит увеличение номинального тока, которое может достигать 15%.

Таблица 20

Ширина x Толщина [мм] x [мм]	Номинальный ток в А перем. тока до 60Гц для неизолированных медных проводников				Номинальный ток в А до 60Гц для окрашенных медных проводников			
	I	II	III	II II*	I	II	III	II II*
50 x 5	583	994	1240	1920	679	1140	1330	2010
50 x 10	852	1510	2040	2600	1020	1720	2320	2950
60 x 5	688	1150	1440	2210	826	1330	1510	2310
60 x 10	985	1720	2300	2900	1180	1960	2610	3290
80 x 5	885	1450	1750	2720	1070	1680	1830	2830
80 x 10	1240	2110	2790	3450	1500	2410	3170	3930
100 x 5	1080	1730	2050	3190	1300	2010	2150	3300
100 x 10	1490	2480	3260	3980	1810	2850	3720	4530

Условие применимости таблицы: температура окружающей среды 35°C, температура проводника 65°C, ширина проводника по вертикали, расстояние между параллельными проводниками равны толщине проводника.

(*) минимальное расстояние между центральными проводниками: 50 мм.



3 Требования, связанные с режимом короткого замыкания

При анализе режима короткого замыкания, особое внимание необходимо уделять взаимодействию между автоматическим выключателем, установленным в распределительном щите и конструкцией щита.

3.1 Основные параметры, характеризующие распределительный щит в режиме короткого замыкания

Основные параметры, характеризующие режим КЗ в распределительном щите:

- номинальный кратковременно допустимый ток;
- номинальный ударный ток;
- номинальный условный ток короткого замыкания.

ГОСТ Р 51321.1-2007 (МЭК 60439-1-2004) на низковольтные комплектные распределительные устройства определяет вышеуказанные параметры следующим образом:

Номинальный кратковременно допустимый ток “I_{сw}”

Номинальный кратковременно допустимый ток цепи распределительного щита представляет собой действующее значение кратковременного тока, которое установлено для этой цепи производителем, и которое эта цепь может проводить без повреждений в условиях выполнения испытаний, предписанных Стандартом. Если производителем не указано иное, то время составляет 1 с. С этим кратковременным током связано амплитудное значение “I_{pk}”; предполагается также, что максимальное значение тока, который может возникнуть, и который распределительный щит способен выдержать, не превышает значение I_{pk}, связанное с I_{сw} через коэффициент “n”.

Номинальный ударный ток “I_{pk}”

Номинальным ударным током цепи распределительного щита является пиковое значение тока, которое установлено для этой цепи производителем, и которую эта цепь способна выдерживать в условиях выполнения испытаний, предписанных Стандартом. Пиковый ток, используемый для определения электродинамических усилий, равен произведению значения кратковременного тока на коэффициент “n”.

Значения, стандартизованные посредством коэффициента “n”, указаны в Таблице 21.

Таблица 21

Действующее значение тока короткого замыкания кА	Коэффициент мощности Cosφ	Коэффициент n
$I \leq 5$	0.7	1.5
$5 < I \leq 10$	0.5	1.7
$10 < I \leq 20$	0.3	2
$20 < I \leq 50$	0.25	2.1
$50 < I$	0.2	2.2

Номинальный условный ток короткого замыкания “I_{сс}”

Номинальный условный ток короткого замыкания, характеризующий цепь распределительного щита, представляет собой указанное производителем значение ожидаемого тока короткого замыкания, который может быть выдержан этой цепью, защищенной устройством защиты от короткого замыкания, указанным производителем, в течение времени срабатывания устройства при установленных условиях испытаний.

На основании этих определений можно сказать, что цепь распределительного щита, для которой было определено конкретное значение I_{сw}, способна выдерживать электродинамические нагрузки, обусловленные начальным амплитудным значением, которое может достигнуть максимальной величины, равной “I_{сw} x n”, и выделяемую удельную тепловую энергию, равную I_{сw}² x t (при t=1с).

С другой стороны, цепь распределительного щита, защищенного подходящим устройством, должна позволять проводить номинальный условный ток короткого замыкания, если она способна выдерживать электродинамические нагрузки, обусловленные пиковым током, который ограничен защитным устройством, и пропускаемой защитным устройством удельной тепловой энергией в соответствии с ожидаемым током короткого замыкания I_к.

3.1.1 Общие указания и информация о прочности при коротком замыкании

Что касается прочности устройства при коротком замыкании, ГОСТ Р 51321.1-2007 (МЭК 60439-1-2004) предписывает, чтобы пользователь распределительного щита предоставил производителю данные относительно токов короткого замыкания в месте установки, с целью обеспечения защиты от короткого замыкания распределительного устройства посредством защитных устройств – например, автоматических выключателей, расположенных внутри или вне распределительного щита, а также изготовления его таким образом, чтобы гарантировать прочность при тепловых и динамических нагрузках, возникающих в условиях короткого замыкания. Производителем указывается информация о прочности при коротком замыкании распределительного щита в зависимости от наличия или отсутствия защитного устройства.

Для устройств с автоматическим выключателем, встроенным в поставляемое изделие, производитель должен указать максимальное допустимое значение тока короткого замыкания, в виде:

- номинального условного тока короткого замыкания I_{cc} , если автоматический выключатель токоограничивающий;
- допустимого кратковременно выдерживаемого тока I_{cw} , если - автоматический выключатель обладает высоким значением I_{cw} ;

В случае, когда автоматический выключатель не входит в состав поставляемого изделия, производитель может указать:

- номинальный условный ток короткого замыкания (I_{cc}), с указанием требуемых характеристик внешнего устройства защиты распределительного щита (номинальный ток, отключающая способность, предельный ток, удельная пропускаемая энергия);
- допустимое значение кратковременно выдерживаемого тока (I_{cw}).

Если длительность протекания тока не указана, она считается равной 1 с; если не указано начальное пиковое значение, оно считается связанным с заданным условным током короткого замыкания посредством коэффициента "n".

3.2 Требования к электрическим цепям распределительного щита

В дополнение к предыдущим общим требованиям относительно прочности распределительного щита при коротком замыкании Стандарт указывает, как должны определяться размеры электрических цепей внутри устройства, чтобы снизить вероятность появления аварий. Основные требования предъявляются к внутренней шинной системе, которая должна быть спроектирована таким образом, чтобы короткое замыкание между шинами было маловероятно. При определении размера шин для обеспечения прочности при коротком замыкании, необходимо соблюдать требования к системе сборных шин, а не к цепям, ответвляющимся от шин.

3.2.1 Сборные шины

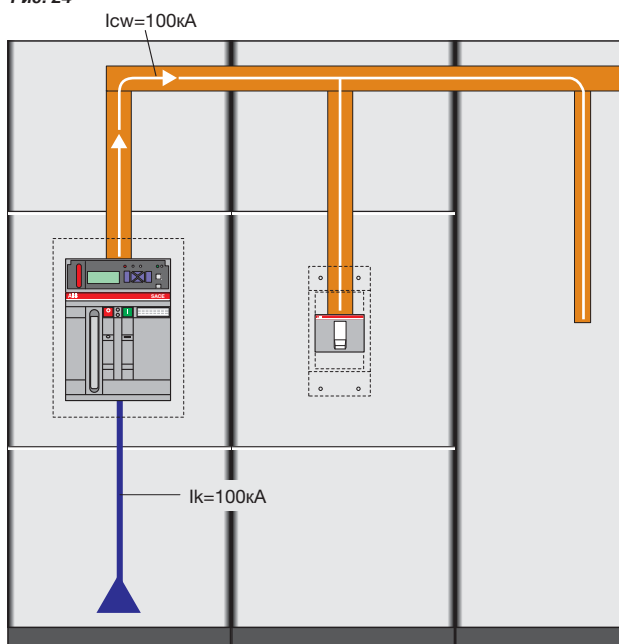
Сборные шины (неизолированные или изолированные) должны быть расположены так, чтобы при нормальных условиях эксплуатации вероятность внутреннего короткого замыкания была близка к нулю. Информация о прочности при коротком замыкании должна соответствовать расчетам и шины должны выдерживать нагрузки при коротком замыкании, ограниченные защитными устройствами, установленными на стороне источника питания.

На практике, если предельные характеристики защитного устройства выше характеристик шинной системы (или если они не известны заранее), шинная система должна быть спроектирована так, чтобы значение I_{cw} было выше значения

тока короткого замыкания в месте установки.

Здесь приводится пример для пояснения этой концепции:

Рис. 24

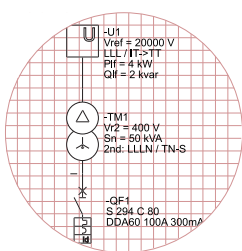


В распределительном щите на Рис. 24 автоматический выключатель, защищающий сборные шины, - Emax 2 E4.2H с $I_{cw} = 100 \text{ kA}$.

Если шинная система имеет значение I_{cw} , равное 100 kA или выше, то следует считать, что цепь в целом имеет значение $I_{cw} = 100 \text{ kA}$.

С другой стороны, если устройство, защищающее рабочую шинную систему, представляет собой автоматический выключатель с токоограничивающими характеристиками, можно задать параметры шинной системы так, чтобы выдерживать нагрузки, обусловленные предельным пиковым током и удельной пропускаемой энергией, ограниченными автоматическим выключателем.

Другой распределительный щит на Рис. 25, подлежит присоединению к установке с ожидаемым током короткого замыкания I_k , равным 100kA при 400 V . А Tmax T6L1000 выбран в качестве вводного автоматического выключателя.



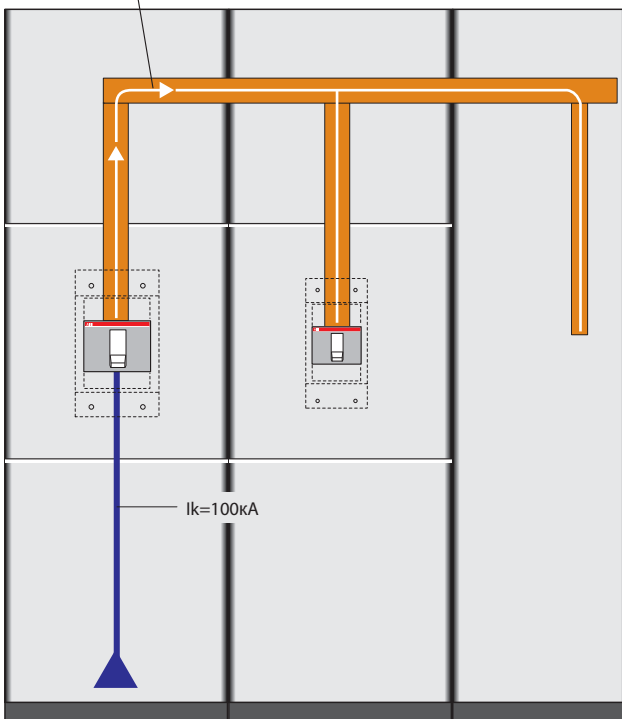
Серия инженера-конструктора

В соответствии со значениями I_k , ниже вводного аппарата, подтверждены следующие параметры:

- удельная пропускаемая энергия ниже $20 \text{ MA}^2\text{c}$
- предельный пиковый ток менее 80 kA

Наличие токоограничивающего аппарата внутри распределительного щита позволяет установить шинную систему со значением $I_{sw} < 100 \text{ kA}$ (ток короткого замыкания в установке) на стороне питания данного аппарата, но этому значению должны соответствовать значения пикового тока и удельной пропускаемой энергии, превышающие эти характеристики, измеренные на стороне нагрузки автоматического выключателя.

Рис. 25 $I_{sw}=50 \text{ kA}$



Например, шинная система со значением I_{sw} равным 50 kA , может выдерживать следующие параметры:

- удельная пропускаемая энергия $50 \text{ kA} \times 50 \text{ kA} \times 1 \text{ c} = 2500 \text{ MA}^2\text{c}$
- пиковый ток $50 \text{ kA} \times 2,1 = 105 \text{ kA}$

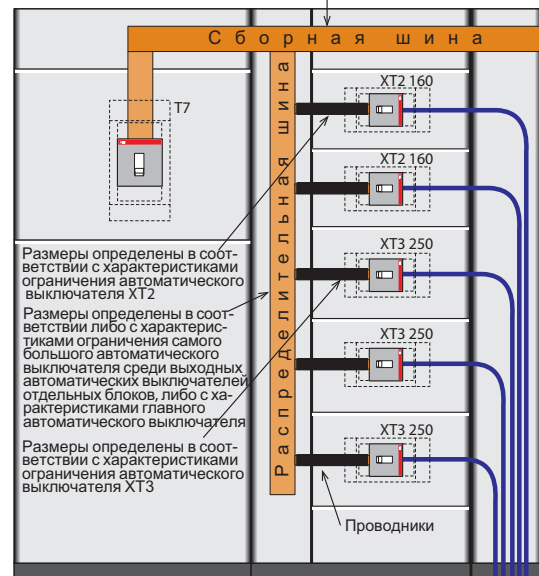
Следовательно, очень просто подтвердить, что шинная система ($I_{sw} = 50 \text{ kA}$, $I_{pk} = 105 \text{ kA}$, $I^2t = 2500 \text{ MA}^2\text{c}$) способна выдерживать более высокие нагрузки, чем те, которые генерируются на стороне нагрузки автоматического выключателя Т6L. Итак: Можно установить шинную систему со значением I_{sw} , равным 50 kA , на стороне нагрузки автоматического выключателя типа Т6L; в этом случае цепь, образованная шинами и автоматическим выключателем, должна иметь $I_{sc} = 100 \text{ kA}$ и, следовательно, она соответствует ожидаемому току короткого замыкания установки.

3.2.2 Распределительные шины и проводники, отходящие от сборных шин

В НКУ проводники и распределительные шины, находящиеся между рабочей системой шин и подводом питания функциональных блоков, а также компоненты этих блоков, могут быть рассчитаны, исходя из пониженных нагрузок при коротком замыкании, возникающих на стороне нагрузки соответствующего автоматического выключателя, при условии, что эти проводники расположены так, что в нормальных рабочих условиях внутреннее короткое замыкание между фазами и/или между фазами и землей являются маловероятными. Такие проводники предпочтительно изготавливать в сплошном жестком исполнении.

Экономические и габаритные преимущества, вытекающие из данного предписания Стандарта, очевидны, прежде всего при наличии большого количества цепей, отходящих от одной системы сборных шин.

Рис. 26 Размеры определены в соответствии с характеристиками ограничения главного автоматического выключателя



На Рис. 26 показан распределительный щит, в котором вертикальная распределительная шина, в виде неизолированного сплошного стержня с разделителями, ответвляется от сборной шины, так что возникновение короткого замыкания считается маловероятным.

От этой шины отходят различные горизонтально расположенные проводники (кабели), подающие питание на главные автоматические выключатели различных отходящих фидеров. Для правильного определения размеров вертикальной распределительной шины можно учитывать выходное устройство с самыми низкими характеристиками токоограничения. Таким образом, даже в случае аварии на стороне нагрузки автоматического выключателя с относительно низкой ограничивающей способностью шина должна испытывать допустимые нагрузки.

Определение размера распределительной шины, выполненное согласно сказанному выше, соответствует требованиям Стандарта; несмотря на это, многие производители распределительных щитов определяют размеры распределительных шин с учетом характеристик автоматического выключателя на входе распределительного щита, с точки зрения пропускаемой энергии и значения предельного пикового тока.

Напротив, размеры различных кабелей, питающих отдельные автоматические выключатели, должны определяться в зависимости от токоограничивающих характеристик соответствующего выключателя.

3.3 Снижение возможности возникновения короткого замыкания и силовых воздействий

В отношении требований, направленных на снижение вероятности короткого замыкания в рабочих проводниках, ГОСТ Р 51321.1-2007 (МЭК 60439-1-2004) рекомендует ряд мер, в зависимости от типа проводника. В качестве примера можно привести следующее:

- неизолированные проводники или одножильные проводники с основной изоляцией, например, кабели в соответствии с ГОСТ Р МЭК 60227-3, требуют предотвратить возможность взаимного контакта или контакта с токопроводящими деталями, например, с помощью разделителей;
- одножильные проводники с основной изоляцией и максимальной допустимой рабочей температурой выше 90°C, например, кабели в соответствии с ГОСТ Р МЭК 60245-3, или термостойкие кабели с изоляцией ПВХ в соответствии с ГОСТ Р МЭК 60227-3, в отношении которых допускается взаимный контакт или контакт с токопроводящими деталями при отсутствии внешнего давления. Для них необходимо избегать контакта с острыми кромками. Не должно быть риска механического повреждения. Эти проводники могут подвергаться только такой нагрузке, при которой рабочая температура не превышает 70° С;
- проводники с основной изоляцией (кабели в соответствии с ГОСТ МЭК 60227-3), имеющие дополнительную вторичную изоляцию, например, отдельные закрытые кабели с усадочными трубками или отдельно проложенные кабели в пластиковых каналах, или проводники, изолированные материалами с очень высокой механической прочностью (изоляция FTFE). В отношении них не существует дополнительных требований, если отсутствует риск механического повреждения.

3.3.1 Минимальные анкерные расстояния для проводников

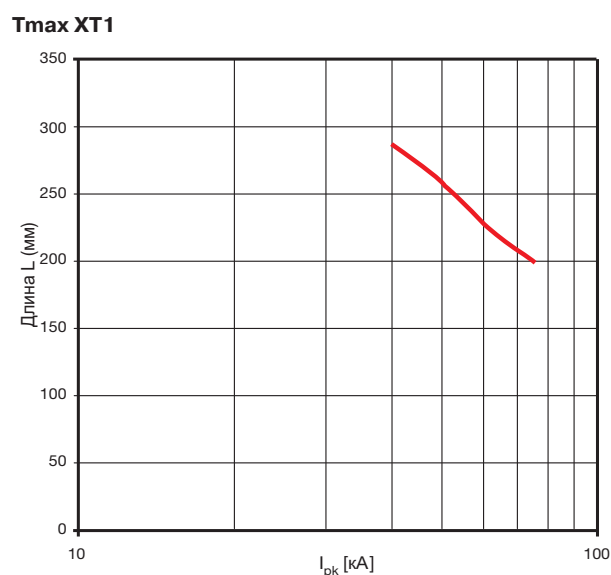
Одна из основных проблем связанных с коротким замыканием, которую непременно должны учитывать изготовители НКУ, это - максимальные расстояния анкерных креплений проводников, соединенных с автоматическими выключателями, от выводов автоматического выключателя. Как известно, кабели и шины внутри распределительного щита должны быть прикреплены к раме.

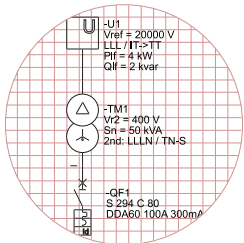
В самом деле, во время короткого замыкания динамические нагрузки на проводники могут также воздействовать на выводы автоматического выключателя, вызывая повреждения. На Рис. 27 показано несколько зависимостей, для автоматических выключателей серий Tmax XT, Tmax и Emax 2 позволяющие определить, в зависимости от максимального пикового тока в условиях короткого замыкания и типа автоматического выключателя, максимальные расстояния от выводов автоматического выключателя до первого анкерного элемента проводников.

Термин “проводник” применяется в отношении шин, когда ток выше или равен 400 А, а если ток меньше этого значения, то применяется термин “кабель”. Это различие проводится в соответствии с Таблицами 8 и 9 ГОСТ Р 51321.1-2007 (МЭК 60439-1-2004). Если особыми требованиями предписывается применение шин для токов менее 400 А, расстояния, которые могут быть получены на основе расчетов, не должны изменяться; при этом расстояния, соответствующие применяемым шинам, не могут быть использованы для кабелей.

Рис. 27

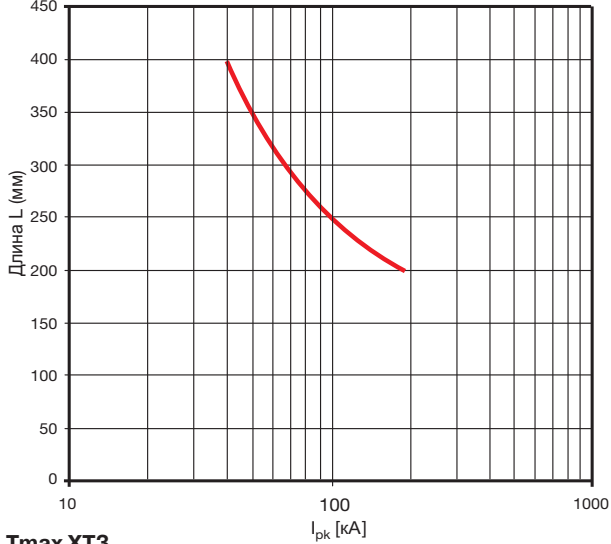
Расстояния, предложенные для первого анкерного элемента шин, в зависимости от максимального пикового значения ожидаемого тока короткого замыкания.



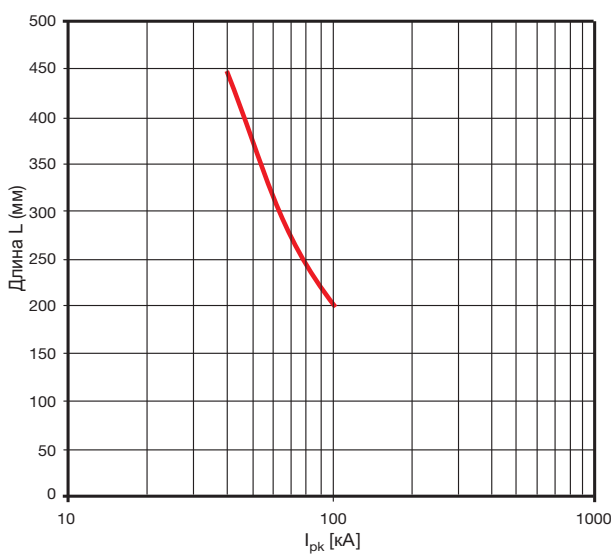


Серия инженера-конструктора

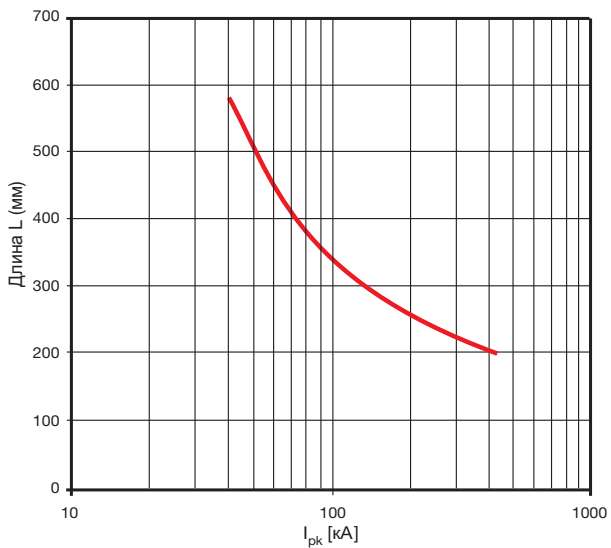
Tmax XT2



Tmax XT3

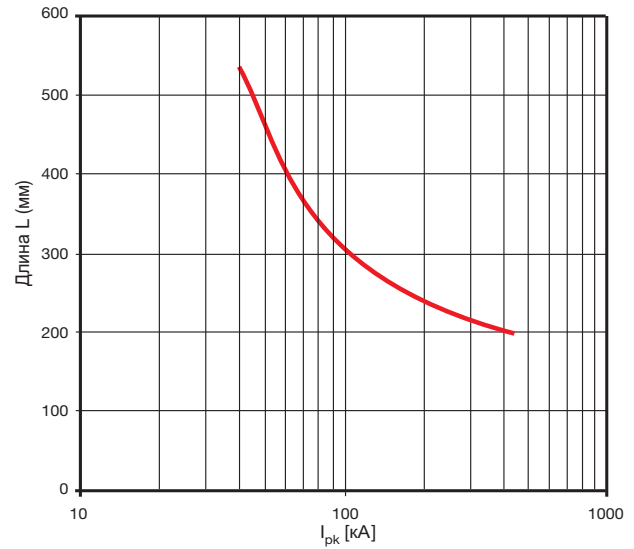


Tmax XT4-T4



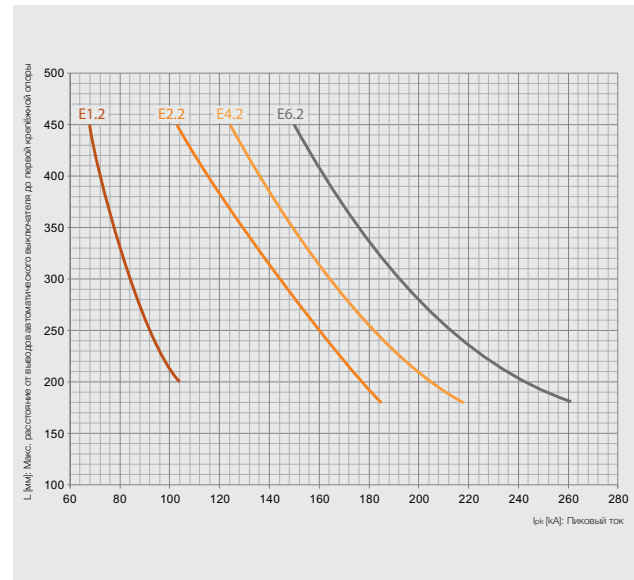
Tmax T5

Действительны для:
 - передних и задних выводов
 - соединения посредством жестких шин



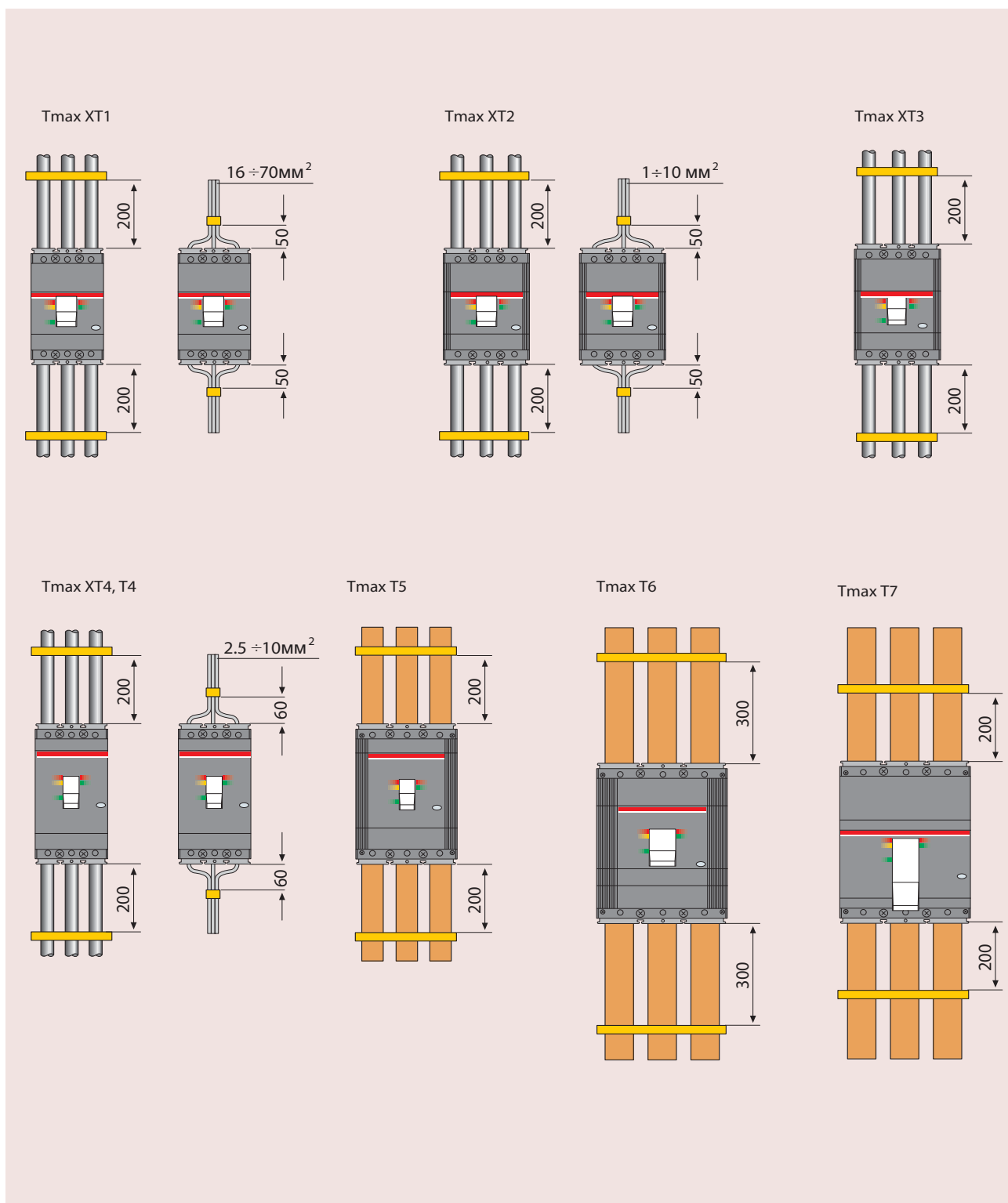
Расстояния, предложенные для первого анкерного элемента шин, в зависимости от максимального пикового значения ожидаемого тока короткого замыкания. Автоматический выключатель с горизонтальными и вертикальными выводами.

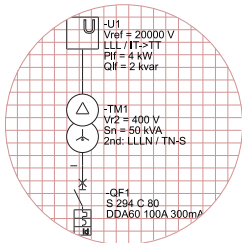
Emax 2



Для автоматических выключателей в литом корпусе Tmax XT и Tmax на Рис.28 приведен пример максимального расстояния (в мм), для расположения ближайшей анкерной опоры, в зависимости от максимального значения пикового тока, допустимого для автоматического выключателя.

Рис. 28

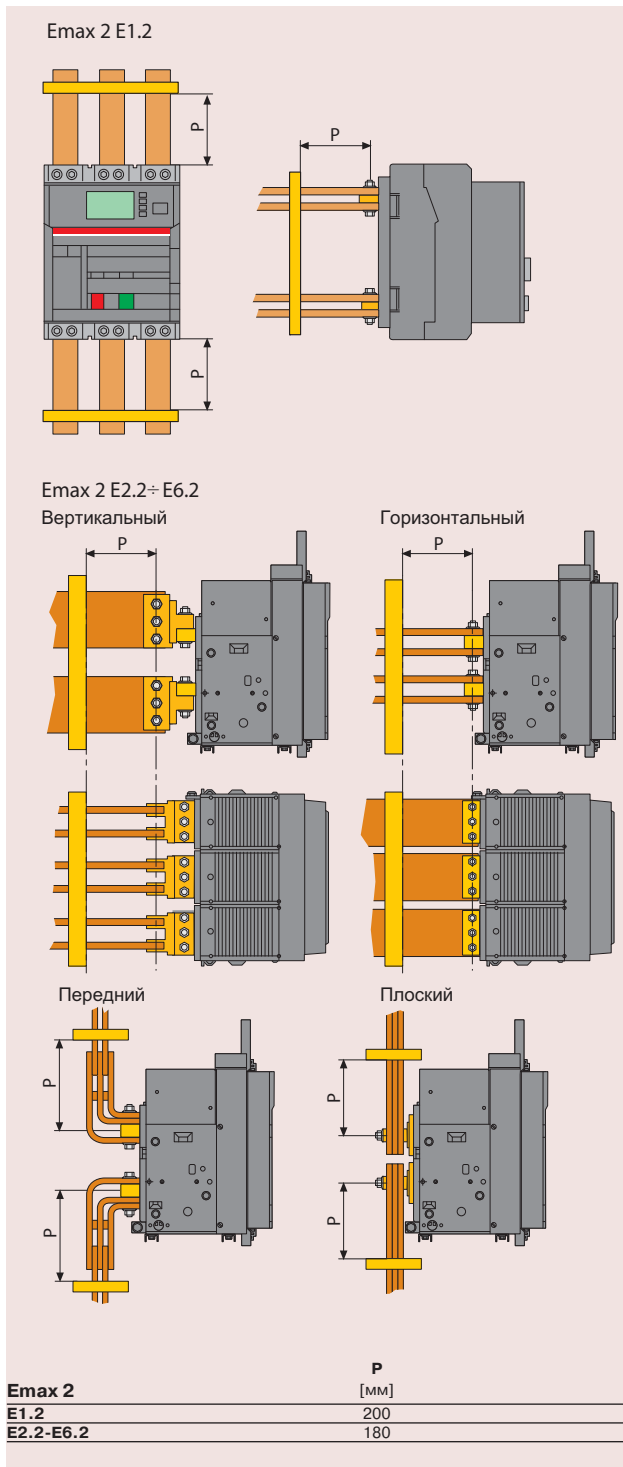




Серия инженера-конструктора

Для воздушных выключателей серии Emax 2 на Рис. 29 приведен пример максимального расстояния (в мм), для расположения ближайшей анкерной опоры для шин, соединенных с автоматическим выключателем, в зависимости от максимального значения пикового тока, допустимого для автоматического выключателя.

Рис. 29



3.3.2 Проверка прочности при коротком замыкании и токоограничения автоматических выключателей

В некоторых случаях ГОСТ Р 51321.1-2007 (МЭК 60439-1-2004) допускает не проводить проверки прочности устройств при коротком замыкании.

В частности, от проверки освобождаются следующие НКУ:

- с номинальными кратковременно выдерживаемыми токами или номинальными условными токами короткого замыкания менее 10 кА;
- защищенные токоограничивающими устройствами с предельным пиковым током, не превышающим 17 кА, в соответствии с максимальным ожидаемым током короткого замыкания, измеренным на выводах входящей цепи устройства.

Как известно, ограничивающие свойства автоматического выключателя зависят от рабочего напряжения самого автоматического выключателя.

В Таблице 22 указаны - для различных защитных автоматических выключателей и наиболее распространенных напряжений установки - значения, которые приблизительно представляют максимальный ожидаемый ток короткого замыкания в [кА] и гарантируют предельный пиковый ток не выше 17 кА, так что не нужно проводить испытание распределительного щита на прочность при коротком замыкании.

Таблица 22

Автоматический выключатель		Номинальное напряжение установки			
Тип	Номинальный ток In [А]	230 В перем. т.	415 В перем. т.	500 В перем. т.	690 В перем. т.
S200	≤63	20	10	-	-
S200M	≤63	25	15	-	-
S200P	≤25	40	25	-	-
S200P	32-63	25	15	-	-
S800	≤125	50	50	15 (In≤80A) 10 (In≥80A)	6 (In≤80A) 4,5 (In≥80A)
XT1	<50	80	70	23	10
XT1	63 - 160	40	70	23	10
XT2	≤20	120	100	25	20
XT2	≤25	120	50	25	20
XT2	≤40	100	50	25	20
XT2	63 - 160	30	25	25	20
XT3	63 - 250	16	14	13	8
XT4	32	200	40	17	25
XT4	40 - 250	20	22	17	20
T4	320	200	24	21	19
T5 T6 T7	320 - 1600	10	10	10	10

Значение тока короткого замыкания, указанное в таблице выше, необходимо сравнить со значением отключающей способности автоматического выключателя для имеющихся различных исполнений.

3.3.3 Проблемы, связанные с монтажными расстояниями

ГОСТ Р 51321.1-2007 (МЭК 60439-1-2004) ставит перед производителями автоматических выключателей задачу определения требований к монтажу этих устройств внутри

распределительных щитов.

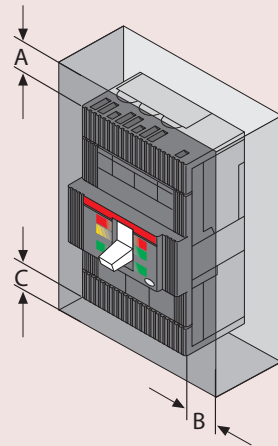
Ниже, на Рис. 30 и 31, для автоматических выключателей АББ различных серий, указаны расстояния, которые необходимо соблюдать в установках до 690 В перем. тока; такие расстояния уже указаны в технических каталогах и руководствах по монтажу автоматических выключателей.

Рис.30

Изоляционные расстояния для установки в металлической ячейке

	A [мм]	B [мм]	C [мм]
XT1	25	20	20
XT2 ^{xx}	30	10	25
XT3	50	20	20
XT4 ^{xx}	30	20	25
T4	30 ^(*)	25	25 ^(*)
T5	30 ^(*)	25	25 ^(*)
T6	35 ^(*)	25	20
T7	50 ^(*)	20	10

(*) Для $U_n \geq 440$ В и T6L всех исполнений: расстояния A 100 мм
 Примечание: За информацией об изоляционных расстояниях автоматических выключателей 1000 В обратитесь в АББ
 (**) Для $U_n > 440$ В: A=50 мм, C=45 мм



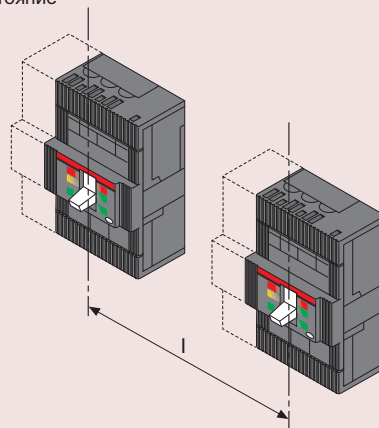
Расстояния между двумя автоматическими выключателями, расположенными рядом друг с другом или друг над другом

Для установки рядом друг с другом или друг над другом проверьте, чтобы соединительные шины или кабели не уменьшали воздушное изоляционное расстояние

Минимальное межцентровое расстояние у двух автоматических выключателей, расположенных рядом друг с другом

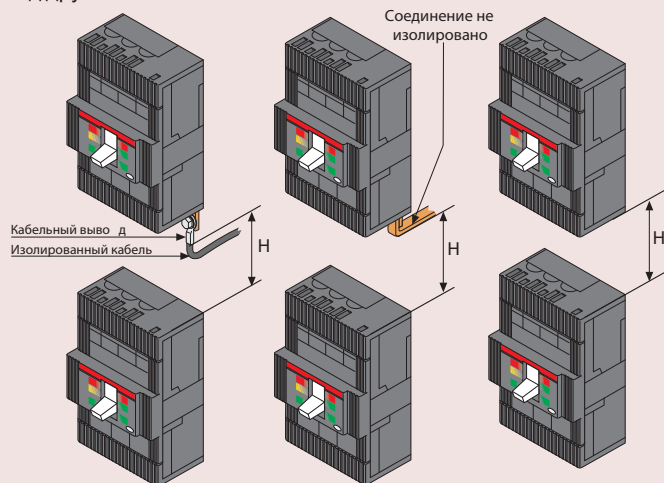
Ширина автоматического выключателя (мм)	Межцентровое I [мм]	
	3 полюса	4 полюса
XT1	76	102
XT2	90	120
XT3	105	140
XT4, T4	105	140
T5	140	184 ^(*)
T6	210	280
T7	210	280

(*) Для $U_n \geq 500$ В минимальное межцентровое расстояние I (мм) при 3 полюсах - 180, минимальное межцентровое расстояние I (мм) при 4 полюсах - 224

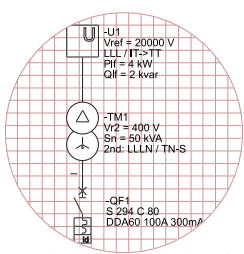


Минимальное межцентровое расстояние между двумя автоматическими выключателями, расположенными друг над другом

	H [мм]
XT1	80
XT2	100
XT3	140
XT4, T4	160
T5	160
T6	180
T7	180



Примечание: Указанный размер действителен для рабочего напряжения U_n до 690 В. Размеры должны быть добавлены к максимальным размерам различных других исполнений автоматических выключателей, включая выводы. Относительно применения на напряжение 1000 В обратитесь в АББ.



Серия инженера-конструктора

Стационарный автоматический выключатель Emax 2.

[mm]	A 3p	B 4p	C	D
E1.2	250	322	382.5*	130
E2.2	400	490	500	221
E4.2	500	600	500	221
E6.2	900	1000	500	221
E6.2/f	–	1200	500	221

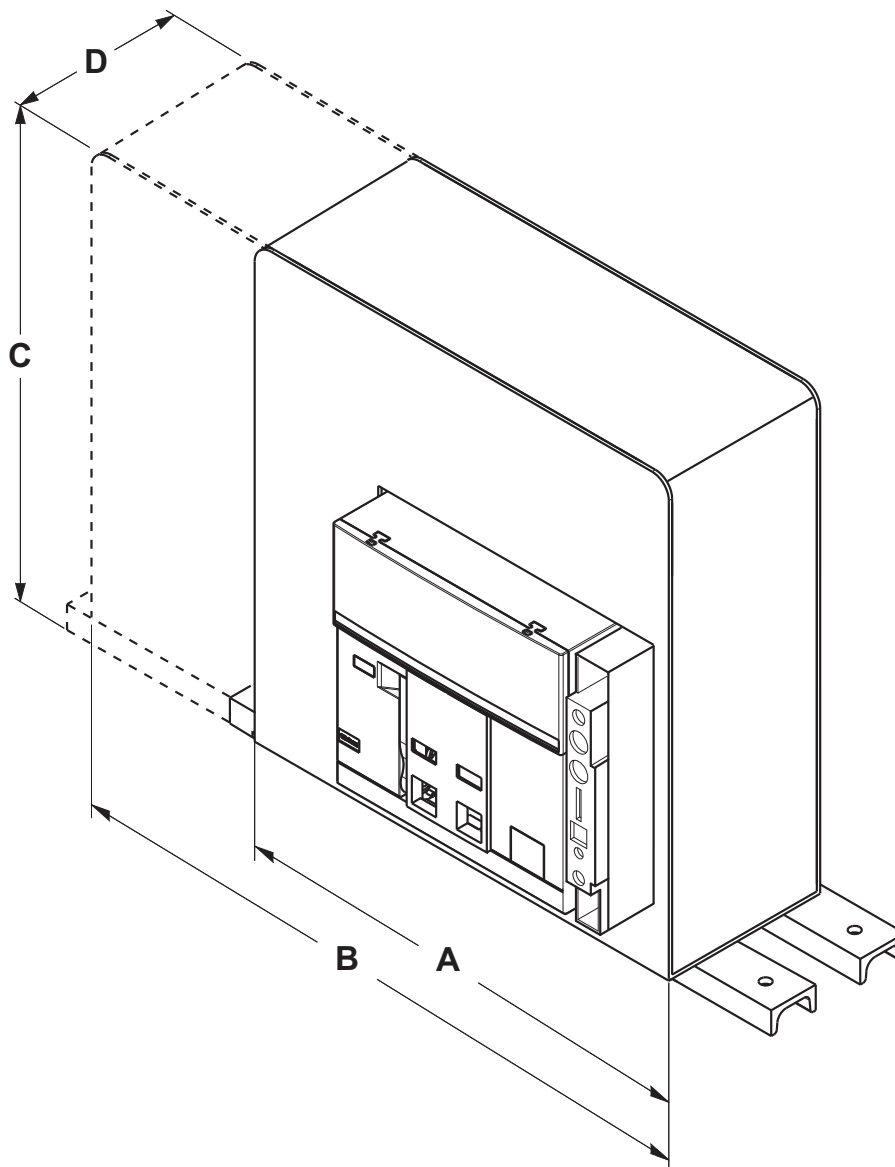
* 332,5 для напряжения ≤ 440 В перем. тока

Выкатной автоматический выключатель Emax 2

[mm]	A 3p	B 4p	C	D
E1.2	280	350	440*	252
E2.2	400	490	500	355
E4.2	500	600	500	355
E6.2	900	1000	500	355
E6.2/f	–	1200	500	355

* 390 для напряжения ≤ 440 В перем. тока

Рис.31

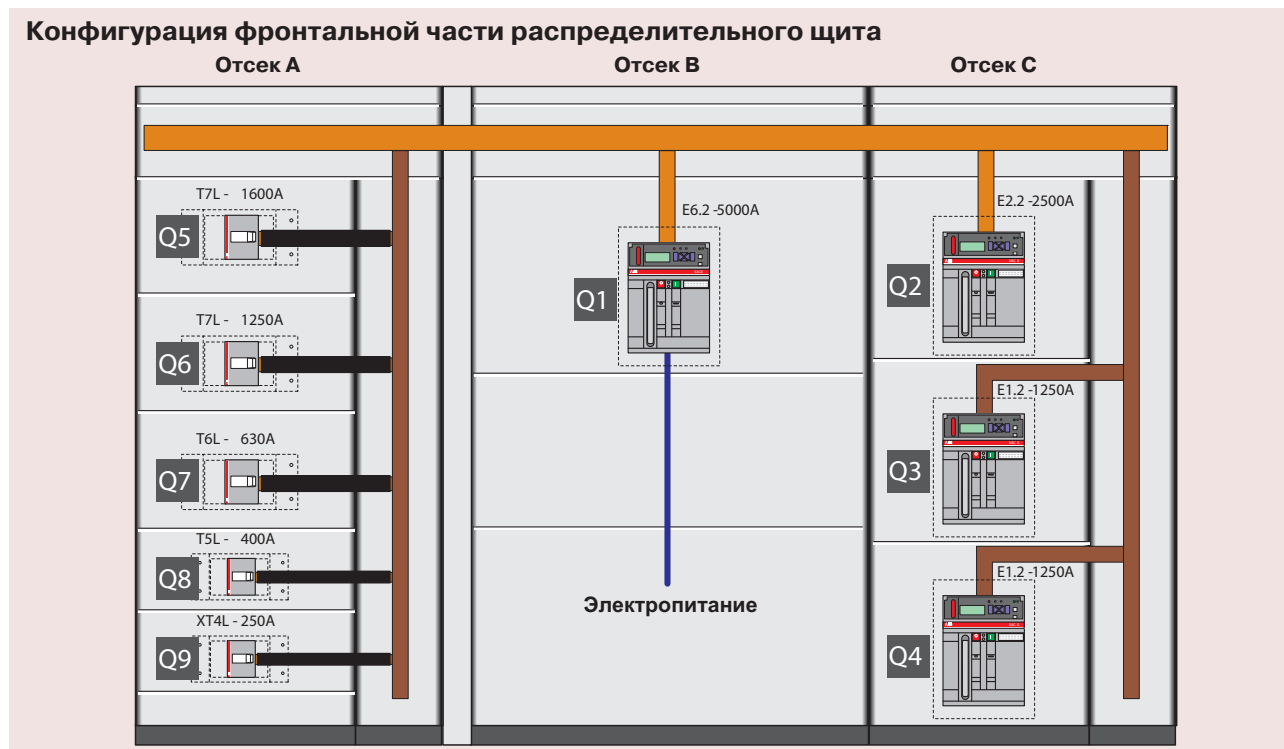


Приложение А

Пример электрических распределительных щитов с автоматическими выключателями АББ

Настоящее Приложение содержит соображения по поводу двух различных типов распределительных щитов с автоматическими выключателями АББ.

Первый пример



Характеристики распределительного щита

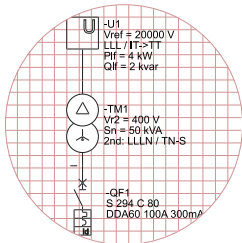
Габариты распределительного щита	Высота: 2300 мм	Ширина: 2900 мм	Глубина: 1100 мм
Степень защиты IP3X	Вид разделения 4В		

Таблица данных

Цепь	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9
Автоматический выключатель	E6.2H	E2.2H	E1.2L	E1.2L	T7L	T7L	T6L	T5L	XT4L
Номинальный ток In [A]	5000	2500	1250	1250	1600	1250	630	400	250
Номинальный коэффициент одновременности	0.9	0.8	0.9	0.9	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
Испытательный ток [A]	4500	2000	1125	1125	1360	1062.5	535.5	340	212.5
Номинальный ток короткого замыкания Icw [кА]	100	100	-	-	-	-	-	-	-
Номинальный ударный ток Ipk [кА]	220	220	-	-	-	-	-	-	-
Номинальный условный ток короткого замыкания Icc [кА]	-	-	100	100	100	100	100	100	100

В вышеприведенной таблице указаны данные, для автоматических выключателей, установленных в распределительном щите, и соответствующие действующие значения номинального тока, полученные при испытаниях, проведенных в соответствии с ГОСТ Р 51321.1-2007 (МЭК 60439-1-2004). Из этого следует, что при правильной компоновке распределительного щита и подходящих видов разделения при правильном расположении аппаратов проводников и шин, рассчитанных в соответствии с площадями поперечных сечений и минимальной длиной, по Стандарту, номинальный ток автоматических выключателей в распределительном щите будет очень близок к расчетному.

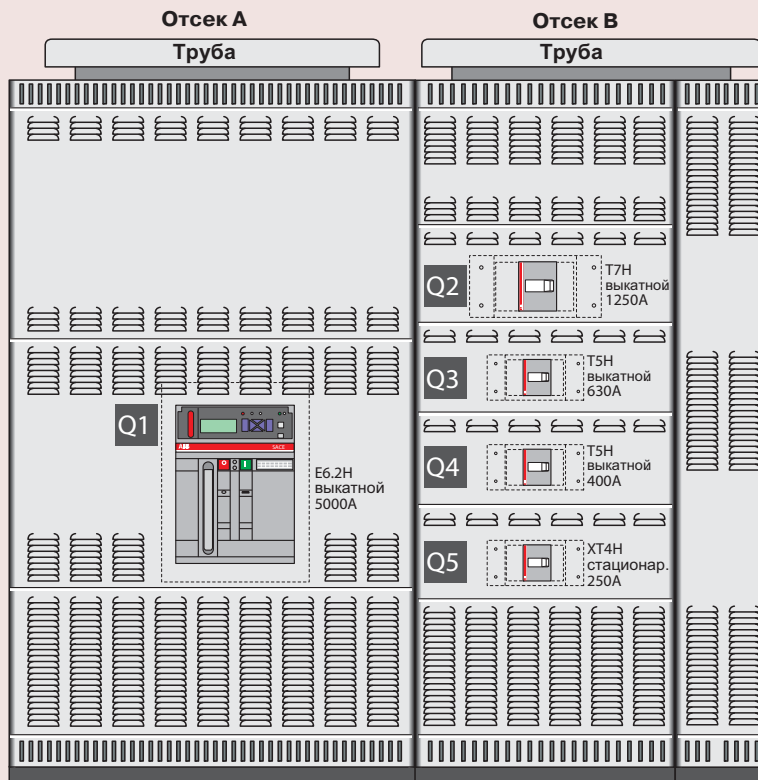
Из таблицы также видно, как следует рассчитать главную распределительную цепь (оранжевая линия), оснащенную автоматическим выключателем без токоограничения, чтобы она выдерживала условный ток в течение 1 секунды и его соответствующее пиковое значение; с другой стороны, распределительные цепи (коричневые линии), оснащенные токоограничивающим автоматическим выключателем, должны иметь размеры согласно условному току короткого замыкания: таким образом, для отсека С, автоматические выключатели должны быть рассчитаны на выдерживание пикового тока и удельной энергии, пропускаемой E1.2L, а для отсека А, они должны иметь размеры в соответствии с пиковым током и удельной энергии, пропускаемой T7L. Размеры, определенные в соответствии с этим критерием, действительны только в том случае, если они могут гарантировать нулевую вероятность возникновения аварии в распределительной шине. В противном случае, распределительная шина также должна иметь размеры сборной шины.



Серия инженера-конструктора

Второй пример

Конфигурация фронтальной части распределительного щита



Характеристики распределительного щита

Габариты распределительного щита	Высота: 2320 мм	Ширина: 1800 мм	Глубина: 1240 мм
Степень защиты IP30	Вид разделения 4		

Таблица данных

Цепь	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
Автоматический выключатель	E6.2H	T7H	T5H	T5H	XT4H
Номинальный ток In [A]	5000	1250	630	400	250
Номинальный коэффициент одновременности	1	1	1	1	1
Испытательный ток [A]	5000	1250	630	400	250
Номинальный ток короткого замыкания Icw [кА]	100	-	-	-	-
Номинальный ударный ток Ipk [кА]	220	-	-	-	-
Номинальный условный ток короткого замыкания Icc [кА]		100	100	100	100

Проводники и шины, использованные для реализации цепей этого распределительного щита, имеют большие значения поперечного сечения, чем рекомендовано Стандартом. В данных условиях, как следует из таблицы, действующие значения номинального тока цепей внутри распределительного щита совпадают со значениями номинального тока автоматических выключателей.

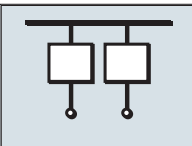
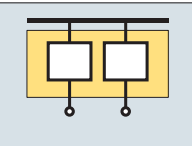
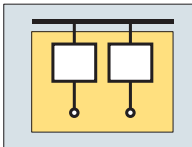
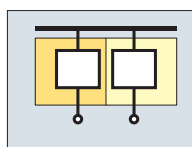
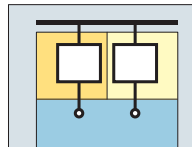
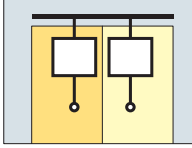
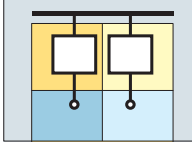
Замечания, аналогичные предыдущему случаю, действительны также для проверки защиты шины.

Приложение В

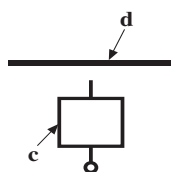
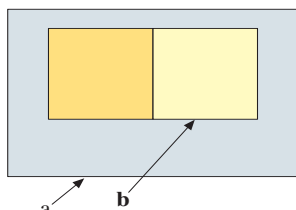
Виды внутреннего разделения

Путем деления устройств посредством барьеров или перегородок (металлических или неметаллических) на отдельные отсеки или замкнутые защищенные объемы, обеспечивается защита от контакта с опасными деталями, находящимися под напряжением, которые входят в смежные функциональные блоки, и защита от проникновения твердых инородных предметов из одного блока устройства в соседний.

Виды разделения посредством барьеров и перегородок следующие:

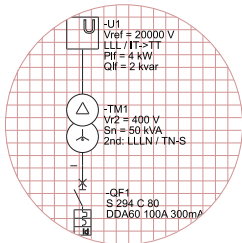
<p>Вид 1 Разделение отсутствует</p>		
<p>Вид 2 Разделение сборных шин и функциональных блоков</p>	<p>Вид 2а Зажимы для внешних проводников не отгорожены от сборных шин</p>	
	<p>Вид 2b Зажимы для внешних проводников отгорожены от сборных шин</p>	
<p>Вид 3 Разделение сборных шин и функциональных блоков. Отделение всех функциональных блоков один от другого. Разделение зажимов для внешних проводников и функциональных блоков без отделения от зажимов других функциональных блоков</p>	<p>Вид 3а Зажимы для внешних проводников не отгорожены от сборных шин</p>	
	<p>Вид 3b Зажимы для внешних проводников отгорожены от сборных шин</p>	
<p>Вид 4 Разделение сборных шин и всех функциональных блоков. Отделение всех функциональных блоков один от другого. Разделение зажимов для внешних проводников, связанных с одним функциональным блоком, и зажимов другого функционального блока и сборных шин</p>	<p>Вид 4а Зажимы для внешних проводников в одной секции с функциональным блоком</p>	
	<p>Вид 4b Зажимы для внешних проводников в разных секциях с функциональным блоком</p>	

Символы



Подпись к рисунку

- a** Оболочка
- b** Внутреннее разделение
- c** Функциональные блоки, включая выводы для присоединенных внешних проводников
- d** Шины, включая распределительные шины



Серия инженера-конструктора

Приложение С

Степени защиты (код IP)

В качестве примера в следующей таблице указывается минимальная степень защиты для НКУ, которое подлежит установке в заданной среде в соответствии со Стандартами. Необходимая для аппарата степень защиты от доступа к опасным частям, находящимся под напряжением, и от проникновения твердых инородных предметов и жидкостей указывается кодом IP... в соответствии с ГОСТ Р 14254-96.

Краткое описание элементов кода IP приводится ниже. Полную информацию смотрите в ГОСТ Р 14254-96.

Буквы кода (International Protection)	IP
Первая характеристическая цифра (цифры от 0 до 6 или буква X)	От проникновения твердых инородных предметов
Вторая характеристическая цифра (цифры от 0 до 8 или буква X)	От проникновения воды с вредными воздействиями
Дополнительная буква (опция) (буквы A, B, C, D):	От доступа к опасным деталям
Дополнительная буква (опция) (буквы H, M, S, W):	Дополнительная информация

Когда не требуется указывать характеристическую цифру, ее можно заменить буквой "X" ("XX" в случае отсутствия обеих цифр).

Типы устройств / Типы окружающей среды	Стандарты и пункты	Минимальная степень защиты
Комплектное распределительное устройство: распределительный щит в оболочке	ГОСТ Р 51321.1-2007 (МЭК 60439-1-2004)	Не определено
Устройства для наружной установки	ГОСТ Р 51321.1-2007 (МЭК 60439-1-2004)	IPX3
Устройства с защитой посредством полной изоляции	ГОСТ Р 51321.1-2007 (МЭК 60439-1-2004)	IP2XC
Установка в нормальной окружающей среде (серия ГОСТ Р 50571 "Электроустановки зданий")		
Части, находящиеся под напряжением, не предназначенные для преднамеренного прикосновения	ГОСТ Р 50571.3-2009 (МЭК 60364-4-41:2005)	IPXXB (IP2X)
Части, находящиеся под напряжением, легко доступные (горизонтальные вверх)	ГОСТ Р 50571.3-2009 (МЭК 60364-4-41:2005)	IPXXD (IP4X)
Установка на объектах с ванной или с душем		
Зоны 1 и 2	ГОСТ Р 50571.11-96 (МЭК 364-7-701-84)	IPX4
Зона 3	ГОСТ Р 50571.11-96 (МЭК 364-7-701-84)	IPX1
Зоны 1–2–3 общественных бань, где очистка проводится струей воды	ГОСТ Р 50571.11-96 (МЭК 364-7-701-84)	IPX5
Установки для бассейнов (серия ГОСТ Р 50571 "Электроустановки зданий")		
Зона 0	МЭК 60364-7 пункт 702.512.2	IPX8
Зона 1	МЭК 60364-7 пункт 702.512.2	IPX5
Зона 2 для установки в помещении	МЭК 60364-7 пункт 702.512.2	IPX2
Зона 2 для наружной установки	МЭК 60364-7 пункт 702.512.2	IPX4
Зона 2, где очистка проводится струей воды	МЭК 60364-7 пункт 702.512.2	IPX5
Установка для помещений и кабин с нагревателями для сауны	ГОСТ Р 50571.12-96 (МЭК 364-7-703-84)	IP24
Устройства для строительных площадок (ACS)	ГОСТ Р 51321.4-2011 (МЭК 60439-4-2005)	IP44

Глоссарий

fn	номинальный коэффициент одновременности
In_c	номинальный ток цепи
I_{2test}, I_{3test}...	испытательный ток цепи "2", испытательный ток цепи "3" и т.д.
T_T	абсолютная температура [°C]
T_A	температура окружающего воздуха [°C]
ΔT	превышение температуры [K]
LV	низкое напряжение
РТТА	низковольтное комплектное распределительное устройство, прошедшее частичные типовые испытания (ЧИ НКУ)
d.c.	постоянный ток
a.c.	переменный ток
I_b	ток полной нагрузки
P_{CB}	потери мощности автоматического выключателя при I _b
Pn_{CB}	потери мощности автоматического выключателя при I _{bCB}
In_{CB}	номинальный ток автоматического выключателя
P_{SB}	потери мощности шины при I _b
Pn_{SB}	потери мощности шины при I _{bSB}
In_{SB}	номинальный ток шины
L_{SB}	длина шины
P_{TQ}	суммарная мощность, рассеиваемая внутри распределительного щита
A_E	эффективная поверхность охлаждения
b	коэффициент поверхности
A₀	сумма отдельных площадей поверхности
d	температурный коэффициент
IP	степень защиты
I_{cw}	номинальный кратковременно допустимый ток
I_{pk}	номинальный ударный ток
I_{cc}	номинальный условный ток короткого замыкания
I_k	ожидаемый ток короткого замыкания
n	пик-фактор

Серия инженера-конструктора

QT1

Селективность автоматических выключателей АББ в сетях низкого напряжения.

QT1

Выбор электрооборудования при проектировании трансформаторных подстанций в сетях среднего / низкого напряжения.

QT3

Система распределения электроэнергии, защита при косвенном прикосновении и защита от замыкания на землю.

QT4

Методические рекомендации по выбору и размещению автоматических выключателей в распределительных сетях 0,4 кВ и низковольтных комплектных устройствах.

QT5

Автоматические выключатели компании АББ для применения на постоянном токе.

QT6

Низковольтные комплектные устройства с защитой от электрической дуги.

QT7

Трёхфазные асинхронные двигатели. Общие сведения и координация аппаратов АББ.

QT8

Коррекция коэффициента мощности и фильтрация гармоник в электроустановках.

QT9

Применение автоматических выключателей АББ в цифровых системах автоматизации.

QT10

Методические рекомендации по выбору элементов крепления и стабилизации контактного нажатия в разборных электрических контактных соединениях (РЭКС) низковольтных комплектных устройств (НКУ).

Наши Координаты:

117997, Москва,

ул. Обручева, 30/1, стр. 2
Тел.: +7 (495) 777 2220
Факс: +7 (495) 777 2221

194044, Санкт-Петербург,

ул. Гельсингфорсская, 2А
Тел.: +7 (812) 332 9900
Факс: +7 (812) 332 9901

400005, Волгоград,

пр. Ленина, 86
Тел.: +7 (8442) 24 3700
Факс: +7 (8442) 24 3700

394006, Воронеж,

ул. Свободы, 73
Тел.: +7 (4732) 39 3160
Факс: +7 (4732) 39 3170

620026, Екатеринбург,

ул. Энгельса, 36, оф. 1201
Тел.: +7 (343) 351 1135
Факс: +7 (343) 351 1145

664033, Иркутск,

ул. Лермонтова, 257
Тел.: +7 (3952) 56 2200
Факс: +7 (3952) 56 2202

420061, Казань,

ул. Н. Ершова, 1а
Тел.: +7 (843) 570 66 73
Факс: +7 (843) 570 66 74

350049, Краснодар,

ул. Красных Партизан, 218
Тел.: +7 (861) 221 1673
Факс: +7 (861) 221 1610

660135, Красноярск,

Ул. Взлетная, 5, стр. 1, оф. 4-05
Тел.: +7 (3912) 298 121
Факс: +7 (3912) 298 122

603140, Нижний Новгород,

Мотальный пер., 8
Тел.: +7 (831) 461 9102
Факс: +7 (831) 461 9164

630073, Новосибирск,

пр. Карла Маркса, 47/2
Тел.: +7 (383) 227-82-00
Факс: +7 (383) 227-82-00

614077, Пермь,

ул. Аркадия Гайдара, 86
Тел.: +7 (3422) 111 191
Факс: +7 (3422) 111 192

344065, Ростов-на-Дону,

ул. 50-летия Ростсельмаша, 1/52
Тел.: +7 (863) 203 7177
Факс: +7 (863) 203 7177

443013, Самара,

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

354002, Сочи,

Курортный проспект, 73
Тел.: +7 (8622) 62 5048
Факс: +7 (8622) 62 5602

450071, Уфа,

ул. Рязанская, 10
Тел.: +7 (347) 232 3484
Факс: +7 (347) 232 3484

680030, Хабаровск,

ул. Постышева, д. 22а
Тел.: +7 (4212) 26 0374
Факс: +7 (4212) 26 0375

693000, Южно-Сахалинск,

ул. Курильская, 38
Тел.: +7 (4242) 49 7155
Факс: +7 (4242) 49 7155

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