

РАСЧЁТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ 0,4 кВ

Денис СЕДЫХ



ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

СУЭНКО

ФИЛИАЛ
КУРГАНСКИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ

производство

РАСЧЁТ СЕТИ 0,4 кВ

Расчёт нагрузок

Выбор проводника

Выбор автоматического выключателя

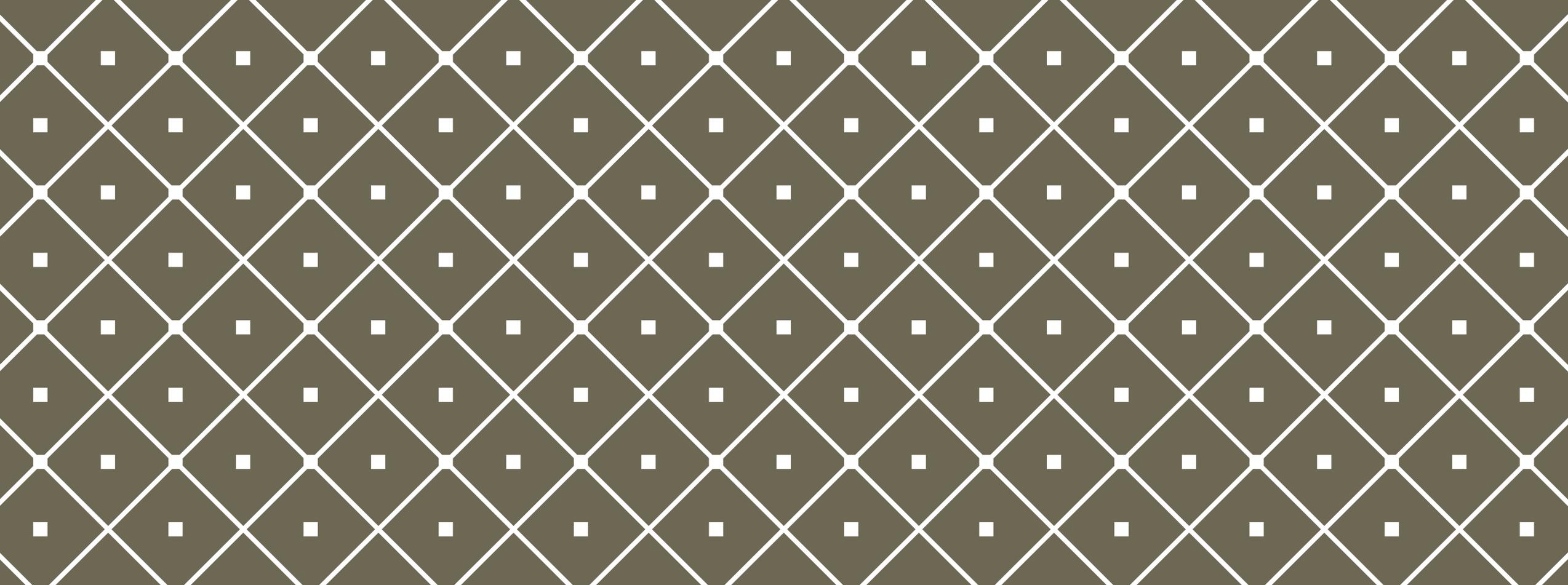
Расчёт параметров сети

Разработка мероприятий

ЗДЕСЬ И ДАЛЕЕ

В данной теме рассматривается трёхфазная сеть номинальным линейным напряжением 380 В с глухозаземлённой нейтралью





РАСЧЁТ НАГРУЗОК

Расчёт электрической сети
0,4 кВ

РАСЧЁТ МОЩНОСТИ

Расчёт мощности электроустановок потребителей производится по следующей формуле (Вт):

$$P_{\text{общ}} = (P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n) \times k_s$$

где:

$P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n$ - сумма мощностей всех электроприёмников (Вт);

$k_s = 0,8$ - поправочный коэффициент (одновременности). Из всех электроприёмников одновременно будет работать только 80%

КОЭФФИЦИЕНТ ОДНОВРЕМЕННОСТИ (k_s)

Назначение цепи

Освещение	1
-----------	---

Отопление и кондиционирование	1
-------------------------------	---

Штепсельные розетки (менее 10 штук)	0,1 – 0,2 ^[1]
-------------------------------------	--------------------------

Штепсельные розетки (10 и более штук)	0,6
---------------------------------------	-----

[2] Для мощных двигателей	1
---------------------------	---

Для средних двигателей	0,75
------------------------	------

Для двигателей малой мощности	0,6
-------------------------------	-----

[1] В определённых случаях, в частности, для промышленных установок этот коэффициент может быть выше

[2] Учитываемый ток равен номинальному току двигателя, увеличенному на 1/3 его пускового тока

ТРЕХФАЗНАЯ АКТИВНАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ МОЩНОСТЬ (Вт)

Линейные величины

$$P = \sqrt{3} U_{\text{л}} I_{\text{л}} \cos\varphi$$

где:

$U_{\text{л}}$ - линейное напряжение (В);

$I_{\text{л}}$ - линейный электрический ток (А);

$\cos\varphi$ - коэффициент мощности (0,9)

Фазные величины

$$P = 3U_{\text{ф}} I_{\text{ф}} \cos\varphi$$

где:

$U_{\text{ф}}$ - фазное напряжение (В);

$I_{\text{ф}}$ - фазный электрический ток (А);

$\cos\varphi$ - коэффициент мощности (0,9)

Для распределительной сети 0,4 кВ линейные и фазные значения нагрузочного тока равны ($I_{\text{л}} = I_{\text{ф}}$)

ТОКОВЫЕ НАГРУЗКИ ТРЕХФАЗНОЙ СЕТИ (А)

Линейные величины

$$I = P / (\sqrt{3} U_L \cos\varphi)$$

где:

P – трёхфазная активная электрическая мощность (Вт);

U_L – линейное напряжение (В);

$\cos\varphi$ – коэффициент мощности (0,9)

Фазные величины

$$I = P / (3U_\phi \cos\varphi)$$

где:

P – трёхфазная активная электрическая мощность (Вт);

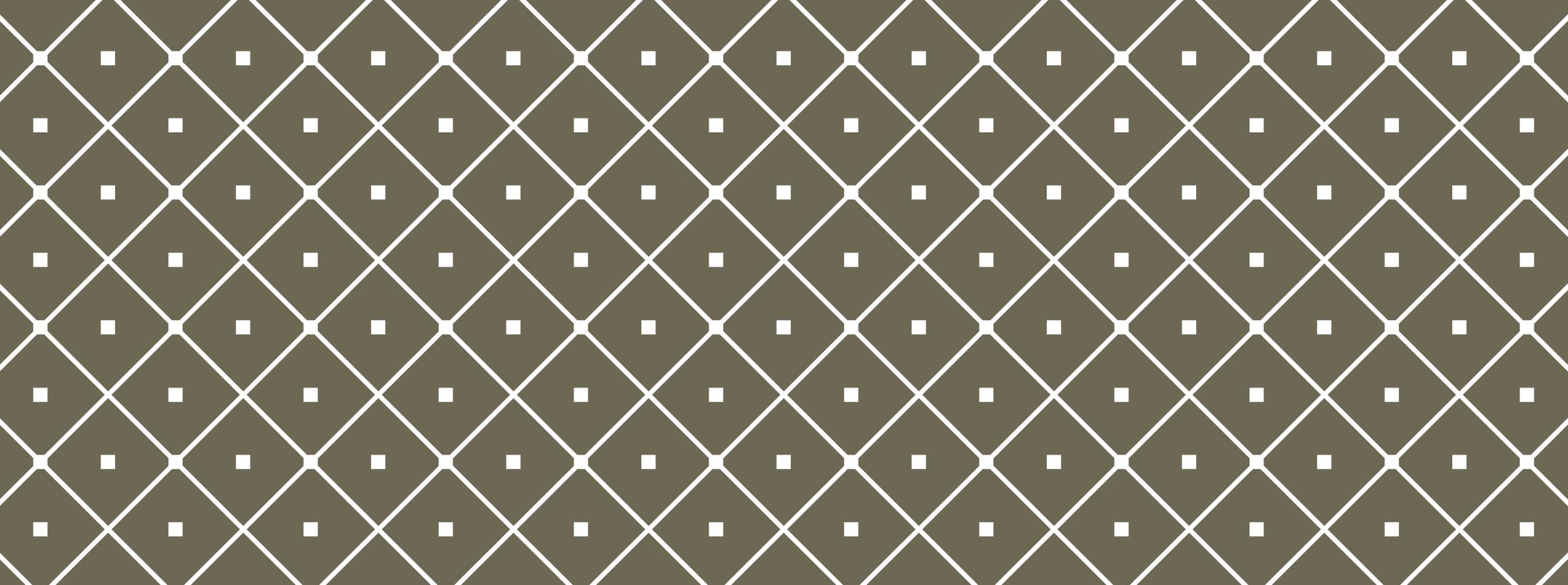
U_ϕ – фазное напряжение (В);

$\cos\varphi$ – коэффициент мощности (0,9)

Расчётные значения нагрузочного электрического тока получены для одного проводника трёхфазной сети

ТОКОВАЯ НАГРУЗКА

Всё электрооборудование (трансформаторы, проводники) следует подбирать так, чтобы их нагрузочный ток составлял 70% от номинального



ВЫБОР ПРОВОДНИКА

Расчёт электрической сети
0,4 кВ

ВЫБОР ПРОВОДНИКА

При активной нагрузке трёхфазной сети (220/380 В), равной 100 кВт токовая нагрузка составит:

$$100000 / (3 \times 220 \times 0,9) = 168 \text{ А}$$

Из таблицы выбираем ближайшее наибольшее значение допустимого длительного тока 195 А при отсутствии перспективы развития сети и 240 А, в случае наличия перспективы развития

$$168 \text{ А} = 70\% (240 \text{ А})$$

Следовательно, для данной токовой нагрузки выбираем провод СИП-2 номинальным сечением 50 мм²

Допустимые длительные токи для прочих проводов, шнуров и кабелей приведены в ПУЭ-7 глава 1.3, либо в паспорте самого провода (кабеля)

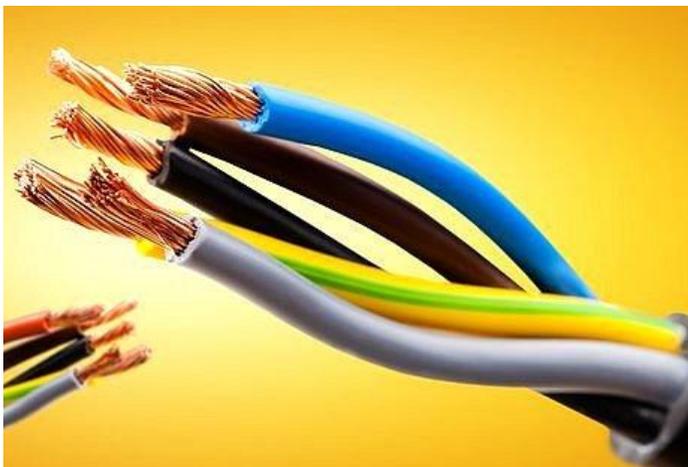
Номинальное сечение жилы, мм ²	Длительные допустимые токовые нагрузки проводов, А		
	СИП-2 (2А)	СИП-3	
		20 кВ	35 кВ
16	100	-	-
25	130	-	-
35	160	200	220
50	195	245	270
70	240	310	340
95	300	370	400
120	340	430	460
150	380	485	520
185	436	560	600
240	515	600	670



ВЫБОР ПРОВОДНИКА

Выбору по экономической плотности тока данные сети (до 1000 В) не подлежат

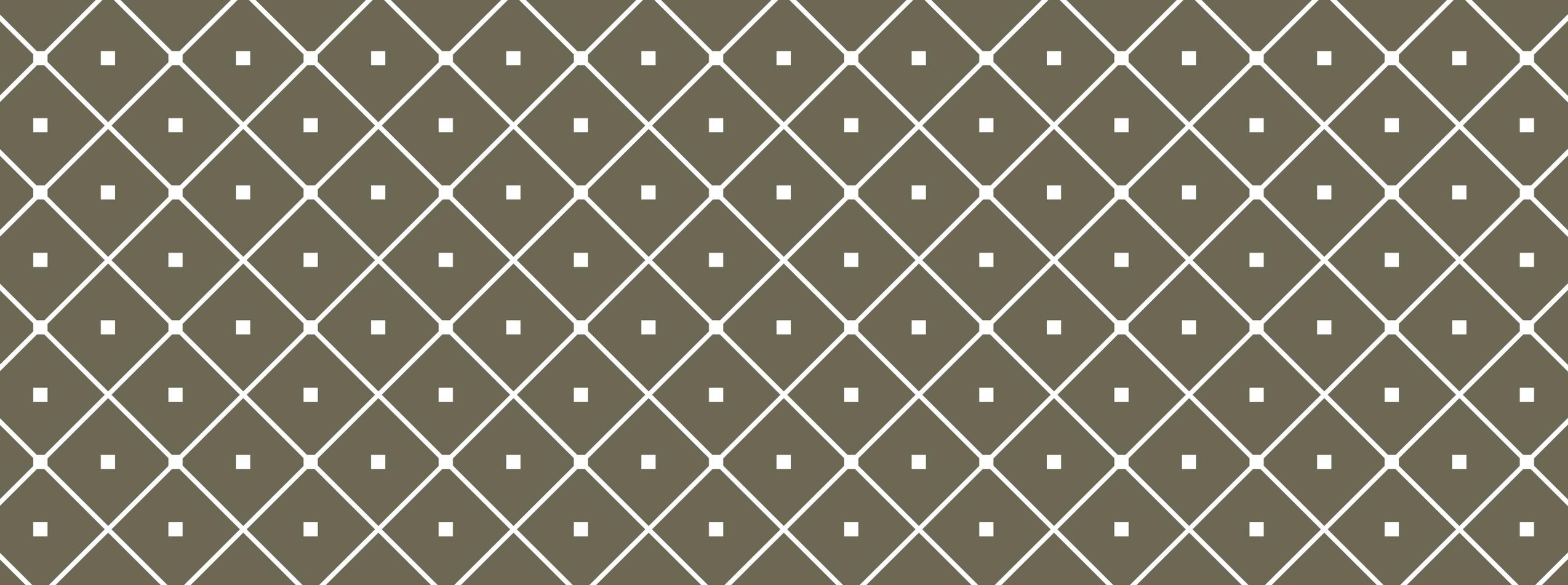
$$S_{\text{э}} = \frac{I}{J_{\text{э}}} [\text{мм}^2]$$





ВЫБОР ПРОВОДНИКА

Согласно технической политике нашей компании для магистральных ЛЭП 0,4 кВ следует всегда применять СИП-2 3×50 + 1×54,6



ВЫБОР АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ

Расчёт электрической сети
0,4 кВ



ВЫБОР АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ

Номинальный ток автоматического выключателя не должен превышать допустимый длительный ток проводника, которого он защищает и не должен быть меньше тока нагрузки сети



ВЫБОР АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ

Установлен следующий ряд номинальных токов (А)
для автоматических выключателей до 1000 В

1	3	6	8	10	13	16	20	25	32	40	50	
63	80	100	125	160	180	200	225	250	400	630	750	800
1000	1250	1600	2500	4000								

I_{cu} 35 кА

I_{cs} 18 кА

Категория

TEХENERG

160А



Для расчётного тока нагрузки, равного 168 А, следует выбрать автоматический выключатель с номинальным током 180 А

Величина номинального тока которого меньше допустимой токовой нагрузки СИП-2 3×50, которая составляет 195 А

ВЫБОР АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ

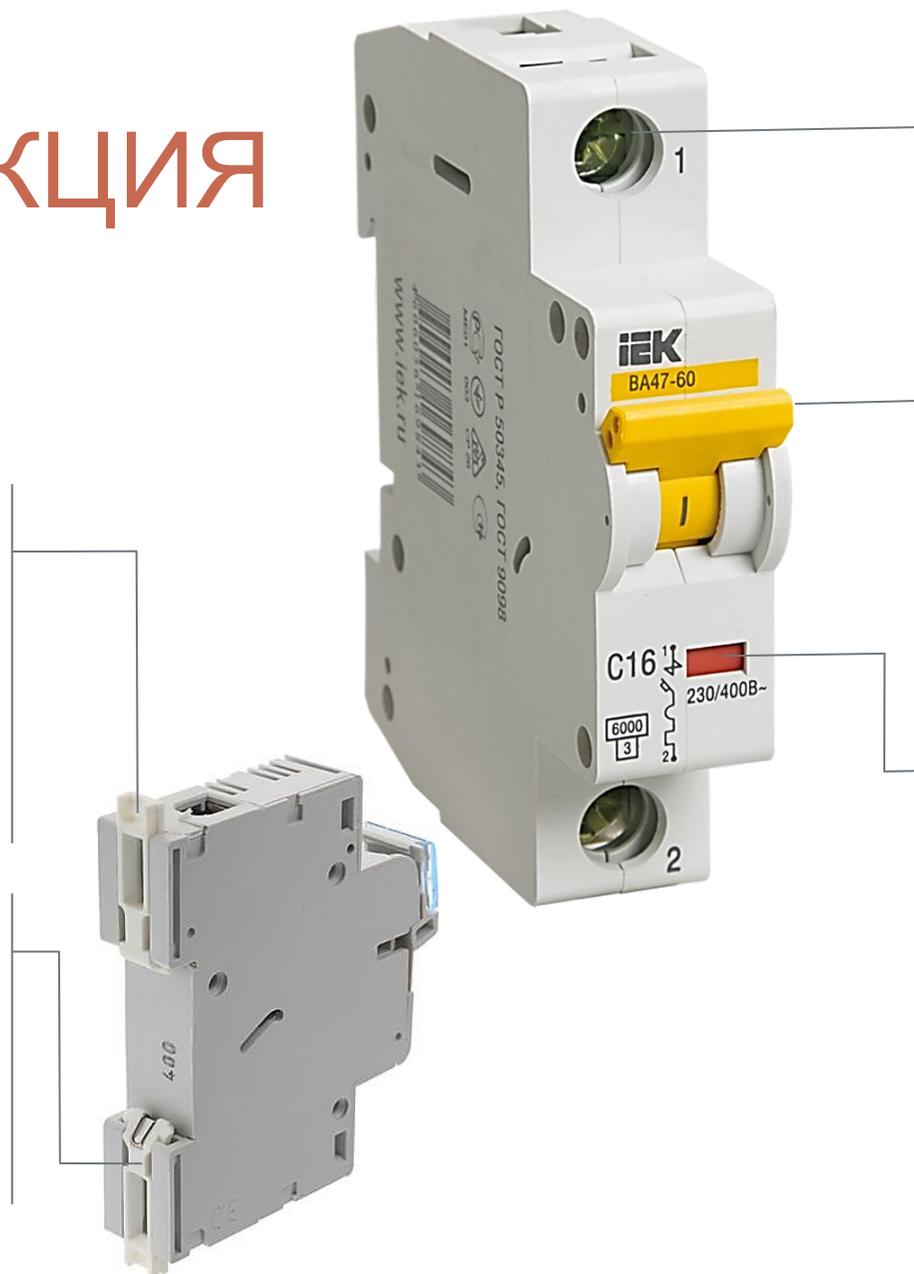
КОНСТРУКЦИЯ

Верхняя выдвигающая защёлка

позволяет выдвинуть автоматический выключатель из ряда приборов, соединённых вверху при помощи предохранительной рейки, без прерывания соседних контуров тока

Нижняя выдвигающая защёлка

позволяет выполнить крепление на рейку DIN EN 50 022 шириной 35 мм. В зафиксированном выдвинутом положении упрощает передвижение на приборной рейке в стороны



Комбинированный зажим

с нетеряемым винтом на обоих концах автоматического выключателя позволяет выполнить присоединение соединительной рейки и провода. Рейку и провод можно присоединить одновременно одним винтом

Эргономичный дизайн управляющей ручки

облегчает процесс коммутации

Указатель состояния

визуально показывает рабочее состояние прибора. Указатель состояния присоединён непосредственно к контактной системе прибора и не зависит от положения управляющей ручки (прибор автоматически отключается и показывает текущее состояние и при блокировке управляющей ручки). Следовательно, удовлетворяет условию безопасного отключения

Цвет указателя

Красный
Зелёный

Состояние прибора

включено
отключено

МАРКИРОВКА

по ГОСТ IEC 60934-2015
выключатели автоматические
для оборудования

**Соответствие
ГОСТ Р 50345 (МЭК
60898-1 2003)** Аппаратура
малогабаритная
электрическая.
Автоматические
выключатели для защиты от
сверхтоков бытового и
аналогичного назначения.
Национальный стандарт
Российской Федерации

**Соответствие
ГОСТ 9098** Выключатели
автоматические
низковольтные.
Общие технические условия
(с изменениями №1,2,3).
Межгосударственный
стандарт

Нумерация клемм
клемма №1

Бренд компании производителя
группа компаний IEK <https://www.iek.ru/>

Тип серия ВА47-60

Время-токовая характеристика
тип «С»

Номинальный ток
16 А

Максимальный ток отключения
6000 А

Класс токоограничения
1/3 полупериода тока короткого
замыкания

Нумерация клемм
клемма №2

Схема включения по ГОСТ 2.755-87
сверху вниз:

- Клемма 1
- Дугогашение
- Замыкающий контакт
- Электромагнитный расцепитель
- Тепловой расцепитель
- Клемма 2

Номинальное напряжение и род тока
230/400 В переменный ток



МАРКИРОВКА

Номинальное напряжение (U_n)

Номинальное напряжение переменного тока ~ 400 В

Номинальный ток (I_n)

Уставка теплового расцепителя 125 А

Максимальное значение номинального тока (I_m)

Уставка электромагнитного расцепителя. Десятикратное значение номинального тока

ТЕСТ

Толкатель кнопки «тест» проверки механизма отключения



Категория А

Категория применения «А» означает, что автоматический выключатель специально не предназначен для обеспечения селективности (задержка при отключении) при возникновении токов короткого замыкания. Выключатели категории «В» напротив, являются селективными и такую функцию обеспечивают

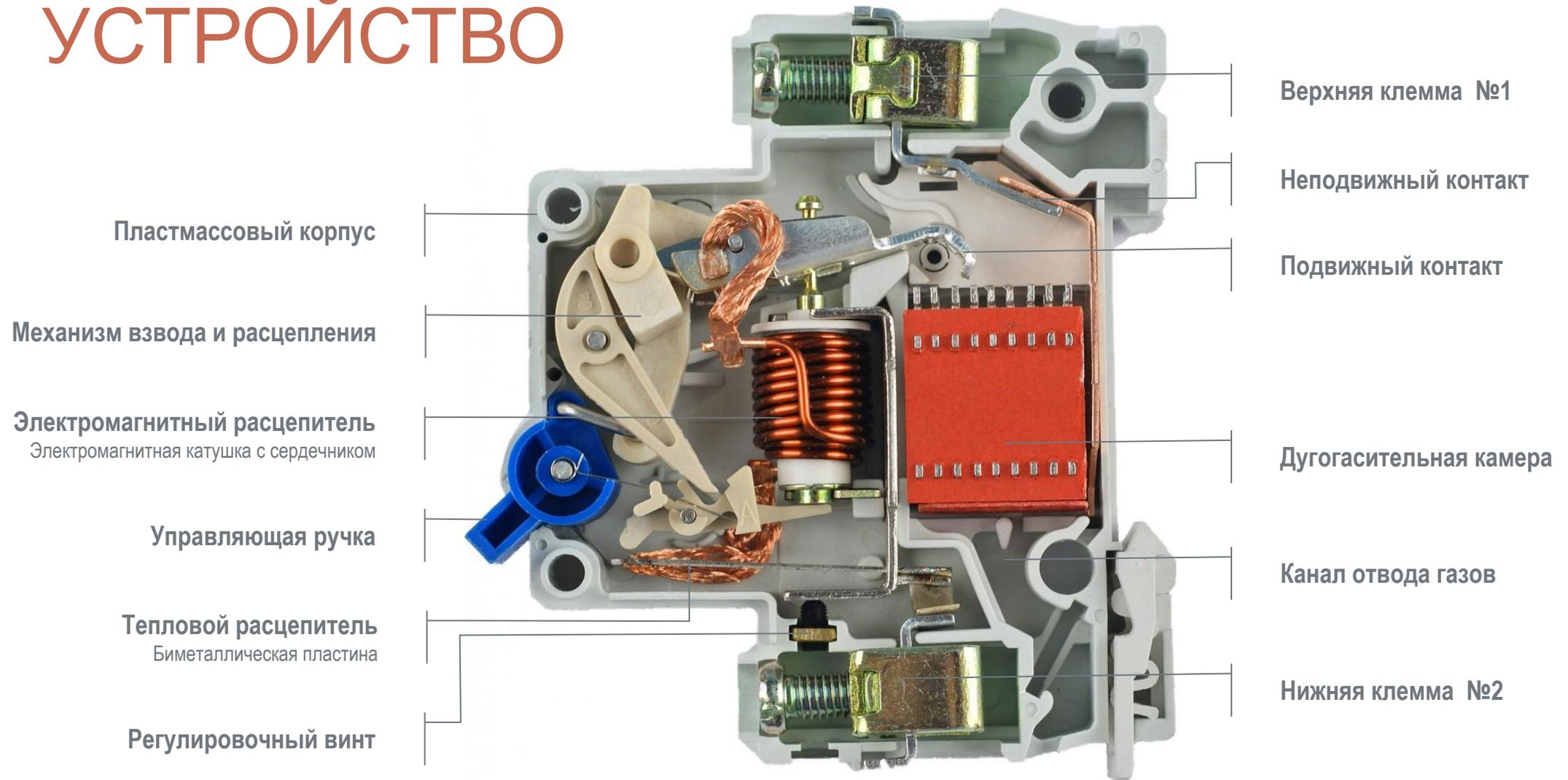
Рабочая отключающая способность (I_{cs})

Номинальная рабочая наибольшая отключающая способность (12,5 кА) при 400 В

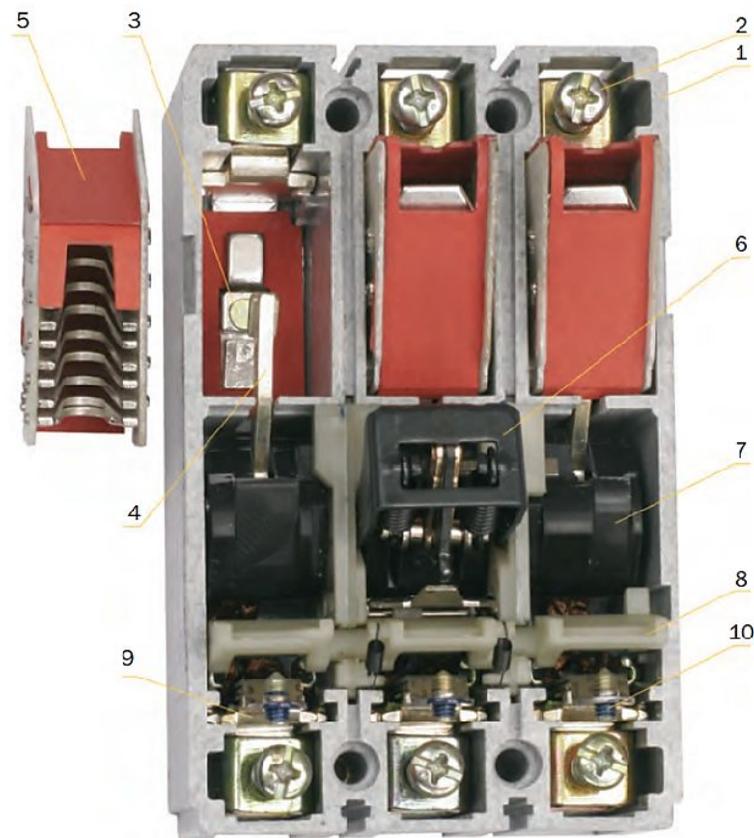
Предельная отключающая способность (I_{cu})

Номинальная предельная наибольшая отключающая способность (25 кА) при 400 В

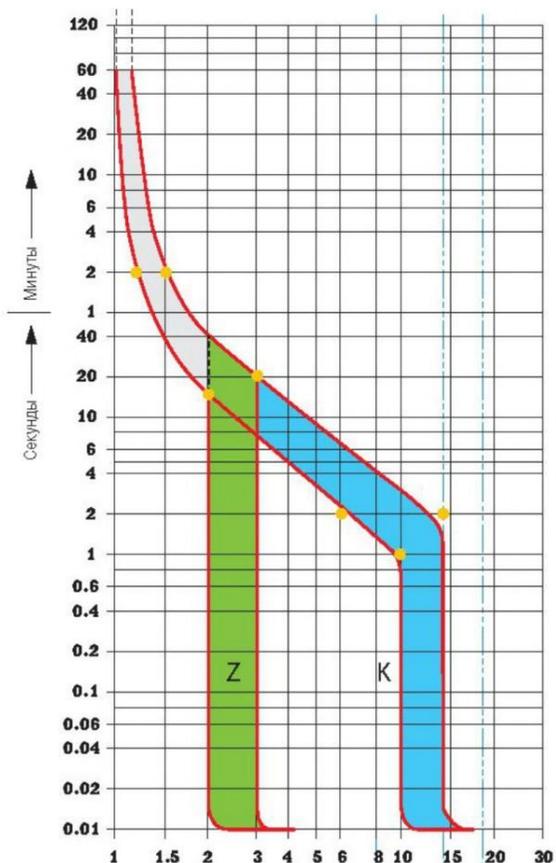
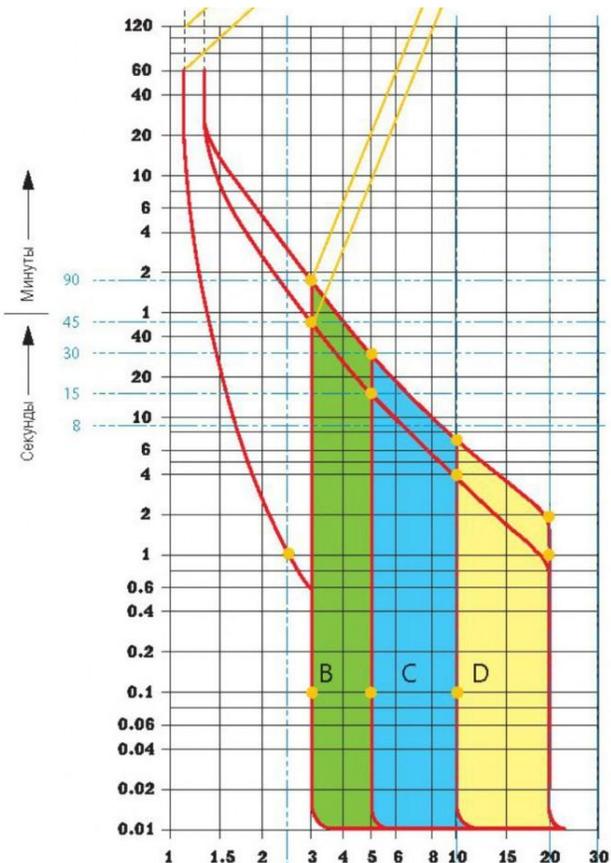
УСТРОЙСТВО



УСТРОЙСТВО



- | | | |
|--|---------------------------------|---|
| 1 – Корпус из термостойкой ABS-пластмассы. | 4 – Подвижные силовые контакты. | 8 – Плоская рейка. |
| 2 – Присоединительные зажимы. | 5 – Система дугогашения. | 9 – Узел теплового и электромонтажного расцепителя. |
| 3 – Неподвижные силовые контакты. | 6 – Механизм взвода. | 10 – Регулировочные винты теплового расцепителя. |
| | 7 – Изолирующая рейка. | |



ВРЕМЯ-ТОКОВАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Типы мгновенного расцепления по ГОСТ Р 50345-99 (МЭК 60898-1 2003)

- **B** – электромагнитный расцепитель срабатывает в пределах от 3 до 5-кратного номинального тока
- **C** – электромагнитный расцепитель срабатывает в пределах от 5 до 10-кратного номинального тока
- **D** – электромагнитный расцепитель срабатывает в пределах от 10 до 20-кратного номинального тока

Нестандартизированные типы мгновенного расцепителя

- **Z** – электромагнитный расцепитель срабатывает в пределах от 2 до 3-кратного номинального тока. Применяется для защиты электронных устройств
- **K** – электромагнитный расцепитель срабатывает в пределах от 10 до 14-кратного номинального тока. Применяется для защиты индуктивной нагрузки с тяжёлыми пусками

МЭК – международная электротехническая комиссия (IEC - International Electrotechnical Commission)

ВРЕМЯ-ТОКОВАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА (ТИП В)

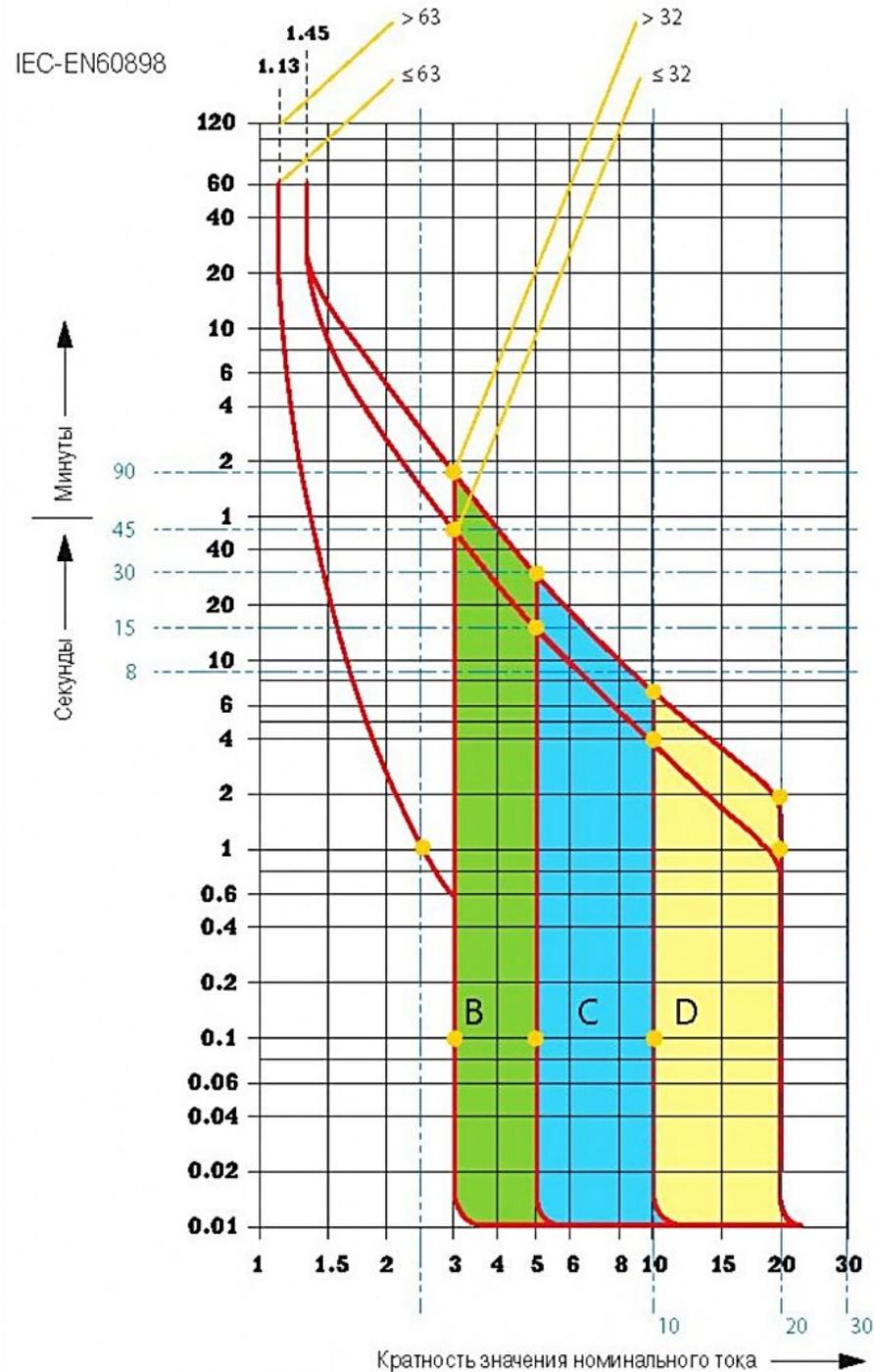
ВЕРХНЯЯ КРИВАЯ – для
холодного состояния

НИЖНЯЯ КРИВАЯ – для
нагретого состояния

При токе «условного
нерасцепления» ($1,13I_n$)
автоматический выключатель не
отключится в течение 1 часа (для
 $\leq 63A$) и в течение 2 часов (для
 $> 63A$)

При токе «условного
расцепления» ($1,45I_n$)
автоматический выключатель
гарантированно отключится в
течение не более 1 часа (для
 $\leq 63A$) и в течение не более 2
часов (для $> 63A$)

ВТХ всегда (!) изображена для температуры
 $+30^{\circ}C$



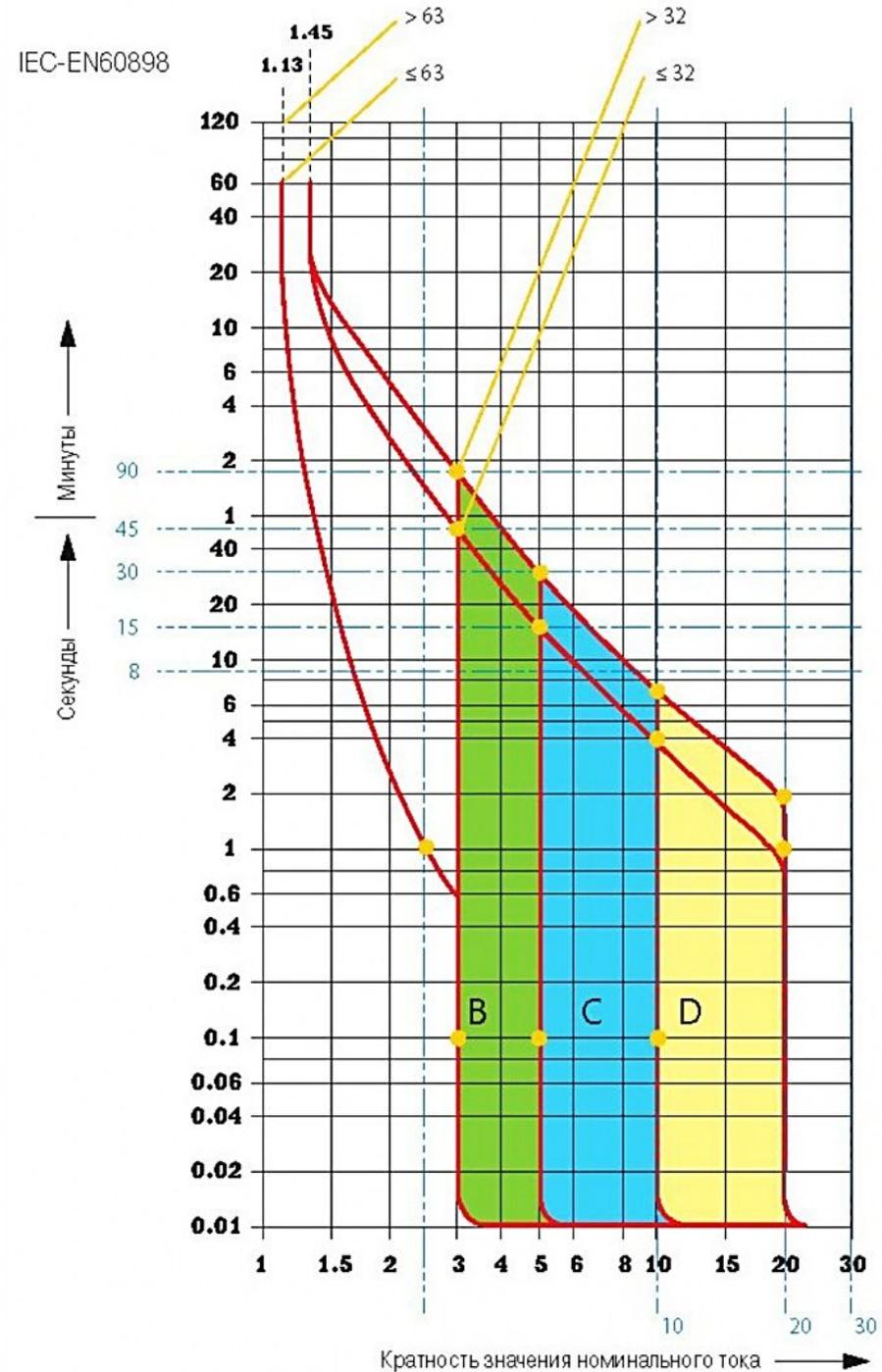
ВРЕМЯ-ТОКОВАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА (ТИП В)

ВЕРХНЯЯ КРИВАЯ – для холодного состояния

НИЖНЯЯ КРИВАЯ – для нагретого состояния

При токе $2,55I_n$ автоматический выключатель должен отключиться за время не менее 1 секунды из нагретого состояния и не более 60 секунд из холодного состояния (для $\leq 32A$) и не более 120 секунд из холодного состояния (для $>32A$)

ВТХ всегда (!) изображена для температуры $+30^{\circ}C$



ВРЕМЯ-ТОКОВАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА (ТИП В)

ВЕРХНЯЯ КРИВАЯ – для холодного состояния

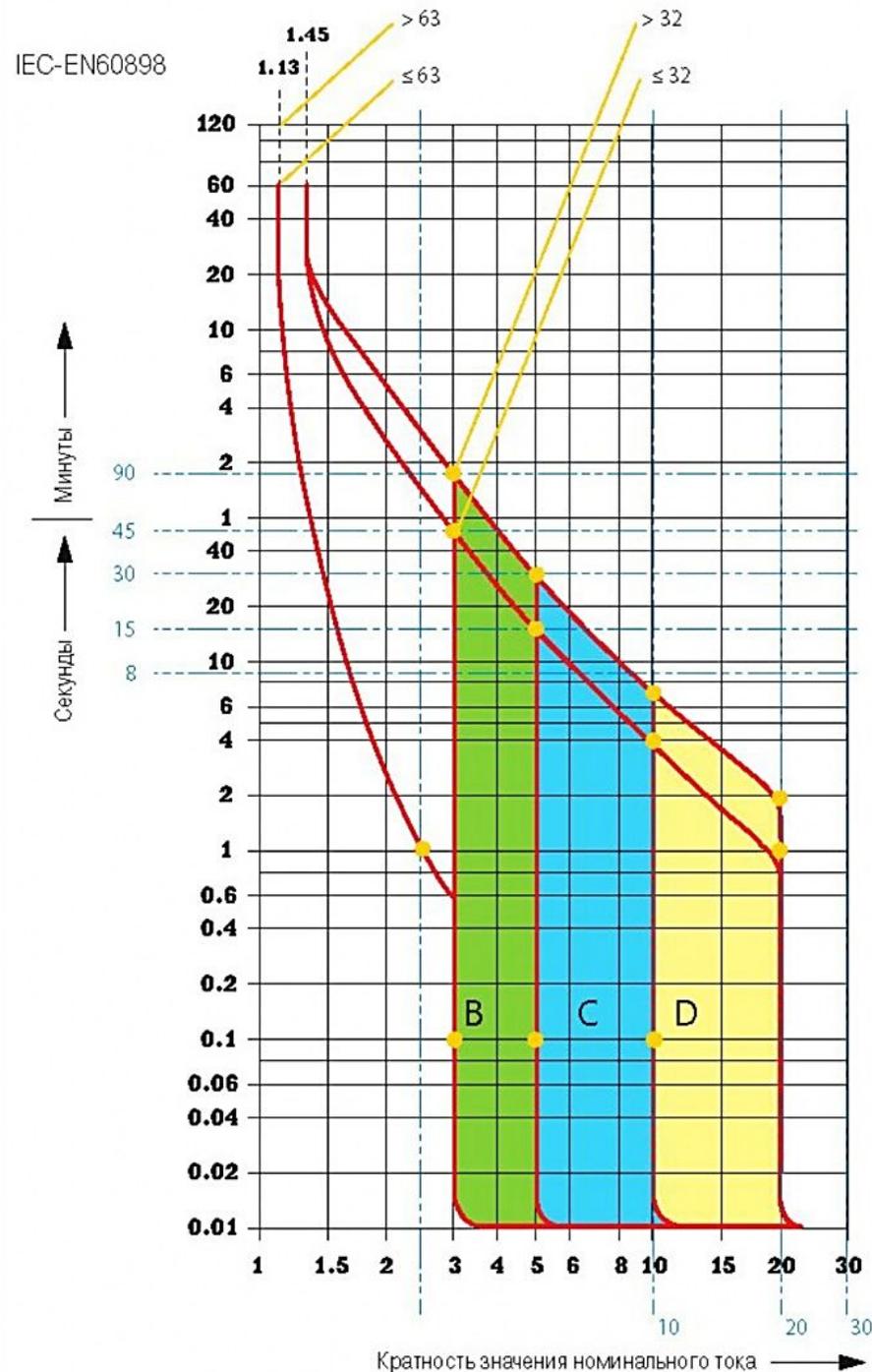
НИЖНЯЯ КРИВАЯ – для нагретого состояния

При токе $3I_n$ автоматический выключатель должен отключиться за время не менее 0,1 секунды

Верхний предел времени не определён

При таком токе электромагнитный расцепитель ещё не срабатывает, и по факту, автоматический выключатель отключается от теплового расцепителя

ВТХ всегда (!) изображена для температуры $+30^{\circ}\text{C}$



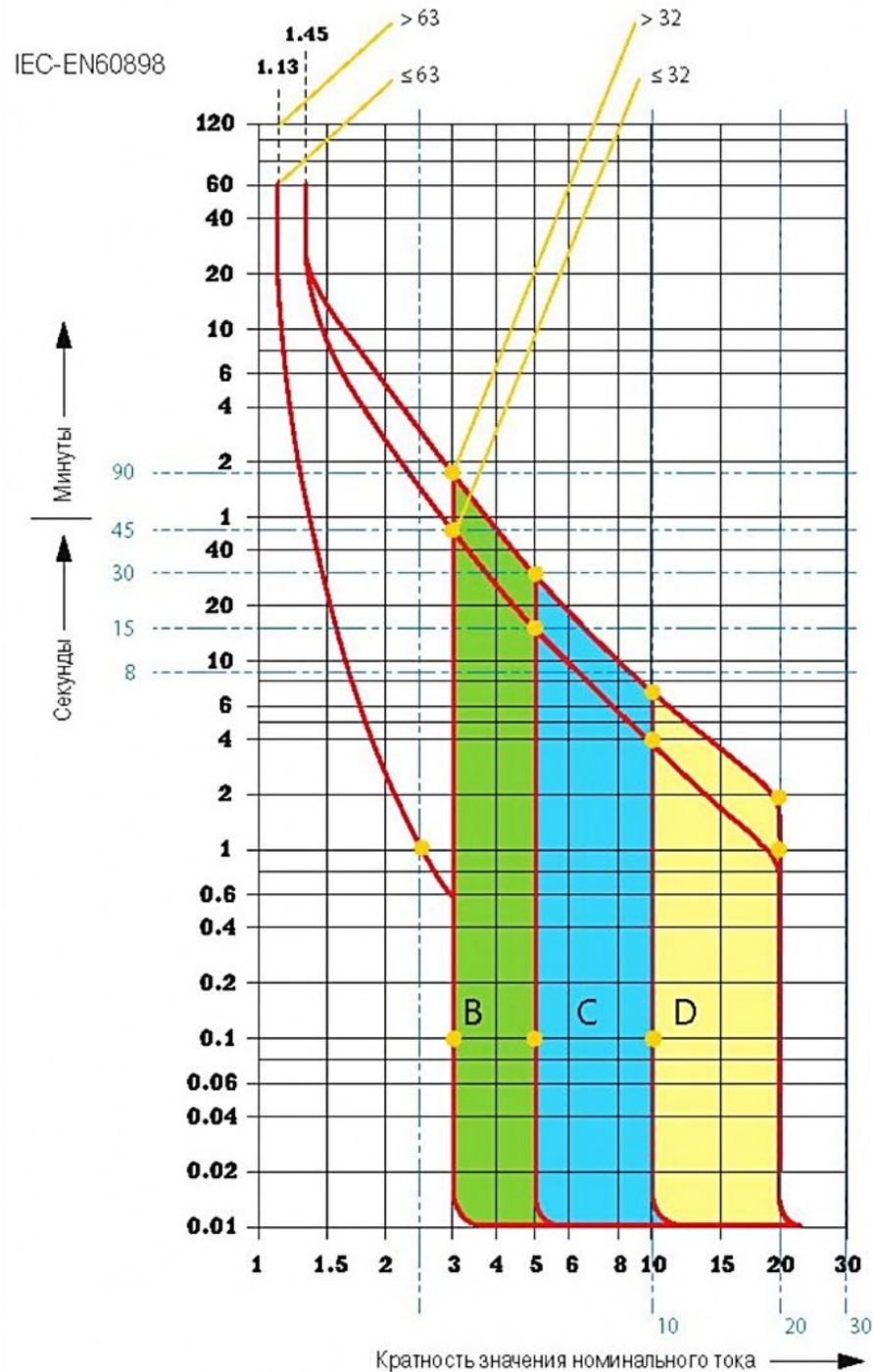
ВРЕМЯ-ТОКОВАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА (ТИП В)

ВЕРХНЯЯ КРИВАЯ – для холодного состояния

НИЖНЯЯ КРИВАЯ – для нагретого состояния

При токе $5I_n$ автоматический выключатель должен отключаться за время менее 0,1 секунды

ВТХ всегда (!) изображена для температуры $+30^{\circ}\text{C}$

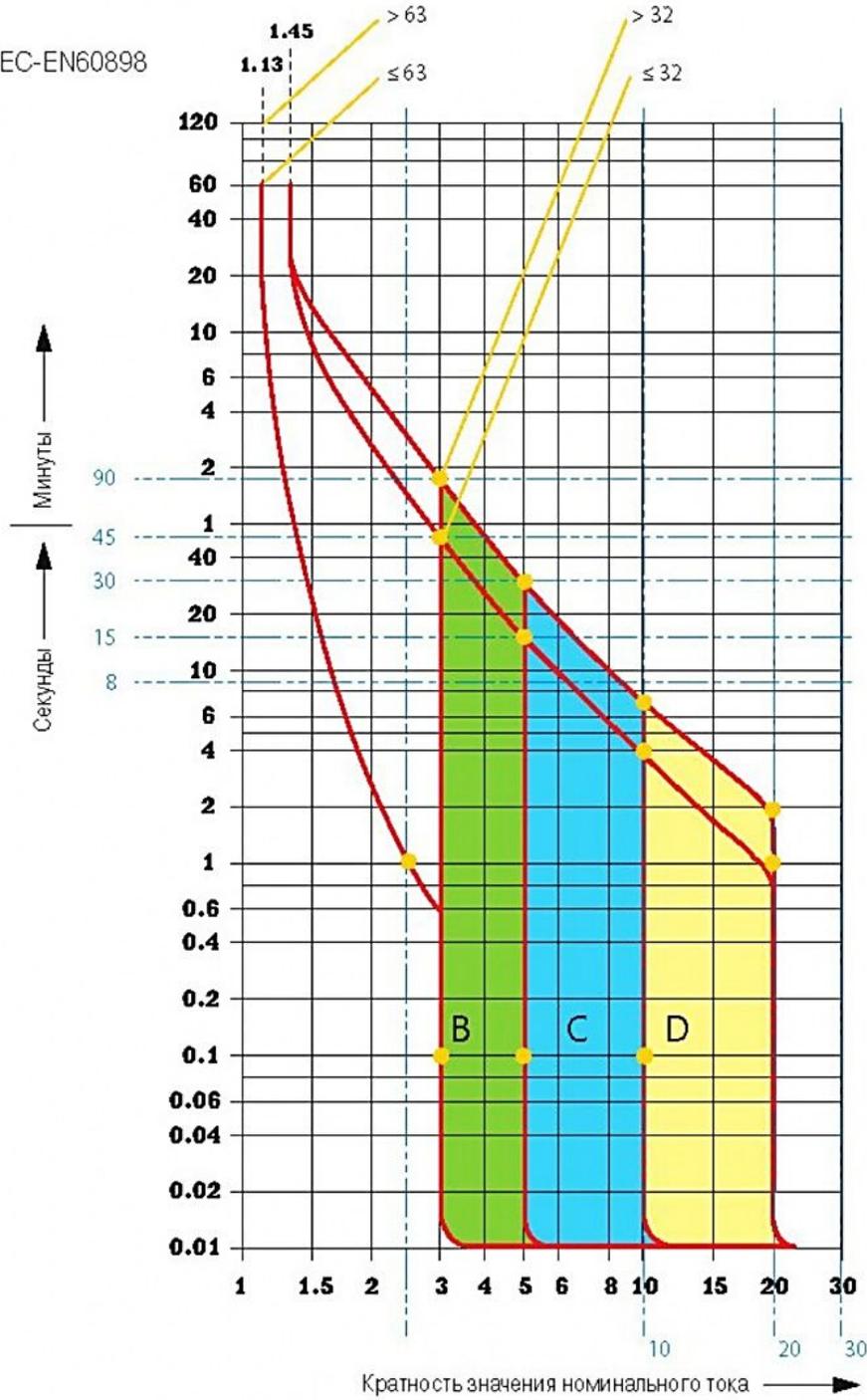




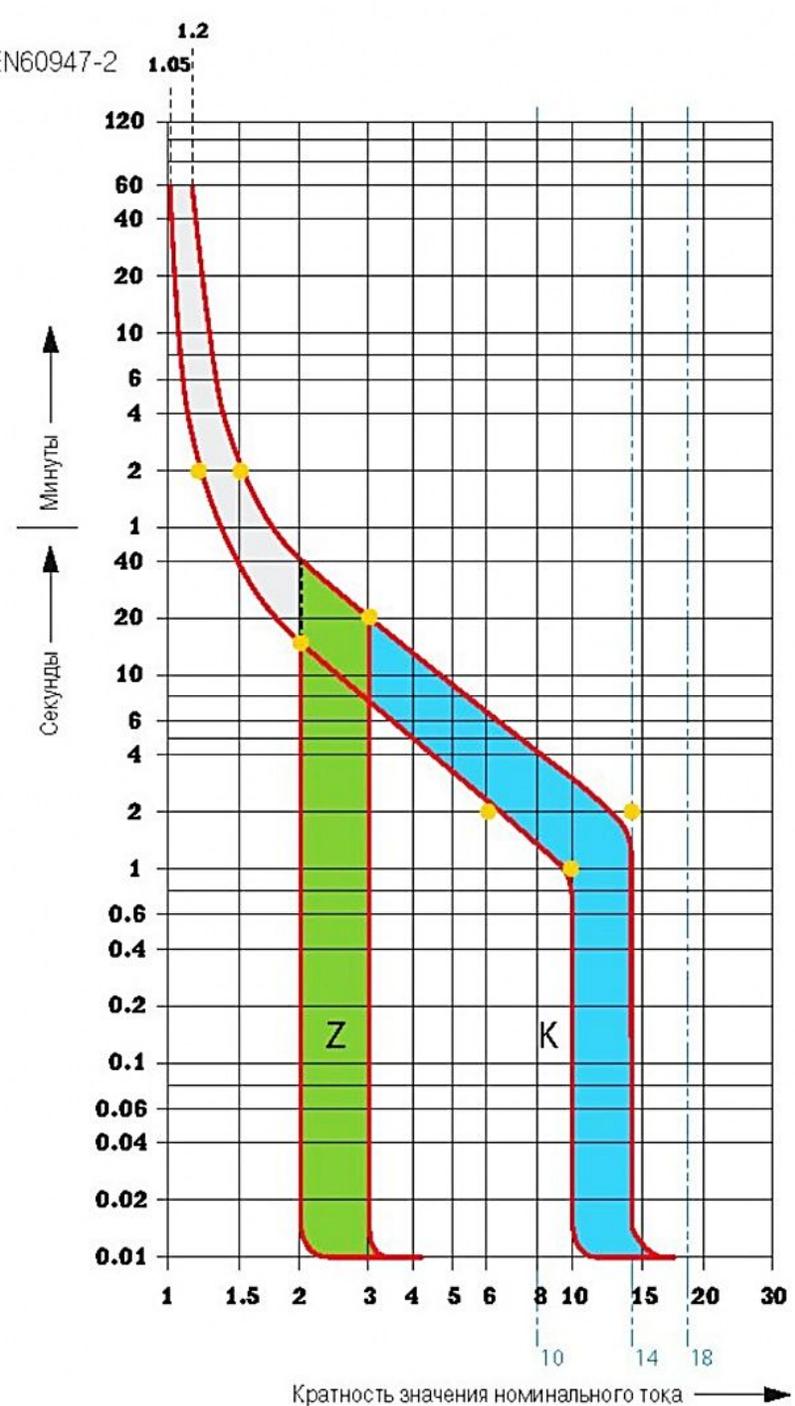
ВРЕМЯ-ТОКОВАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

для других типов мгновенного расцепления – АНАЛОГИЧНА

IEC-EN60898



IEC-EN60947-2



ТЕМПЕРАТУРНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ ОКРУЖАЮЩЕГО ВОЗДУХА

Все время-токовые характеристики автоматических выключателей изображаются для температуры окружающей среды (воздуха) +30°C

Для того чтобы определить величину номинального тока при других температурах следует учитывать поправочный температурный коэффициент (k_t)

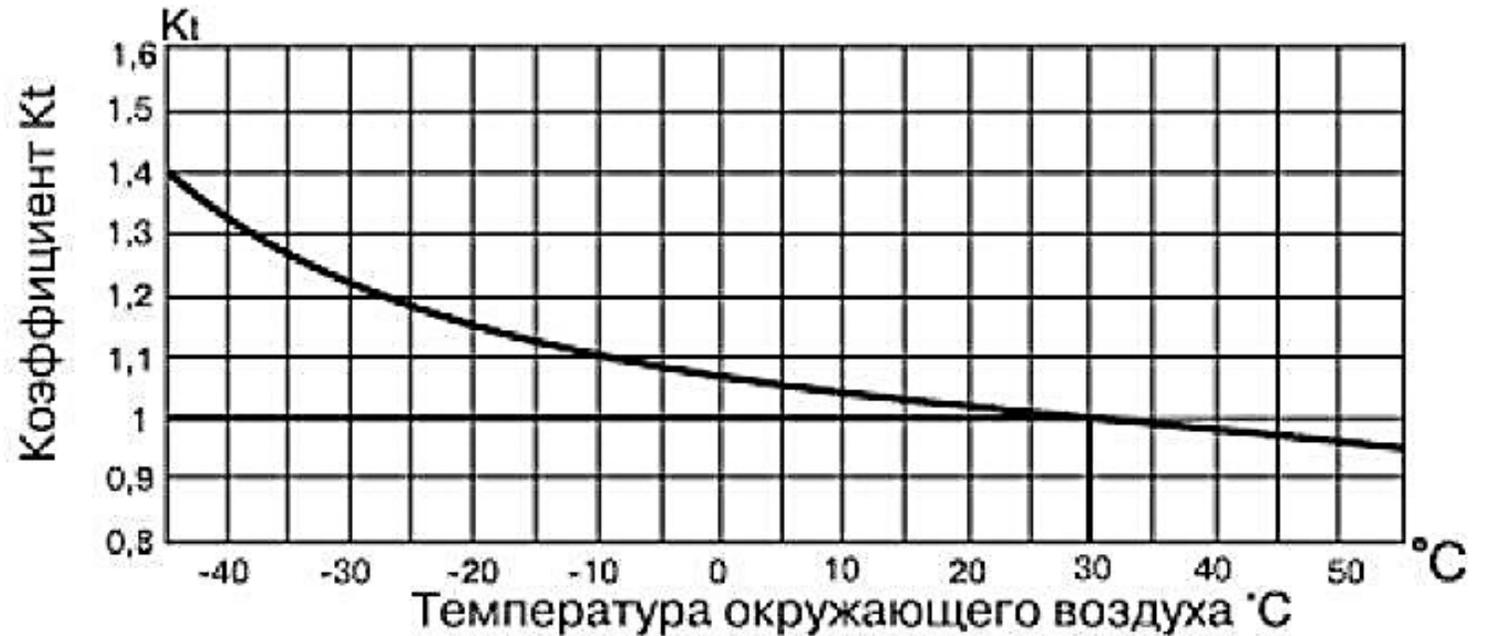
$$I'_n = k_t I_n$$

где:

I'_n - приведённый номинальный ток;

k_t - температурный коэффициент;

I_n - номинальный ток при +30°C



КОЭФФИЦИЕНТ КОНВЕКЦИИ

Когда в одном ряду установлено несколько автоматических выключателей, то они передают своё тепло соседним выключателям (конвекция)

Для того чтобы определить величину номинального тока в ряд стоящих автоматических выключателей следует учитывать поправочный коэффициент (k_n)

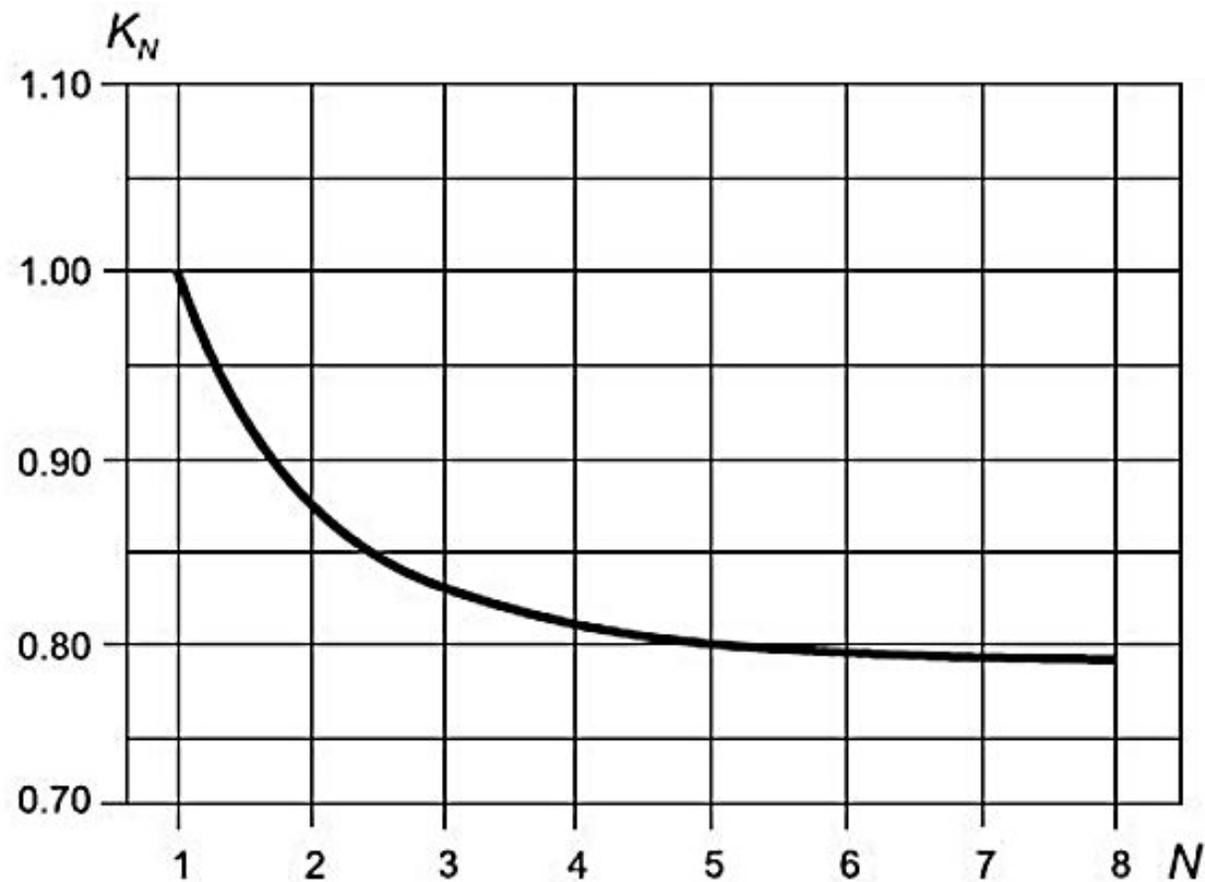
$$I_n'' = k_n I_n$$

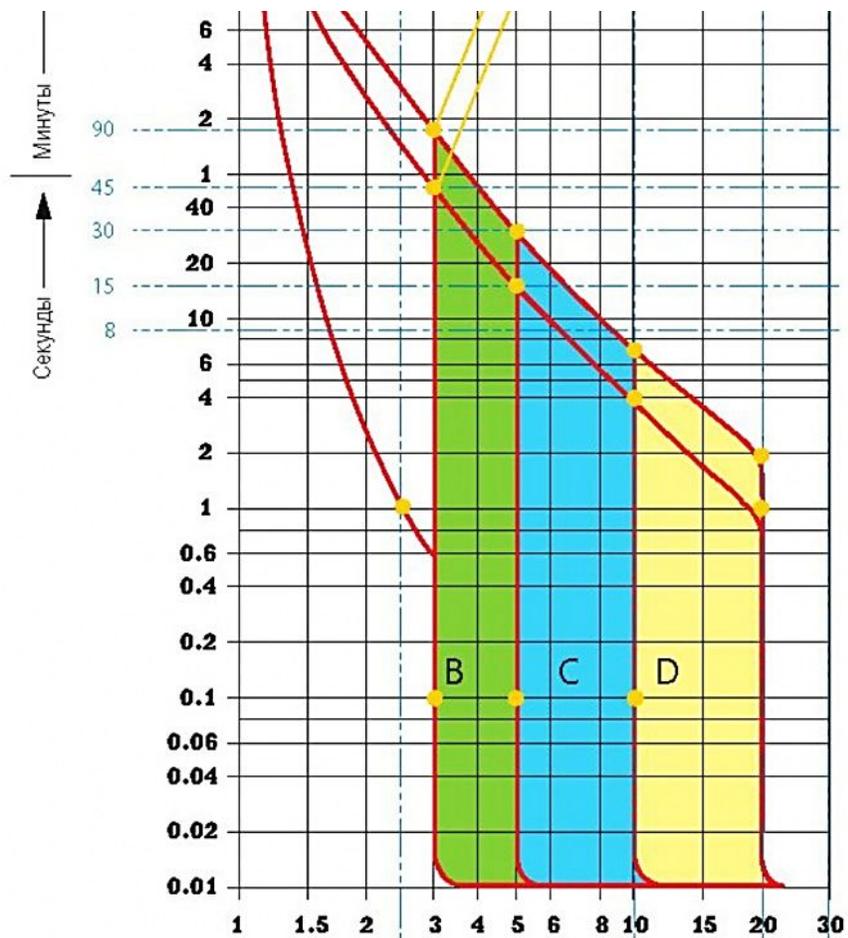
где:

I_n'' - приведённый номинальный ток;

k_n - температурный коэффициент;

I_n - номинальный ток





ПРИМЕР РАСЧЁТА

ВВОДНО-РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЕ
УСТРОЙСТВО С 5-Ю
АВТОМАТИЧЕСКИМИ
ВЫКЛЮЧАТЕЛЯМИ, РАСПОЛОЖЕНО
НА ОТКРЫТОМ ВОЗДУХЕ ПРИ
ТЕМПЕРАТУРЕ -10°C

Величина тока, приведённого к
данным условиям составляет:

$$I_n^{\text{II}} = k_t k_n I_n$$

$$1,1 \times 0,8 \times 16 = 14,08 \text{ A}$$

При определении времени
срабатывания автоматического
выключателя по ВТХ кратность тока
следует брать не как отношение I/I_n
($I/16$), а как I/I_n^{II} ($I/14,08$)

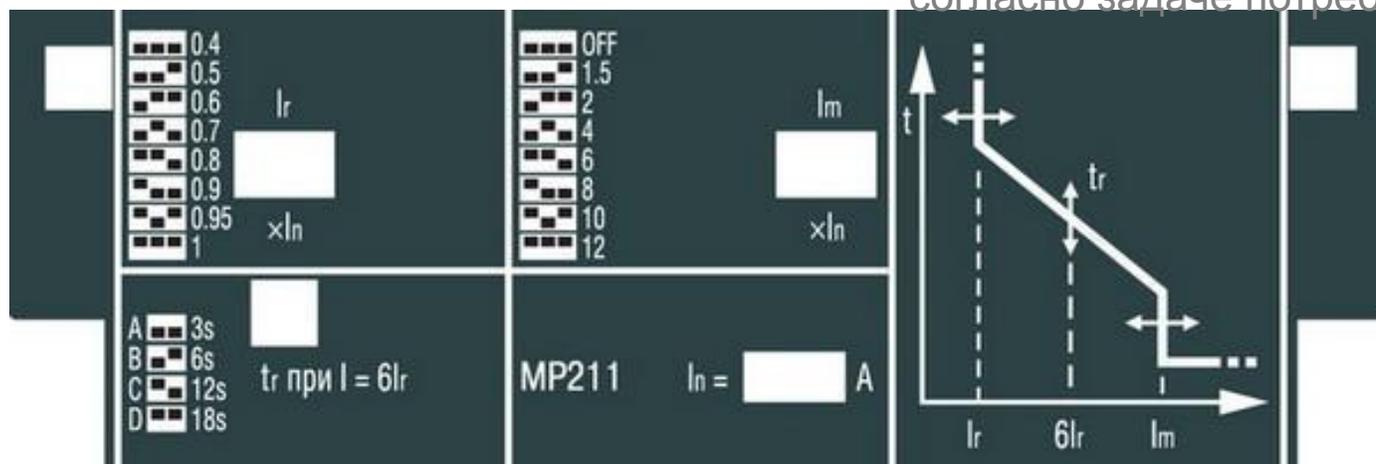
Например, при величине нагрузочного
тока равной 30 А время отключения
составит не 3 минуты, а 2 минуты

(расчёт произведён для ВТХ тип «В»)



ЭЛЕКТРОННЫЙ РАСЦЕПИТЕЛЬ

Электронный расцепитель MP211 (панель представлена на рисунке ниже) позволяет настраивать параметры защиты от сверхтоков автоматических выключателей ВА88 в широком диапазоне значений при высокой точности значений уставок. Это позволяет расширить круг задач, решаемых данной серией выключателей. Защитные характеристики (уставки срабатывания) устанавливаются потребителем на передней панели автоматических выключателей переключением DIP-переключателей согласно задаче потребителя



НАСТРОЙКА АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ С ЭЛЕКТРОННЫМ РАСЦЕПИТЕЛЕМ

УСТАВКА СРАБАТЫВАНИЯ ЗАЩИТЫ ОТ ПЕРЕГРУЗКИ

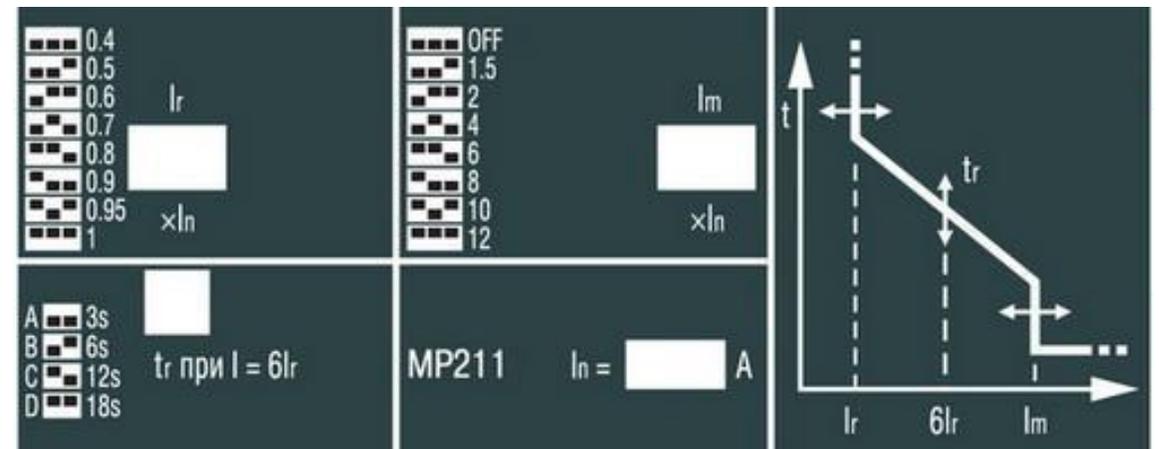
Коэффициент К срабатывания защиты от перегрузки позволяет установить ток уставки срабатывания защиты от перегрузки в соответствии с формулой:

$$I_r = K \times I_n$$

где I_n – номинальный ток автоматического выключателя

Возможна установка следующих значений коэффициента

K: 0,4-0,5-0,6-0,7-0,8-0,9-0,95-1,0



НАСТРОЙКА АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ С ЭЛЕКТРОННЫМ РАСЦЕПИТЕЛЕМ

УСТАВКА СРАБАТЫВАНИЯ ЗАЩИТЫ ПРИ КОРОТКОМ ЗАМЫКАНИИ

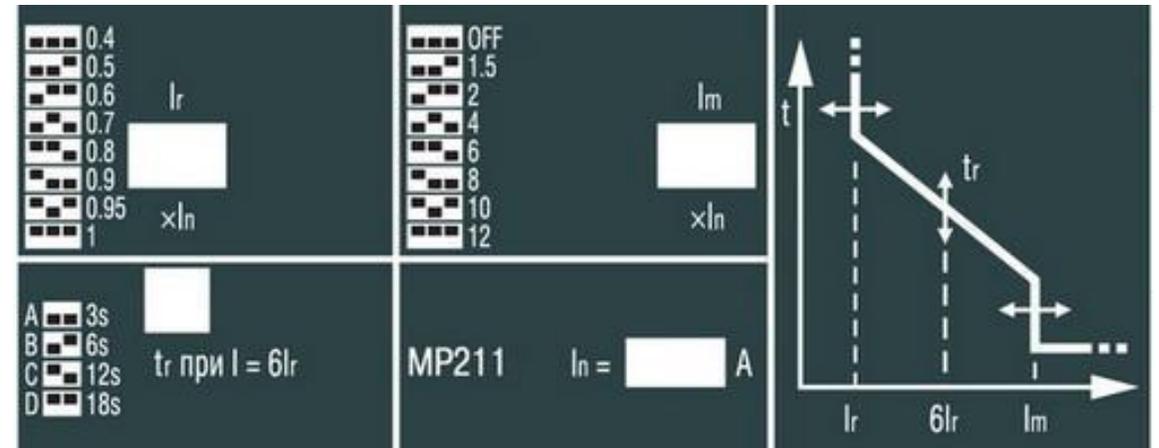
Коэффициент M срабатывания защиты при коротком замыкании позволяет установить ток срабатывания при коротком замыкании в соответствии с формулой:

$$I_m = M \times I_n$$

Возможна установка следующих значений коэффициента

M: OFF-1,5-2-4-6-8-10-12

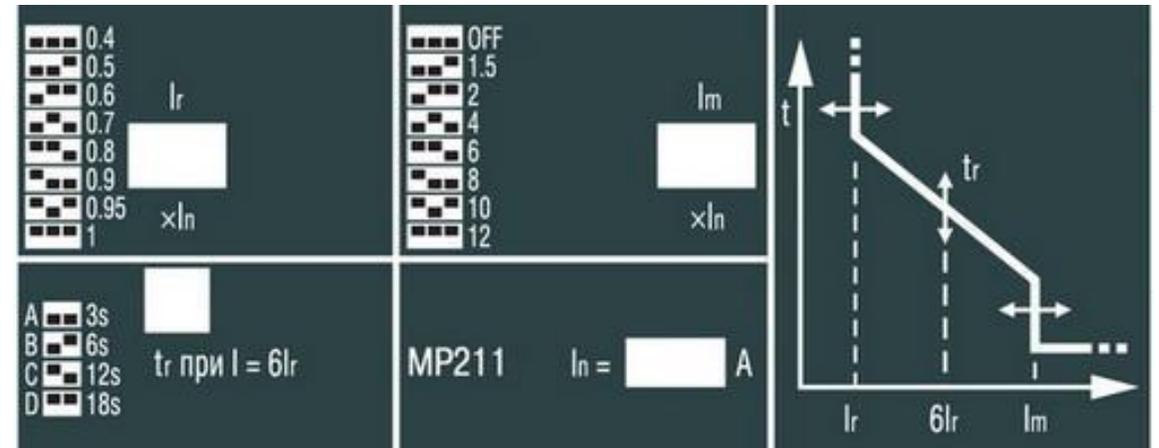
(режим OFF позволяет отключить защиту при коротком замыкании при выполнении испытаний или в случае больших пусковых токов)



НАСТРОЙКА АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ С ЭЛЕКТРОННЫМ РАСЦЕПИТЕЛЕМ

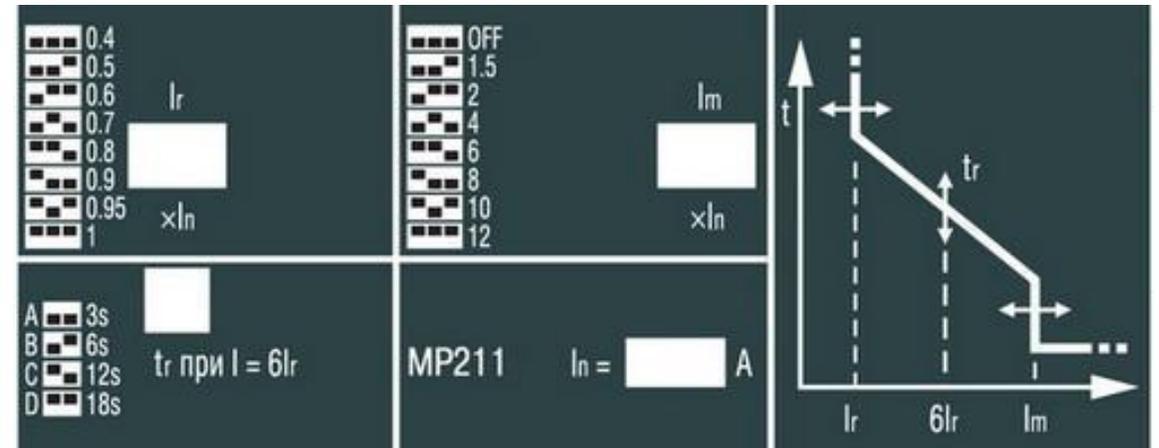
ВРЕМЯ ЗАДЕРЖКИ СРАБАТЫВАНИЯ ЗАЩИТЫ ОТ ПЕРЕГРУЗКИ

Время t_r задержки срабатывания защиты от перегрузки при $I=6 \cdot I_r$ может иметь следующие значения: 3-6-12-18 с. Данный параметр определяет смещение наклонного участка время-токовой кривой вдоль оси времени, что позволяет изменять задержку времени срабатывания защиты при длительной перегрузке во всём диапазоне значений тока. Точкой привязки при расчетах прогнозируемого тока срабатывания защиты принимается ток, равный по величине шестикратному току I_r защиты при перегрузке. Необходимый сдвиг наклонного участка определяется индивидуально для каждой конкретной ситуации применения автоматического выключателя, например, для обеспечения зонной селективности, для настройки задержки срабатывания защиты при пуске асинхронных



НАСТРОЙКА АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ С ЭЛЕКТРОННЫМ РАСЦЕПИТЕЛЕМ

ГРАФИК ВРЕМЯ-ТОКОВОЙ
ХАРАКТЕРИСТИКИ срабатывания
выключателя ВА88 с электронным
расцепителем в зависимости от установки
параметров К, М и t_r . Правильный выбор
коэффициентов К, М и t_r позволяет
обеспечить оптимальную защиту
оборудования и повысить ресурс работы
выключателя, снижая аварийный ток
нагрузки



ФАКТИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА ЗАДЕРЖКИ СРАБАТЫВАНИЯ ЗАЩИТ ОТ ПЕРЕГРУЗКИ

Фактическая величина задержки T срабатывания защиты в зависимости от предполагаемого тока перегрузки может быть определена с достаточной точностью по следующей формуле:

$$T = \left(\frac{6I_r}{pI_n} \right)^2 \times t_r$$

где T – расчетное время срабатывания при прогнозируемой фактической величине тока перегрузки, с; p – коэффициент кратности предполагаемого фактического тока перегрузки относительно номинального тока автоматического выключателя; t_r – время задержки срабатывания защиты, устанавливаемое DIP-переключателем на лицевой панели выключателя, с.

После подстановки в формулу значения $I_r = K \times I_n$ и преобразования получим окончательное выражение для расчета времени срабатывания защиты от перегрузки предполагаемым током:

$$T = \left(\frac{6K}{p} \right)^2 \times t_r$$

ПРИМЕР НАСТРОЙКИ ЭЛЕКТРОННОГО РАСЦЕПИТЕЛЯ MR211

Например, необходимо рассчитать время отключения автоматического выключателя ВА88-35 с номинальным током $I_n=250$ А при 40% перегрузке (коэффициент кратности предполагаемого тока перегрузки $p=1,4$). DIP-переключателями установлены значения $K=0,7$ и $t_r=3$ с. Подставим заданные значения в формулу и получим время отключения:

$$T = \left(\frac{6 \times 0,7}{1,4} \right)^2 \times 3 = 27$$

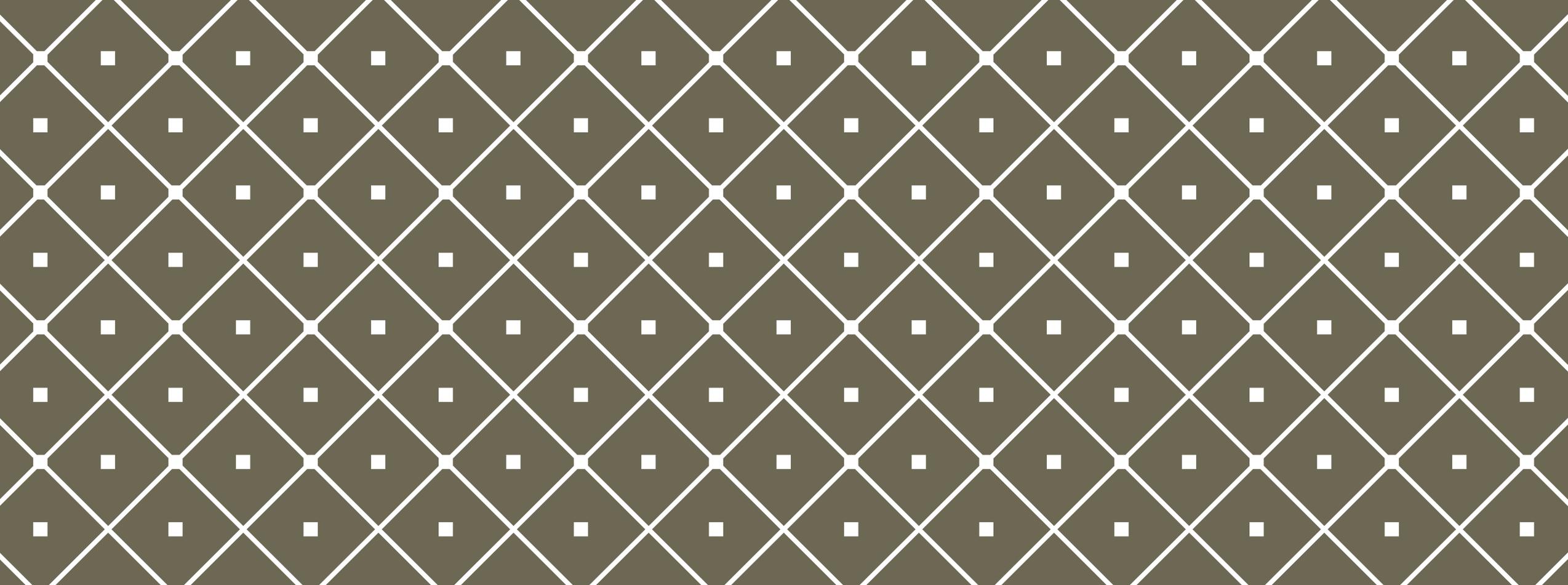
Если полученное время отключения (27 с) является недопустимой задержкой срабатывания, а допускается перегрузка не более 10 с, то подбираем меньший коэффициент K из ряда значений, настраиваемых на лицевой панели выключателя, таким образом, чтобы получить необходимое время срабатывания защиты. Проверяем расчетом по формуле: при $K=0,5$ время отключения $T=13,8$ с, при $K=0,4$ время отключения $T=8,8$ с. Подбранное значение коэффициента $K=0,4$ при предполагаемом токе перегрузки удовлетворяет поставленной задаче

НАЗНАЧЕНИЕ

АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ
ПРЕДНАЗНАЧЕН ДЛЯ ЗАЩИТЫ
ПРОВОДОВ И КАБЕЛЕЙ (ИХ
ИЗОЛЯЦИИ) ОТ НЕДОПУСТИМЫХ
ТОКОВЫХ ПЕРЕГРУЗОВ

Номинальный ток выключателя не
должен превышать номинальный ток
защищаемых проводов и кабелей





РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ СЕТИ

Расчёт электрической сети
0,4 кВ

ПОТЕРЯ НАПРЯЖЕНИЯ

ГОСТ Р 54130-2010 Качество электрической энергии. Термины и определения.
Национальный стандарт Российской Федерации

Разность напряжений в начальной и конечной точках электрической линии в данный момент



#202507625

ПОТЕРЯ НАПРЯЖЕНИЯ ЛИНЕЙНОЕ

Расчёт по мощности (P)

$$\Delta U_{\text{В}} = \frac{(PRl + QXl)}{U_{\text{Л}}}$$

$$\Delta U_{\%} = \frac{100(PRl + QXl)}{U_{\text{Л}}^2}$$

где:

P - активная мощность (Вт);

Q - реактивная мощность, равная $Q = U_{\text{Л}} I \sin \varphi$ (ВАр);

R - удельное активное сопротивление провода (Ом/м);

X - удельное индуктивное сопротивление провода (Ом/м);

l - длина рассчитываемой ЛЭП (м);

$U_{\text{Л}}$ - линейное напряжение (В)

Расчёт по току (I)

$$\Delta U_{\text{В}} = \sqrt{3} I (Rl \cos \varphi + Xl \sin \varphi)$$

$$\Delta U_{\%} = \frac{100(\sqrt{3} I (Rl \cos \varphi + Xl \sin \varphi))}{U_{\text{Л}}}$$

где:

P - активная мощность (Вт);

Q - реактивная мощность, равная $Q = U_{\text{Л}} I \sin \varphi$ (ВАр);

R - удельное активное сопротивление провода (Ом/м);

X - удельное индуктивное сопротивление провода (Ом/м);

l - длина рассчитываемой ЛЭП (м);

$U_{\text{Л}}$ - линейное напряжение (В);

I - токовая нагрузка (А)

ПОТЕРЯ НАПРЯЖЕНИЯ

Удельные сопротивления
алюминиевых проводов

Марка провода	Удельное активное сопротивление, R (Ом/м)	Удельное индуктивное сопротивление, X (Ом/м)
A-25	0,001140	0,000345
A-35	0,000830	0,000336
A-50	0,000576	0,000325
A-70	0,000412	0,000309
A-95	0,000306	0,000300
A-120	0,000270	0,000292

ПОТЕРЯ НАПРЯЖЕНИЯ

Удельные сопротивления
самонесущих изолированных
проводов (СИП)

Марка провода	Удельное активное сопротивление, R (Ом/м)	Удельное индуктивное сопротивление, X (Ом/м)
СИП-2 3×16	0,002448	0,000086
СИП-2 3×25	0,001540	0,000082
СИП-2 3×35	0,001111	0,000080
СИП-2 3×50	0,000822	0,000079
СИП-2 3×70	0,000568	0,000078
СИП-2 3×95	0,000411	0,000076

ПОТЕРЯ НАПРЯЖЕНИЯ ЛИНЕЙНОЕ

29%

Активная нагрузка трёхфазной сети (220/380 В) = 40 кВт
Длина ЛЭП (провод марки А-35, ПДДТН = 170 А) = 1100 м

РАСЧЁТ ПОТЕРИ НАПРЯЖЕНИЯ ПО МОЩНОСТИ (Р)

$$(40000 \times 0,000830 \times 1100 + 10739,2 \times 0,000336 \times 1100) / 380 = 106,5 \text{ В}$$

$$100((40000 \times 0,000830 \times 1100 + 10739,2 \times 0,000336 \times 1100) / 380) / 380 = 28\%$$

РАСЧЁТ ПОТЕРИ НАПРЯЖЕНИЯ ПО ТОКУ (I)

$$\sqrt{3} \times 66,8(0,000830 \times 1100 \times 0,9 + 0,000336 \times 1100 \times 0,4) = 113,9 \text{ В}$$

$$100(\sqrt{3} \times 66,8(0,000830 \times 1100 \times 0,9 + 0,000336 \times 1100 \times 0,4)) / 380 = 29\%$$

где:

$$\varphi = 25^\circ \quad \sin \varphi = 0,4 \quad \cos \varphi = 0,9$$

$$O = U_{\text{л}} \cdot I \cdot \sin \varphi = 380 \cdot (40000 / (3 \times 220 \times 0,9)) \times 0,4 = 10739,2 \text{ ВА}_{\text{п}}$$

10%

Активная нагрузка трёхфазной сети (220/380 В) = 40 кВт
Длина ЛЭП (провод марки А-35, ПДДТН = 170 А) = 400 м

РАСЧЁТ ПОТЕРИ НАПРЯЖЕНИЯ ПО МОЩНОСТИ (Р)

$$(40000 \times 0,000830 \times 400 + 10739,2 \times 0,000336 \times 400) / 380 = 38,7 \text{ В}$$

$$100(40000 \times 0,000830 \times 400 + 10739,2 \times 0,000336 \times 400) / 380 = 10\%$$

РАСЧЁТ ПОТЕРИ НАПРЯЖЕНИЯ ПО ТОКУ (I)

$$\sqrt{3} \times 66,8(0,000830 \times 400 \times 0,9 + 0,000336 \times 400 \times 0,4) = 41,4 \text{ В}$$

$$100(\sqrt{3} \times 66,8(0,000830 \times 400 \times 0,9 + 0,000336 \times 400 \times 0,4)) / 380 = 10\%$$

где:

$$\varphi = 25^\circ \quad \sin \varphi = 0,4 \quad \cos \varphi = 0,9$$

$$O = U_{\text{л}} \cdot I \cdot \sin \varphi = 380 \cdot (40000 / (3 \times 220 \times 0,9)) \times 0,4 = 10739,2 \text{ ВА}_{\text{п}}$$

ПОТЕРЯ НАПРЯЖЕНИЯ

Калькулятор расчёта потери напряжения
расположен

(N): \ КЭС \ Обмен КЭС \ ДЭБ \ Инструктивные
материалы \ Презентации

ПОТЕРЯ НАПРЯЖЕНИЯ

Для данных показателей ГОСТ 32144-2013 устанавливает следующие нормы: отклонения напряжения в точке передачи потребителю не должны превышать $\pm 10\%$ номинального значения напряжения в течение 100% времени интервала в семь суток

Если иное не определено договором на электроснабжение

Для сетей низшего напряжения это значение ± 38 В, т.е. минимальным значением напряжения должно быть не менее 342 В, а максимальным 418 В



ИЗМЕРЕНИЕ ПЕТЛИ «ФАЗА – НОЛЬ»

Производится с целью предупреждения возможных нарушений в работе электрооборудования с глухозаземлённой нейтралью (система TN) в аварийных режимах

Периодичность: приёмо-сдаточные испытания, эксплуатационные и по требованию Ростехнадзора

Цель: определение следующих параметров: величины полного сопротивления (Z) петли «фаза – ноль»; величины тока короткого замыкания

$$I_{к.з.} = U_{ном} / z$$

где:

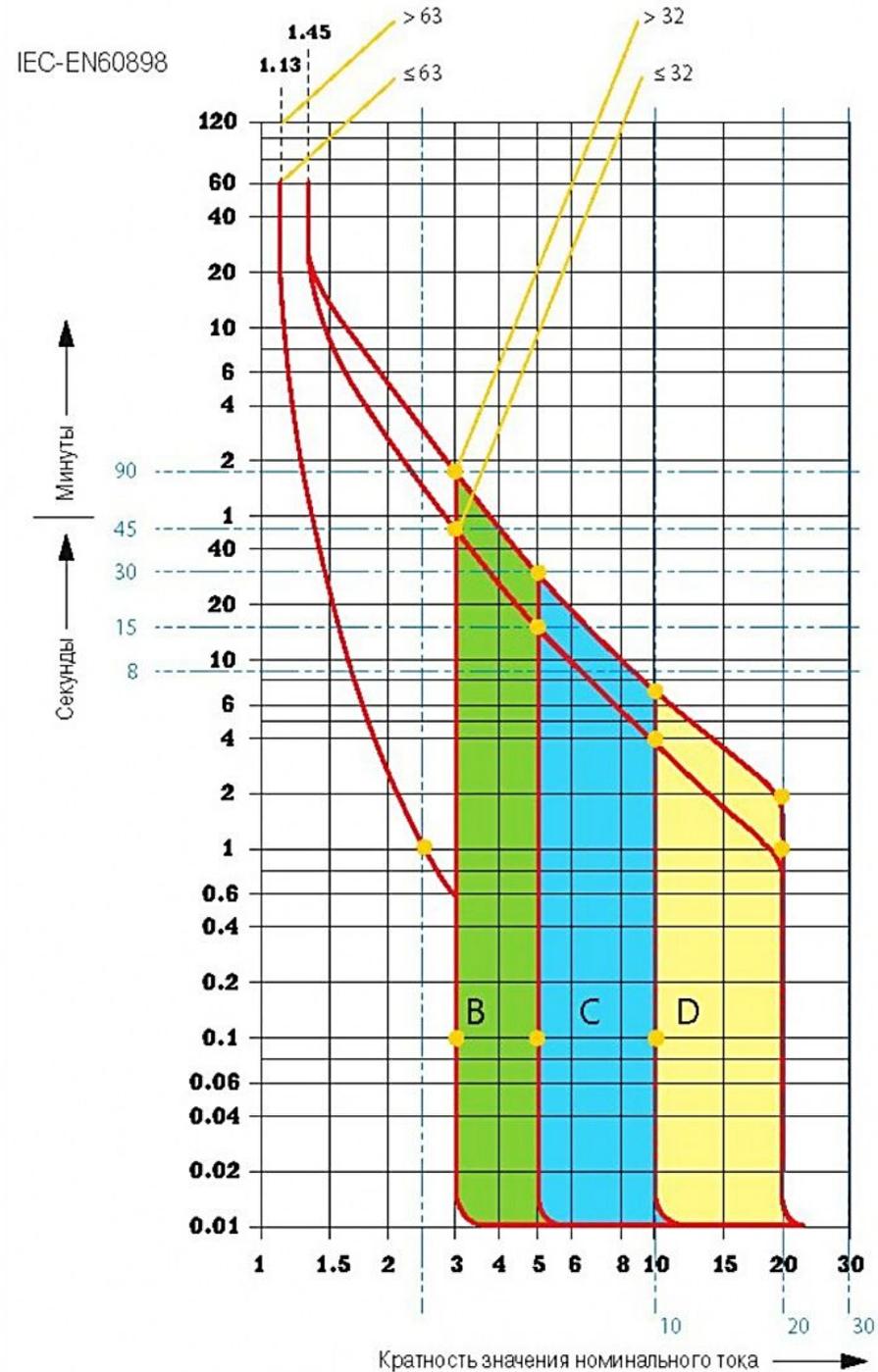
$U_{ном}$ - номинальное фазное напряжение сети (В);

Z - полное сопротивление петли «фаза-ноль», равная $z = \sqrt{R^2 + (X_c + X_L)^2}$ (Ом)



ИЗМЕРЕНИЕ ПЕТЛИ «ФАЗА – НОЛЬ»

Расчётное значение тока
короткого замыкания следует
сравнить с ВТХ



ИЗМЕРЕНИЕ ПЕТЛИ «ФАЗА – НОЛЬ»

Активная нагрузка трёхфазной сети (220/380 В) = 40 кВт

Длина ЛЭП (провод марки А-35, ПДДТН = 170 А) = 1100 м

Автоматический выключатель – С80

Результат замера (расчёта) тока короткого замыкания петли «фаза – ноль» для самой дальней точки ЛЭП составил, например – 500 А

Согласно требованиям п.28,4 ПТЭЭП ток однофазного короткого замыкания не должен быть менее, чем $80 \times 1,1 \times 10 = 880$ А

500 А < 880 А – УСЛОВИЕ НЕ ВЫПОЛНЯЕТСЯ

28. Электроустановки, аппараты, вторичные цепи, нормы испытаний которых не определены в разделах 2 - 27, и электропроводки и напряжения до 1000 В. К, Т, М - производятся в сроки	Наименование испытания	Вид испытания	Нормы испытания	Указания
	28.4. Проверка срабатывания защиты при системе питания с заземленной нейтралью (TN-C, TN-C-S, TN-S)	К, Т, М	При замыкании на нулевой защитный проводник ток однофазного короткого замыкания должен составлять не менее: трехкратного значения номинального тока плавкой вставки предохранителя; трехкратного значения номинального тока нерегулируемого расцепителя автоматического выключателя с обратной зависимостью от тока характеристикой; трехкратного значения уставки по току срабатывания регулируемого расцепителя автоматического выключателя	Проверяется непосредственным измерением тока однофазного короткого замыкания с помощью специальных приборов или измерением полного сопротивления петли фаза-ноль с последующим определением тока короткого замыкания. У электроустановок, присоединенных к одному щитку и находящихся в пределах одного помещения, допускается производить измерения только на одной, самой удаленной от точки питания установке. У светильников наружного освещения проверяется срабатывание защиты только на самых дальних светильниках каждой линии.

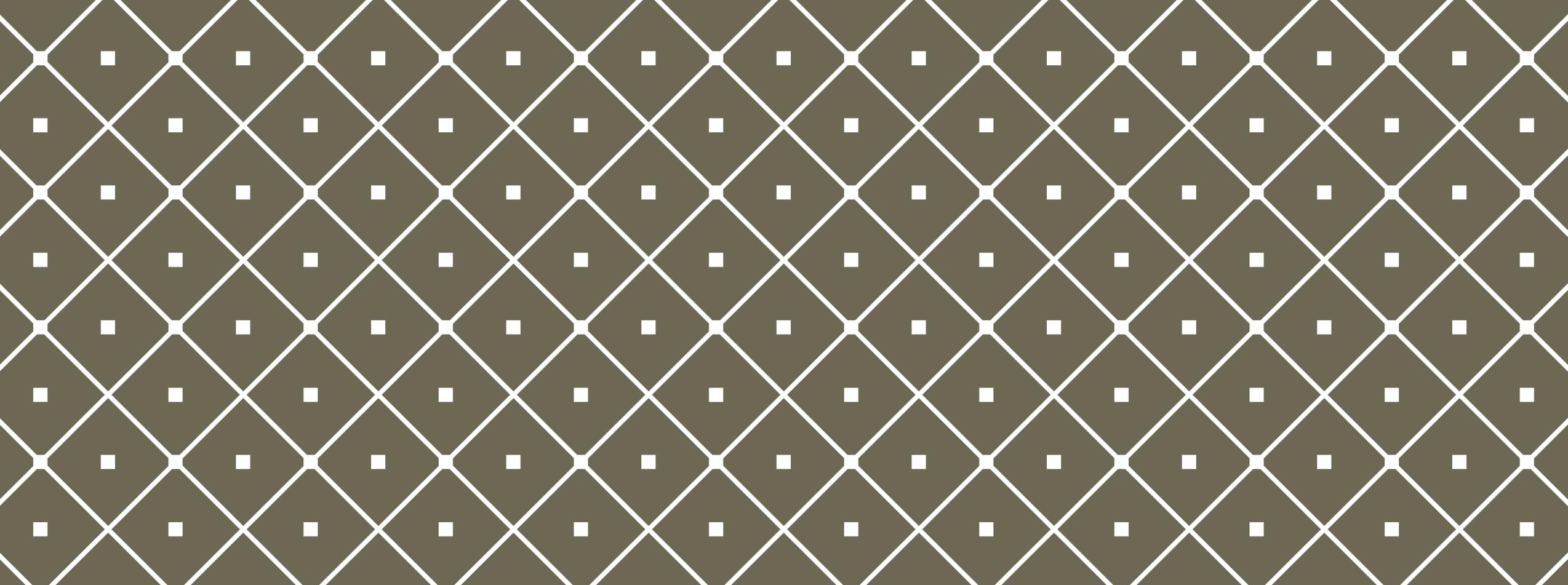
ИЗМЕРЕНИЕ ПЕТЛИ «ФАЗА – НОЛЬ»

УСЛОВИЕ НЕ ВЫПОЛНЯЕТСЯ

При токе 500 А электромагнитный расцепитель автоматического выключателя С80 не срабатывает, а срабатывает тепловой расцепитель, выдержка времени которого составит несколько секунд. За это время технологическое нарушение разовьётся, что приведёт к более серьёзным повреждениям с возможным возгоранием

Наибольшее допустимое время защитного автоматического отключения для системы TN при номинальном фазном напряжении 220 В не должно превышать 0,4 секунды. В цепях, питающих распределительные, групповые, этажные и другие щиты, щитки, время отключения не должно превышать 5 секунд (ПУЭ-7 п. 1.7.79)





РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ

Расчёт электрической сети
0,4 кВ



РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ

В СЛУЧАЕ НЕВЫПОЛНЕНИЯ УСЛОВИЙ ПРОВЕРКЕ СРАБАТЫВАНИЯ ЗАЩИТ, СЛЕДУЕТ

увеличить сечение проводов ЛЭП (при увеличении сечения провода уменьшается его сопротивление, а значит и увеличится ток однофазного короткого замыкания)

установить автоматический выключатель с меньшим номинальным током 40 А (при этом снижается пропускная способность ЛЭП)

Разделить ЛЭП на участки, защищаемые автоматическими выключателями

ВЫВОДЫ

Трансформаторные подстанции (ТП) следует устанавливать в центре нагрузок

Длина ЛЭП не должна превышать 500 м

Общая длина ЛЭП, с учётом всех отпаек не должна превышать 2000 м

Для магистральных ЛЭП 0,4 кВ следует всегда применять СИП-2 3×50 + 1×54,6

АС – ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК
DC – ПОСТОЯННЫЙ ТОК

ИСПОЛЬЗОВАНО В КАЧЕСТВЕ
НАЗВАНИЯ МЕЖДУНАРОДНОЕ
ОБОЗНАЧЕНИЕ ПЕРЕМЕННОГО И
ПОСТОЯННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО
ТОКА, РАЗДЕЛЁННЫХ ЗНАКОМ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО РАЗРЯДА

Австралийская рок-группа, сформированная в Сиднее в ноябре 1973 года выходцами из Шотландии, братьями Малькольмом и Ангусом Янгами. Вместе с такими группами как Led Zeppelin, Deep Purple, Queen, Iron Maiden, Scorpions, Black Sabbath, Uriah Heep, Judas Priest и Motörhead AC/DC часто рассматриваются как пионеры хард-рока и хеви-метала





СПАСИБО
ЗА
ВНИМАНИЕ

ПАО «СУЭНКО»
филиал КЭС
640032 г. Курган, ул. Бажова, 116
2018 г.

Thank
You

Adobe Stock

ПОЛЕЗНЫЕ ССЫЛКИ

НАЦИОНАЛЬНЫЕ СТАНДАРТЫ

ГОСТ IEC 60934-2015 Выключатели автоматические для оборудования

ГОСТ Р 50345 (МЭК 60898-1 2003) Аппаратура малогабаритная электрическая. Автоматические выключатели для защиты от сверхтоков бытового и аналогичного назначения

ГОСТ 9098 Выключатели автоматические низковольтные. Общие технические условия (с изменениями №1,2,3). Межгосударственный стандарт

ГОСТ 2.755-87 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Обозначения условные графические в электрических схемах. Устройства коммутационные и контактные соединения

ГОСТ Р 54130-2010 Качество электрической энергии. Термины и определения

ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения

ГОСТ 10434-82 Соединения контактные электрические. Классификация. Общие технические требования

ИНТЕРНЕТ РЕСУРСЫ

<http://zametkielectrika.ru/>

<http://www.cntd.ru/>

<https://electrikam.com/>

<https://energetik.com.ru/>

<https://play.google.com/store/apps/details?id=org.ctvi.cucalc&hl=ru>

<http://www.electrik.org/>

<http://220forum.ru/>

<http://www.nov-electro.com/>

<http://electrik.info/>

<https://www.iek.ru/>