

Стандарты, формулы, таблицы

	Страница
Буквенное обозначение электрического оборудования	9-2
Графические условные обозначения, Европа – Северная Америка	9-14
Пример электрической схемы согласно североамериканским предписаниям	9-27
Контрольные ведомства мира	9-28
Контрольные ведомства и знаки технического контроля	9-32
Защитные мероприятия	9-34
Защита от перегрузок кабелей и проводов	9-43
Электрическое оснащение машин	9-51
Мероприятия по уменьшению риска	9-56
Мероприятия по избеганию риска	9-57
Степени защиты электрического оборудования	9-58
Североамериканская классификация вспомогательных переключателей тока	9-68
Потребительские категории контакторов	9-70
Потребительские категории силовых разъединителей	9-74
Номинальные токи двигателей	9-77
Провода	9-81
Формулы	9-90
Международная система единиц	9-94

Стандарты, формулы, таблицы

Буквенные обозначения электрического оборудования

Общие положения

«Выдержки из стандартов DIN с классификацией VDE приведены с разрешения Института стандартизации ФРГ (DIN) и Союза немецких электротехников (VDE).

Основным принципом применения стандартов является использование их редакций с самой последней датой издания, которые можно получить в издательствах VDE-VERLAG GMBH (адрес: Bismarckstr. 33, 10625 Berlin) и Beuth Verlag GmbH, (адрес: Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin).»

Обозначение согласно DIN EN 61346-2:2000-12 (IEC 61346-2:2000)

Компания Moeller приняла решения о постепенном переходе на данный стандарт.

В отличие от применявшегося ранее порядка теперь буквенные обозначения в первую очередь указывают на функцию электрического оборудования в соответствующей схеме соединений. Благодаря этому появилась относительно большая свобода при выборе буквенного обозначения.

Пример для сопротивления

- обычный ограничитель тока: R
- нагревательный резистор: E
- измерительный резистор: B

Кроме того, с целью применения стандарта в компании Moeller приняты специфические предписания, которые частично отклоняются от стандарта.

- Обозначения соединительных клемм **не** читаются справа.
- Второе буквенное обозначение для указания на цель использования данного устройства **не** указывается, например: реле времени КТ обозначается как К1.
- Силовые выключатели, которые по своей основной функции являются устройствами защиты, продолжат обозначаться буквой Q. Они нумеруются от 1 до 10, начиная с левой верхней точки.
- Контактры теперь обозначаются буквой Q и нумеруются, начиная с цифры 11 до пп. Например: K91M обозначается как Q21.
- Вспомогательные контакторы сохранили обозначение K и нумеруются от 1 до п.

Обозначение указывается на подходящем для этого месте в непосредственной близости от условного обозначения. Обозначение указывает на отношение между данным устройством в установке и различными документами (схемами соединений, спецификациями, коммутационными схемами, инструкциями). Для облегчения обслуживания обозначение также может быть полностью или частично указано прямо на устройстве или недалеко от него.

См. некоторые устройства с указанием принятых в компании Moeller старых и новых буквенных обозначений → Таблица, страница 9-3.

Стандарты, формулы, таблицы**Буквенные обозначения электрического оборудования**

Старое буквенное обозначение	Пример электрического устройства	Новое буквенное обозначение
B	Измерительные преобразователи	T
C	Конденсаторы	C
D	Блокировочные устройства	C
E	Электрофильтры	V
F	Биметаллические расцепители	F
F	Реле давления	B
F	Предохранители (слаботочный, высоковольтный, сигнальный предохранитель)	F
G	Преобразователи частоты	T
G	Генераторы	G
G	Плавные пускатели	T
G	ИБП	G
-H	Лампы	E
-H	Оптические и акустические приборы сигнализации	P
-H	Сигнальная лампа	P
-K	Вспомогательные реле	-K
-K	Вспомогательный контактор	-K
-K	Полупроводниковый защитный автомат	T
-K	Силовой контактор	Q
-K	Реле времени	-K
L	Дроссельные катушки	R
N	Разделительный усилитель, инверсный усилитель	T
Q	Силовой разъединитель	Q
Q	Силовой выключатель для защиты	Q
Q	Автомат защиты цепи двигателя	Q

Стандарты, формулы, таблицы**Буквенные обозначения электрического оборудования**

Старое буквенное обозначение	Пример электрического устройства	Новое буквенное обозначение
Q	Переключатель со звезды на треугольник	Q
Q	Разъединитель	Q
R	Регулируемое сопротивление	R
R	Измерительный резистор	B
R	Нагревательный резистор	E
S	Приборы управления	S
S	Кнопочный выключатель	S
S	Предельный выключатель	B
T	Трансформатор напряжения	T
T	Трансформатор тока	T
T	Трансформаторы	T
U	Преобразователь частоты	T
V	Диоды	R
V	Выпрямитель	T
V	Транзисторы	-K
Z	Фильтры электромагнитной совместимости	-K
Z	Помехоподавляющие и искрогасительные устройства	F

Стандарты, формулы, таблицы

Буквенные обозначения электрического оборудования

Обозначение устройств в США и Канаде согласно стандартам NEMA ICS 1-2001, ICS 1.1-1984, ICS 1.3-1986

Для различения устройств с похожими функциями дополнительно к буквенным обозначениям устройств, указанным в таблице ниже, могут добавляться три цифры или буквы. При использовании двух или более буквенных обозначений на первое место обычно ставится буквенное обозначение, указывающее на функцию устройства.

Пример:

Вспомогательный контактор, запускающий функцию толчка, обозначается «1 JCR». Здесь:

1 = номер

J = Jog (толчок) – функция устройства

CR = Control relay (вспомогательный контактор) – вид устройства

Стандарты, формулы, таблицы**Буквенные обозначения электрического оборудования**

Буквенные обозначения устройств или функций согласно стандартам NEMA ICS 1-2001, ICS 1.1-1984, ICS 1.3-1986

Буквенное обозначение	Device or Function	Устройство или функция
A	Accelerating	Ускорение
AM	Ammeter	Амперметр
B	Braking	Торможение
C или CAP	Capacitor, capacitance	Конденсатор, емкость
CB	Circuit-breaker	Силовой выключатель
CR	Control relay	Вспомогательный контактор, управляющий контактор
CT	Current transformer	Трансформатор тока
DM	Demand meter	Счетчик расхода
D	Diode	Диод
DS или DISC	Disconnect switch	Разъединитель
DB	Dynamic braking	Динамическое торможение
FA	Field accelerating	Ускорение возбуждения
FC	Field contactor	Контактор возбуждения
FD	Field decelerating	Уменьшение возбуждения (запаздывание)
FL	Field-loss	Потеря возбуждения
F или FWD	Forward	Вперед
FM	Frequency meter	Частотомер
FU	Fuse	(Плавкий) предохранитель
GP	Ground protective	Защитное заземление
-H	Hoist	Подъем
J	Jog	Толчок
LS	Limit switch	Предельный выключатель, концевой выключатель
L	Lower	Уменьшитель, уменьшающий
M	Main contactor	Главный контактор
MCR	Master control relay	Главный контактор управления
MS	Master switch	Общий выключатель

Стандарты, формулы, таблицы**Буквенные обозначения электрического оборудования**

Буквенное обозначение	Device or Function	Устройство или функция
OC	Overcurrent	Ток перегрузки
OL	Overload	Перегрузка
P	Plugging, potentiometer	Потенциометр или штекерный разъем
PFM	Power factor meter	Измеритель коэффициента мощности
PB	Pushbutton	Кнопочный выключатель
PS	Pressure switch	Реле давления, кнопочный выключатель
REC	Rectifier	Выпрямитель
R или RES	Resistor, resistance	Сопротивление, резистор
REV	Reverse	Реверс
RH	Rheostat	Переменный резистор, реостат
SS	Selector switch	Многопозиционный переключатель
SCR	Silicon controlled rectifier	Тиристор
SV	Solenoid valve	Электромагнитный вентиль
SC	Squirrel cage	Короткозамкнутый ротор
S	Starting contactor	Пусковой контактор
SU	Suppressor	Блокирующее устройство, подавитель
TACH	Tachometer generator	Тахогенератор
TB	Terminal block, board	Клеммный блок, клеммная колодка
TR	Time-delay relay	Реле времени
Q	Transistor	Транзистор
UV	Undervoltage	Пониженное напряжение
VM	Voltmeter	Вольтметр
WHM	Wathhour meter	Счетчик электроэнергии
WM	Wattmeter	Ваттметр
X	Reactor, reactance	Дроссельная катушка, реактивное сопротивление

Стандарты, формулы, таблицы

Буквенные обозначения электрического оборудования

В качестве альтернативы обозначения устройств с помощью буквенных обозначений (device designation) согласно NEMA ICS 1-2001, ICS 1.1-1984, ICS 1.3-1986 допускается обозначение по классам устройств (class designation). Обозначение с помощью «class designation»

должно облегчить гармонизацию с международными стандартами. Используемые в данном случае буквенные обозначения частично близки обозначениям по стандарту IEC 61346-1 (1996-03).

Буквенные обозначения классов устройств согласно стандарту NEMA ICS 19-2002

Буквенное обозначение	Устройство или функция	Перевод
A	Separate Assembly	Отдельная установка
B	Induction Machine, Squirrel Cage Induction Motor Synchro, General • Control transformer • Control transmitter • Control Receiver • Differential Receiver • Differential Transmitter • Receiver • Torque Receiver • Torque Transmitter Synchronous Motor Wound-Rotor Induction Motor or Induction Frequency Convertor	Асинхронная машина, короткозамкнутый ротор Асинхронный электродвигатель Индикаторный сельсин, общее обозначение • Регулировочный трансформатор • Датчик управления • Приемник управления • Дифференциальный приёмник • Дифференциальный датчик • Приемник • Приемник момента вращения • Датчик момента вращения Синхронный электродвигатель Асинхронный электродвигатель с фазным ротором или индукционным преобразователем частоты
BT	Battery	Батарея
C	Capacitor • Capacitor, General • Polarized Capacitor Shielded Capacitor	Конденсатор • Конденсатор, общее обозначение • Поляризованный конденсатор Экранированный конденсатор
CB	Circuit-Breaker (all)	Силовой выключатель (все)

Стандарты, формулы, таблицы**Буквенные обозначения электрического оборудования**

Буквенное обозначение	Устройство или функция	Перевод
D, CR	Diode <ul style="list-style-type: none"> • Bidirectional Breakdown Diode • Full Wave Bridge Rectifier • Metallic Rectifier • Semiconductor Photosensitive Cell • Semiconductor Rectifier • Tunnel Diode • Unidirectional Breakdown Diode 	Диод <ul style="list-style-type: none"> • Диод с двухсторонним ограничением • Двухполупериодный выпрямитель • Сухой выпрямитель • Полупроводниковый фотоэлемент • Полупроводниковый выпрямитель • Туннельный диод • Диод с односторонним ограничением
D, VR	Zener Diode	Полупроводниковый стабилитрон
DS	Annunciator Light Emitting Diode Lamp <ul style="list-style-type: none"> • Fluorescent Lamp • Incandescent Lamp • Indicating Lamp 	Сигнализатор Светодиод Лампа <ul style="list-style-type: none"> • Люминесцентная лампа • Лампа накаливания • Световой известитель
E	Armature (Commutator and Brushes) Lightning Arrester Contact <ul style="list-style-type: none"> • Electrical Contact • Fixed Contact • Momentary Contact Core <ul style="list-style-type: none"> • Magnetic Core Horn Gap Permanent Magnet Terminal Not Connected Conductor	Якорь (коллектор и щетки) Грозозащитный разрядник Контакт, контактный элемент <ul style="list-style-type: none"> • Электроконтакт • Фиксированный контактный элемент • Импульсный контакт Жила, сердечник <ul style="list-style-type: none"> • Магнитный сердечник Зазор между контактами Постоянный магнит Клемма Неподключенный проводник

Стандарты, формулы, таблицы**Буквенные обозначения электрического оборудования**

Буквенное обозначение	Устройство или функция	Перевод
F	Fuse	Предохранитель
G	Rotary Amplifier (all) A.C. Generator Induction Machine, Squirrel Cage Induction Generator	Электромашинный усилитель (все) Генератор переменного тока Асинхронная машина, короткозамкнутый ротор Асинхронный генератор
HR	Thermal Element Actuating Device	Биметаллический выключатель
J	Female Disconnecting Device Female Receptacle	Отключающее гнездо Гнездо, штепсельная розетка
-K	Contactora, Relay	Контактор, вспомогательный контактор
L	Coil • Blowout Coil • Brake Coil • Operating Coil Field • Commutating Field • Compensating Field • Generator or Motor Field • Separately Excited Field • Series Field • Shunt Field Inductor Saturable Core Reactor Winding, General	Катушка • Дугогасящая катушка • Катушка торможения • Катушка возбуждения Поле • Коммутирующее поле • Компенсирующее поле • Поле генератора или двигателя • Поле независимого возбуждения • Поле последовательной обмотки • Поле параллельной обмотки Индуктор Дроссель насыщения Виток, общее обозначение
LS	Audible Signal Device • Bell • Buzzer • Horn	Акустический сигнализатор • Колокол • Зуммер • Сирена
M	Meter, Instrument	Измерительный инструмент

Стандарты, формулы, таблицы**Буквенные обозначения электрического оборудования**

Буквенное обозначение	Устройство или функция	Перевод
P	<ul style="list-style-type: none"> • Male Disconnecting Device • Male Receptable 	<ul style="list-style-type: none"> • Отключающий штекер • Штекер
Q	Thyristor <ul style="list-style-type: none"> • NPN Transistor • PNP Transistor 	Тиристор <ul style="list-style-type: none"> • Транзистор NPN • Транзистор PNP
R	Resistor <ul style="list-style-type: none"> • Adjustable Resistor • Heating Resistor • Tapped Resistor • Rheostat Shunt <ul style="list-style-type: none"> • Instrumental Shunt <ul style="list-style-type: none"> • Relay Shunt 	Сопротивление <ul style="list-style-type: none"> • Регулируемое сопротивление • Нагревательный резистор • Сопротивление с отводами • Переменный резистор Шунт <ul style="list-style-type: none"> • Шунтовой реостат для измерительных приборов • Шунтовой реостат для реле
S	Contact <ul style="list-style-type: none"> • Time Closing Contact • Time Opening Contact • Time Sequence Contact <ul style="list-style-type: none"> • Transfer Contact • Basic Contact Assembly • Flasher 	Контакт, контактный элемент <ul style="list-style-type: none"> • Контакт с задержкой включения • Контакт с задержкой выключения • Контакт с временной последовательностью • Переключающий контакт • Контактная группа • Мигающий сигнал

Стандарты, формулы, таблицы**Буквенные обозначения электрического оборудования**

Буквенное обозначение	Устройство или функция	Перевод
S	Switch <ul style="list-style-type: none"> • Combination Locking and Nonlocking Switch • Disconnect Switch • Double Throw Switch • Drum Switch • Flow-Actuated Switch • Foot Operated Switch • Key-Type Switch • Knife Switch • Limit Switch • Liquid-Level Actuated Switch • Locking Switch • Master Switch • Mushroom Head Operated Switch • Pressure or Vacuum Operated Switch • Pushbutton Switch • Pushbutton Illuminated Switch, Rotary Switch • Selector Switch • Single-Throw Switch • Speed Switch • Stepping Switch • Temperature-Actuated Switch • Time Delay Switch • Toggle Switch • Transfer Switch • Wobble Stick Switch Термостат	Выключатель <ul style="list-style-type: none"> • Комбинация выключателей, с блокировкой и без блокировки • Разъединитель • Двухрычажной выключатель • Барабанный переключатель • Выключатель, срабатывающий под воздействием потока • Педальный выключатель • Замок-выключатель • Рубильник • Предельный выключатель • Поплавковый выключатель • Блокирующий выключатель • Общий выключатель • Грибовидный выключатель/грибовидный кнопочный выключатель • Реле давления/вакуумное реле • Кнопочный выключатель • Нажимной выключатель с подсветкой • Поворотный выключатель, кулачковый выключатель • Многопозиционный переключатель • Однорычажный выключатель • Переключатель числа полюсов • Ступенчатый выключатель • Реле температуры • Выключатель с выдержкой времени • Перекидной выключатель • Переключатель • Рычажный переключатель Термостат

Стандарты, формулы, таблицы**Буквенные обозначения электрического оборудования**

Буквенное обозначение	Устройство или функция	Перевод
T	Transformer <ul style="list-style-type: none"> • Current Transformer • Transformer, General • Polyphase Transformer • Potential Transformer 	Трансформатор <ul style="list-style-type: none"> • Трансформатор тока • Преобразователь, общее обозначение • Многофазный трансформатор • Трансформатор напряжения
TB	Terminal Board	Клеммная панель
TC	Thermocouple	Термоэлемент
U	Inseparable Assembly	Фиксированная установка, фиксированное соединение
V	Pentode, Equipotential Cathode Phototube, Single Unit, Vacuum Type Triode Tube, Mercury Pool	Пентод, эквипотенциальный катод Фотоэлемент, неразъемный, Вакуумный тип Триод Радиолампа, ртутный катод
W	Conductor <ul style="list-style-type: none"> • Associated • Multiconductor • Shielded Conductor, General	Провод, кабель <ul style="list-style-type: none"> • Стандартный кабель • Многожильный • Экранированный Провод, общее обозначение
X	Tube Socket	Цоколь лампы

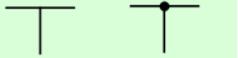
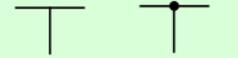
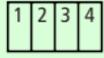
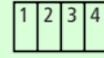
Стандарты, формулы, таблицы

Условные обозначения, Европа – Северная Америка

Условное обозначение согласно стандартам DIN EN, NEMA ICS

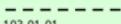
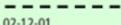
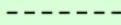
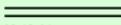
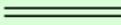
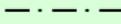
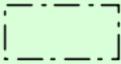
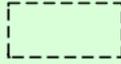
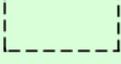
Представленная ниже сравнительная таблица условных графических обозначений основана на следующих национальных/международных предписаниях:

- от DIN EN 60617-2 до DIN EN 6017-12
- NEMA ICS 19-2002

Обозначение	DIN EN	NEMA ICS
Проводники, соединительные элементы		
Ответвление проводников	 03-02-04 или 03-02-05	 или
Соединение проводников	 03-02-01	
Подключение (например, клемма)	 03-02-02	
Клеммная панель	 03-02-03	
Проводник	 03-01-01	

Стандарты, формулы, таблицы

Условные обозначения, Европа – Северная Америка

Обозначение	DIN EN	NEMA ICS
Проводник, планируемый	 103-01-01	
Активное соединение, общее обозначение	 02-12-01	
Эффективное соединение, по выбору на небольшом расстоянии	 02-12-04	
Ограничительная линия, разделительная линия, например, между двумя панелями	 02-01-06	
Ограничительная линия, например, для отграничения коммутационных частей	 02-01-06	
Экранирование	 02-01-07	
Заземление, общее обозначение	 02-15-01	 GRD
Защитное заземление	 02-15-03	
Гнездо и штекер, штекерный разъем	 03-03-05	
	или  03-03-06	
Разрыв, пластина, замкнуто	 03-03-18	

Стандарты, формулы, таблицы

Условные обозначения, Европа – Северная Америка

Обозначение	DIN EN	NEMA ICS
Пассивные конструктивные элементы		
Сопротивление, общее обозначение	 или  04-01-02 04-01-02	 или 
Сопротивление с фиксированными выводами	 04-01-09	 или 
Сопротивление, изменяемое, общее обозначение	 04-01-03	
Сопротивление, регулируемое		
Сопротивление со скользящим контактом, потенциометр	 04-01-07	
Обмотка, индуктивность, общее обозначение	 или  04-03-01 04-03-02	
Обмотка с фиксированными отводами	 04-03-06	
Конденсатор, общее обозначение	 или  04-02-01 04-02-02	 или 
Конденсатор с отводами	 104-02-01	

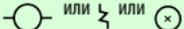
Стандарты, формулы, таблицы

Условные обозначения, Европа – Северная Америка

Обозначение	DIN EN	NEMA ICS
Приборы сигнализации		
Оптический сигнальный прибор, общее обозначение		 *с цветовой индикацией
Световой известитель, общее обозначение	 08-10-01	 или  или  *с цветовой индикацией
Зуммер	 или  08-10-11 08-10-10	 ABU
Сирена, звуковая сигнализация	 08-10-05	 HN
Приводы		
Ручной привод, общее обозначение	 --- 02-13-01	 ---
Срабатывание при нажатии	 --- 02-13-05	 ---
Срабатывание при вытягивании	 --- 02-13-03	 ---
Срабатывание при вращении	 --- 02-13-04	
Срабатывание с помощью ключа	 --- 02-13-13	
Срабатывание с помощью ролика, щупа	 --- 02-13-15	

Стандарты, формулы, таблицы

Условные обозначения, Европа – Северная Америка

Обозначение	DIN EN	NEMA ICS
Силовой привод, общее обозначение	 02-13-20	
Выключающее устройство с механическим деблокированием	 102-05-04	
Срабатывание с помощью двигателя	 02-13-26	
Аварийный выключатель	 02-13-08	
Срабатывание с помощью электромагнитной защиты от тока перегрузки	 02-13-24	
Срабатывание с помощью термической защиты от тока перегрузки	 02-13-25	
Срабатывание с помощью электромагнитного привода	 02-13-23	
Срабатывание от уровня жидкости	 02-14-01	
Приводы, электромеханические, электромагнитные		
Электромеханический привод, общее обозначение, катушка реле, общее обозначение	 07-15-01	 × буквенное обозначение устройства
Привод с особыми характеристиками, общее обозначение		

Стандарты, формулы, таблицы

Условные обозначения, Европа – Северная Америка

Обозначение	DIN EN	NEMA ICS
Электромеханический привод с замедлением срабатывания	 07-15-08	
Электромеханический привод с задержкой отпадания	 07-15-07	
Электромеханический привод с задержкой срабатывания и отпадания	 07-15-09	
Электромеханический привод термореле	 07-15-21	

Коммутирующие элементы

Замыкающий контакт	 или  07-02-01 07-02-02	 или 
Размыкающий контакт	 07-02-03	 или 
Переключающий контакт с прерыванием	 07-02-04	 или 
Опережающий замыкающий контакт контактной группы	 07-04-01	 TC, TDC, EM
Запаздывающий размыкающий контакт контактной группы	 07-04-03	 TO, TDO, LB
Замыкающий контакт, замыкание с запаздыванием при срабатывании	 или  07-05-02 07-05-01	 T.C.
Размыкающий контакт, замыкание с задержкой при отпадении	 или  07-05-03 07-05-04	 T.O.

Стандарты, формулы, таблицы

Условные обозначения, Европа – Северная Америка

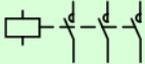
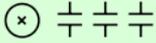
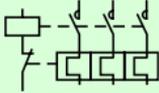
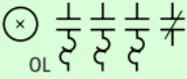
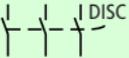
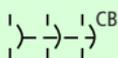
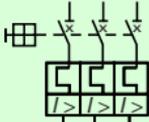
Обозначение	DIN EN	NEMA ICS
Приборы управления		
Кнопочный выключатель (без фиксации)	 E -  07-07-02	 PB
Кнопочный выключатель с размыкающим контактом, ручное управление нажатием, например, микропереключатель	 E - 	 PB
Кнопочный выключатель с замыкающим и размыкающим контактом, ручное управление нажатием	 E 	 PB
Кнопочный выключатель фиксацией и одним замыкающим контактом, ручное управление нажатием	 E 	 PB
Кнопочный выключатель фиксацией и одним размыкающим контактом, ручное управление ударом (например, грибовидный кнопочный выключатель)	 E 	
Предельный выключатель (замыкающий контакт) Концевой выключатель (замыкающий контакт)	 07-08-01	 LS
Предельный выключатель (размыкающий контакт) Концевой выключатель (размыкающий контакт)	 07-08-02	 LS
Кнопочный выключатель с замыкающим контактом, механическое срабатывание, замыкающий контакт замкнут		 LS

Стандарты, формулы, таблицы

Условные обозначения, Европа – Северная Америка

Обозначение	DIN EN	NEMA ICS
Кнопочный выключатель с размыкающим контактом, механическое срабатывание, размыкающий контакт разомкнут		
Датчик движения (размыкающий контакт), срабатывает при приближении железа	Fe 07-20-04	
Датчик движения, индуктивный, размыкание	Fe	
Реагирующее на движение устройство, блочное обозначение	 07-19-02	
Реле минимальной активной мощности, реле давления, замыкающее	 07-17-03	
Реле давления, размыкающее		
Поплавковый выключатель, замыкающий		
Поплавковый выключатель, размыкающий		

Стандарты, формулы, таблицы**Условные обозначения, Европа – Северная Америка**

Обозначение	DIN EN	NEMA ICS
Коммутационные приборы		
Контактор (закрывающий контакт)	 07-13-02	 × буквенное обозначение
3-полюсный контактор с тремя электротермическими расцепителями тока перегрузки	 07-13-06	 × буквенное обозначение
3-полюсный разъединитель	 07-13-06	 DISC
3-полюсный силовой выключатель	 07-13-05	 CB
3-полюсный выключатель с замком, с тремя электротермическими расцепителями тока перегрузки, тремя электромагнитными расцепителями тока перегрузки, автоматом защиты цепи двигателя	 107-05-01	
Предохранитель, общее обозначение	 07-21-01	 или FU или
Трансформаторы, трансформаторы тока		
Трансформаторы с двумя обмотками	 06-09-02	 или
	 06-09-01	

Стандарты, формулы, таблицы

Условные обозначения, Европа – Северная Америка

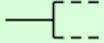
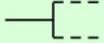
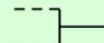
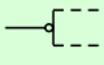
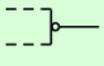
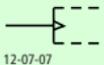
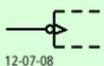
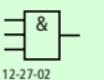
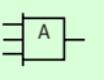
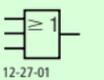
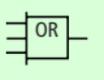
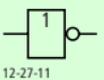
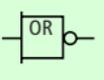
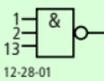
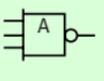
Обозначение	DIN EN	NEMA ICS
Автотрансформатор	 или 	 или 
Трансформатор тока	 или 	

Машины

Генератор	 06-04-01	 или 
Двигатель, общее обозначение	 06-04-01	 или 
Электродвигатель постоянного тока, общее обозначение	 06-04-01	
Электродвигатель переменного тока, общее обозначение	 06-04-01	
Асинхронный трехфазный электродвигатель с короткозамкнутым ротором	 06-08-01	
Асинхронный трехфазный электродвигатель с фазным ротором	 06-08-03	

Стандарты, формулы, таблицы

Условные обозначения, Европа – Северная Америка

Обозначение	DIN EN	NEMA ICS
Полупроводниковые элементы		
Статический вход		
Статический выход		
Отрицание, представлено на входе		
Отрицание, представлено на выходе		
Динамический вход, изменение состояния с 0 на 1 (L/H)		
Динамический вход с отрицанием, изменение состояния с 1 на 0 (H/L)		
Элемент «И», общее обозначение		
Элемент «ИЛИ», общее обозначение		
Элемент «НЕ», инвертер		
«И» с отрицаемым выходом, «НЕ-И»		

Стандарты, формулы, таблицы

Условные обозначения, Европа – Северная Америка

Обозначение	DIN EN	NEMA ICS
«ИЛИ» с отрицаемым выходом, «НЕ-ИЛИ»	 12-28-02	
Элемент «исключающее ИЛИ», общее обозначение	 12-27-09	
RS-триггер	 12-42-01	
Моностабильный элемент, не запускается во время выходного импульса, общее обозначение	 12-44-02	
Задержка, переменное обозначение с указанием значений задержки	 02-08-05	
Полупроводниковый диод, общее обозначение	 05-03-01	
Диод для работы в пробое, полупроводниковый стабилитрон	 05-03-06	
Светодиод, общее обозначение	 05-03-02	
Диод с двухсторонним ограничением, диак	 05-03-09	
Тиристор, общее обозначение	 05-04-04	

Стандарты, формулы, таблицы

Условные обозначения, Европа – Северная Америка

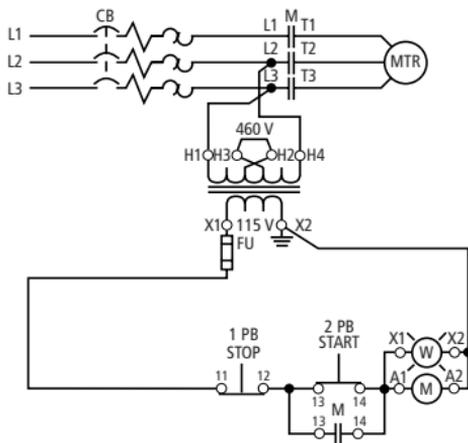
Обозначение	DIN EN	NEMA ICS
Транзистор PNP	 05-05-01	(A)  (K) или (E)  (C) (B)
Транзистор NPN, коллектор соединен с корпусом	 05-05-02	(K)  (A) или (E)  (C) (B)

Стандарты, формулы, таблицы

Пример электрической схемы согласно североамериканским предписаниям

Прямой пускатель двигателя

Без предохранителей, с силовым выключателем



Стандарты, формулы, таблицы

Контрольные ведомства мира

Сокращение	Полное название	Страна
ABS	American Bureau of Shipping Судовое классификационное общество	США
AEI	Assoziazione Elettrotecnica ed Elettronica Italiana Итальянская ассоциация электротехнической промышленности	Италия
AENOR	Asociación Española de Normalización y Certificación Испанская ассоциация стандартизации и сертификации	Испания
ALPHA	Gesellschaft zur Prüfung und Zertifizierung von Niederspannungsgeräten, Deutsche Prüfstellenvereinigung Общество по проверки и сертификации низковольтных агрегатов Немецкая ассоциация контрольных ведомств	Германия
ANSI	American National Standards Institute Национальный институт стандартизации США	США
AS	Australian Standard Австралийский стандарт	Австралия
ASA	American Standards Association Американская ассоциация по стандартам	США
ASTA	Association of Short-Circuit Testing Authorities Ассоциация ведомств, проводящих испытания по токам короткого замыкания, Ассоциация контрольных ведомств	Великобритания
BS	British Standard Стандарт Великобритании	Великобритания
BV	Bureau Veritas , Французское судовое классификационное общество	Франция
CEBEC	Comité Electrotechnique Belge Электротехнический комитет Бельгии	Бельгия
CEC	Canadian Electrical Code Канадские электротехнические правила и нормы	Канада
CEI	Comitato Elettrotecnico Italiano Электротехнический комитет Италии	Италия
CEI	Commission Electrotechnique Internationale Международная электротехническая комиссия	Швейцария
CEMA	Canadian Electrical Manufacturers' Association Ассоциация канадской электротехнической промышленности	Канада
CEN	Comité Européen de Normalisation Европейский комитет стандартизации	Европа

Стандарты, формулы, таблицы**Контрольные ведомства мира**

Сокращение	Полное название	Страна
CENELEC	Comité Européen de coordination de Normalisation Électrotechnique Европейский комитет стандартизации электротехники	Европа
CSA	Canadian Standards Association Канадская ассоциация по стандартизации	Канада
DEMKO	Danmarks Elektriske Materielkontrol Датское контрольное ведомство по электротехническим материалам	Дания
DIN	Deutsches Institut für Normung Институт стандартизации ФРГ	Германия
DNA	Deutscher Normenausschuss Комитет промышленных норм и стандартов ФРГ	Германия
DNV	Det Norske Veritas Судовое классификационное общество	Норвегия
EN	Европейский стандарт	Европа
ECQAC	Electronic Components Quality Assurance Committee Комитет по вопросам обеспечения качества электронных компонентов	Европа
ELOT	Hellenic Organization for Standardization Греческая организация стандартизации	Греция
EOTC	European Organization for Testing and Certification Европейская организация тестирования и сертификации	Европа
ETCI	Electrotechnical Council of Ireland Электротехнический комитет Ирландии	Ирландия
GL	Germanischer Lloyd Немецкое судовое классификационное общество	Германия
HD	Документ о гармонизации	Европа
IEC	International Electrotechnical Commission Международная электротехническая комиссия	–
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers Институт инженеров по электротехнике и радиоэлектронике	США
IPQ	Instituto Português da Qualidade Португальский институт качества	Португалия
ISO	International Organization for Standardization Международная организация по стандартизации	–
JEM	Japanese Electrical Manufacturers Association Национальная ассоциация производителей электротехнической промышленности	Япония

Стандарты, формулы, таблицы

Контрольные ведомства мира

Сокращение	Полное название	Страна
JIC	Joint Industry Conference Объединенная отраслевая конференция	США
JIS	Japanese Industrial Standard Японский промышленный стандарт	Япония
KEMA	Keuring van Elektrotechnische Materialen Контрольное ведомство по электротехническим материалам	Нидерланды
LOVAG	Low Voltage Agreement Group	—
LRS	Lloyd's Register of Shipping Регистр Ллойда, судовое классификационное общество	Великобритания
MITI	Ministry of International Trade and Industry Министерство внешней торговли и промышленности	Япония
NBN	Norme Belge Бельгийский стандарт	Бельгия
NEC	National Electrical Code Национальный свод законов и стандартов по электротехнике	США
NEMA	National Electrical Manufacturers Association Национальная ассоциация производителей электротехнической промышленности	США
NEMKO	Norges Elektriske Materiekkontroll Норвежское контрольное ведомство по электротехническим материалам	Норвегия
NEN	Nederlands Norm Нидерландский стандарт	Нидерланды
NFPA	National Fire Protection Association Национальная ассоциация противопожарной защиты	США
NKK	Nippon Kaiji Kyukai Японское общество классификации	Япония
OSHA	Occupational Safety and Health Administration Управление охраны труда	США
ЦВЕ	Österreichischer Verband für Elektrotechnik Австрийская электротехническая ассоциация	Австрия
PEHLA	Prüfstelle elektrischer Hochleistungsapparate der Gesellschaft für elektrische Hochleistungsprüfungen Ведомство по контролю электрических высокоомощных аппаратов общества по испытаниям электрических высокоомощных аппаратов	Германия

Стандарты, формулы, таблицы**Контрольные ведомства мира**

Сокращение	Полное название	Страна
PRS	Polski Rejestr Statków Польское судовое классификационное общество	Польша
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt Физико-технический институт	Германия
RINA	Registro Italiano Navale Итальянское судовое классификационное общество	Италия
SAA	Standards Association of Australia Австралийская ассоциация стандартизации	Австралия
SABS	South African Bureau of Standards Южно-Африканское бюро стандартизации	ЮАР
SEE	Service de l'Energie de l'Etat Электротехническое бюро	Люксембург
SEMKO	Svenska Elektriska Materielkontrollanstalten Шведское контрольное ведомство по электротехническим материалам	Швеция
SEV	Schweizerischer Elektrotechnischer Verein Швейцарская электротехническая ассоциация	Швейцария
SFS	Suomen Standardisoimislaito r.y. Финская ассоциация стандартизации, Финский стандарт	Финляндия
STRI	The Icelandic Council for Standardization Исландский совет по стандартизации	Исландия
SUVA	Schweizerische Unfallversicherungs-Anstalt Швейцарская национальная служба страхования от несчастных случаев.	Швейцария
TbV	Technischer Überwachungsverein Союз работников технического надзора	Германия
UL	Underwriters' Laboratories Inc. Объединенные испытательные лаборатории	США
UTE	Union Technique de l'Electricité Электротехническая ассоциация	Франция
VDE	Verband der Elektrotechnik, Elektronik, Informationstechnik Союз немецких электротехников	Германия
ZVEI	Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie Центральное объединение предприятий электротехнической промышленности	Германия

Стандарты, формулы, таблицы

Контрольные ведомства и знаки технического контроля

Контрольные ведомства и знаки технического контроля в Европе и Северной Америке

Устройства компании Moeller в основном исполнении прошли все требуемые испытания, требуемые для их использования во всем мире, включая США и Канаду. Некоторые устройства, например, силовые выключатели, в основном исполнении разрешается применять во всем мире за исключением США и Канады. Для экспорта в Северную Америку эти устройства предлагаются в особых исполнениях, прошедших контроль UL и CSA.

В любом случае следует учитывать особые специфические для конкретной страны предписания по установке и производственные предписания, электроустановочные материалы и виды установки, а также особые обстоятельства, например, тяжелые климатические условия.

С января 1997 года все устройства, соответствующие европейской директиве по устройствам низкого напряжения и предназначенные для продажи в Европейском Сообществе, должны получать знак CE.

Наличие знака CE свидетельствует о том, что помеченное им устройство соответствует основным требованиям и предписаниям. Таким образом, обязанность ставить данный знак обеспечивает неограниченное применение этих устройств в европейском экономическом пространстве.

Так как снабженные знаком CE устройства соответствуют гармонизированным стандартам, для них более не требуется проведения испытаний и, таким образом, присвоения соответствующих знаков в некоторых странах (→ Таблица, страница 9-32).

Исключением является электроустановочный материал. Группы устройств, куда входят автоматы защитного отключения тока повреждения или тока утечки и линейные защитные автоматы, и далее могут маркироваться знаками в различных областях, и поэтому они снабжены соответствующими знаками о проведенных испытаниях.

Страна	Контрольное ведомство	Знак	Входит в обозначение CE
Бельгия	Comité Electrotechnique Belge Belgisch Elektrotechnisch Comité (CEBEC)		Да, за исключением электроустановочного материала
Дания	Danmarks Elektriske Materielkontrol (DEMKO)		Да
Германия	Verband Deutscher Elektrotechniker		Да, за исключением электроустановочного материала
Финляндия	FIMKO		Да
Франция	Union Technique de l'Electricité (UTE)		Да, за исключением электроустановочного материала

Стандарты, формулы, таблицы**Контрольные ведомства и знаки технического контроля**

Страна	Контрольное ведомство	Знак	Входит в обозначение CE
Канада	Canadian Standards Association (CSA)		Нет, дополнительно или отдельно требуется знак проведения контроля UL и CSA
Нидерланды	Naamloze Venootschap tot Keuring van Electrotechnische Materialen (KEMA)		Да
Норвегия	Norges Elektriske Materiellkontroll (NEMKO)		Да
Россия	Гостстандарт (ГОСТ)P		Нет
Швеция	Svenska Elektriska Materielkontrollanstalten (SEMKO)		Да
Швейцария	Schweizerischer Elektrotechnischer Verein (SEV)		Да, за исключением электроустановочного материала
Чехия	–	–	Нет, достаточно заявления производителя
Венгрия	–	–	Нет, достаточно заявления производителя
США	Underwriters Laboratories Listing Recognition		Нет, дополнительно или отдельно требуется знак проведения контроля UL и CSA

Стандарты, формулы, таблицы

Защитные мероприятия

Защита от электрического удара согласно стандартам IEC 364-4-41/VDE 0100, часть 410

В данном случае различается защита от непосредственного прикосновения, защита при непрямом прикосновении и защита как от непосредственного, так и непрямого прикосновения.

• Защита от непосредственного прикосновения

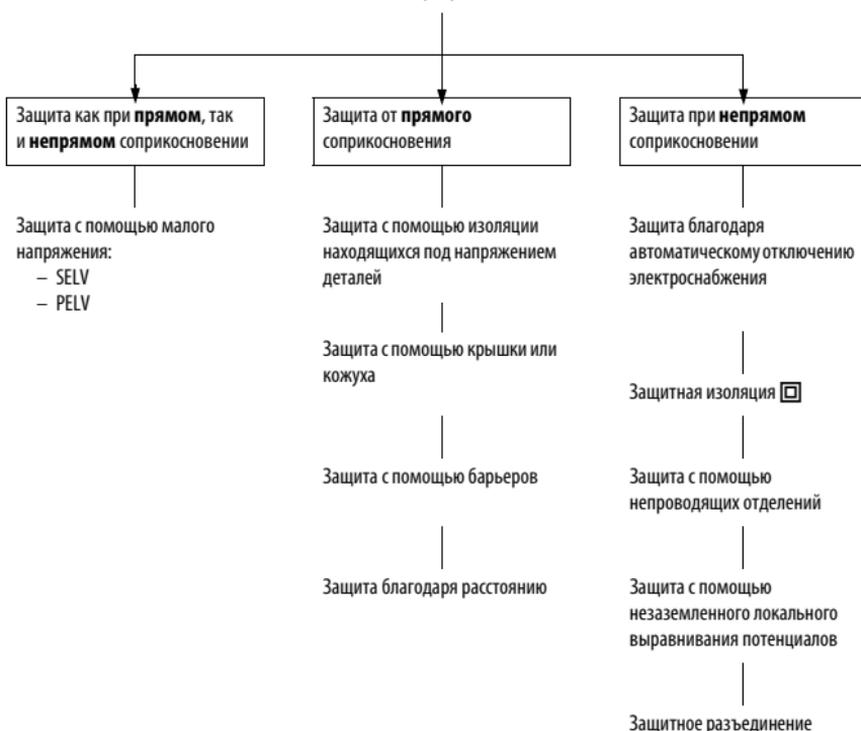
Сюда входят все меры по защите людей и сельскохозяйственных животных от опасностей, которые могут возникнуть вследствие

соприкосновения с находящимися под напряжением деталями электрического оборудования.

• Защита при непрямом прикосновении

Это защита людей и сельскохозяйственных животных от опасностей, которые могут в случае неисправности из-за соприкосновения с корпусом или иными проводящими частями.

Защитные мероприятия



Защита должна обеспечиваться а) самим производственным оборудованием или б)

применением защитных мероприятий при установке оборудования или с) комбинацией из а) и б).

Стандарты, формулы, таблицы

Защитные мероприятия

Защитные меры против непрямого соприкосновения с помощью отключения или сигнализации

Условия отключения определяются имеющимся видом системы распределения и выбранным защитным устройством.

Системы согласно стандарту IEC 364-3/VDE 0100, часть 310

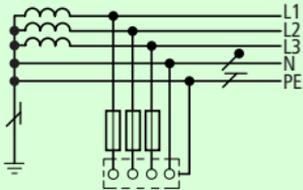
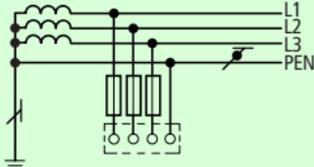
Системы по виду соединения с землей	Значение условных обозначений
<p>Система TN</p>	<p>T: Прямое заземление какой-либо точки (заземление нулевой точки)</p> <p>N: Корпус непосредственно соединен с рабочим заземлителем</p>
<p>Система TT</p>	<p>T: Прямое заземление какой-либо точки (заземление нулевой точки)</p> <p>T: Корпус непосредственно заземлен, независимо от заземления источника тока (заземление нулевой точки)</p>
<p>Система IT</p>	<p>I: Изоляция всех активных деталей от земли или соединение какой-либо точки с землей через полное сопротивление</p> <p>T: Корпус непосредственно заземлен, независимо от заземления источника тока (заземление нулевой точки)</p>

- ① Рабочий заземлитель
 ② Корпус
 ③ Полное сопротивление

Стандарты, формулы, таблицы

Защитные мероприятия

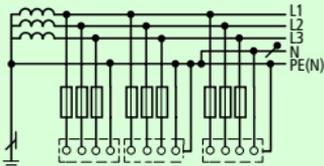
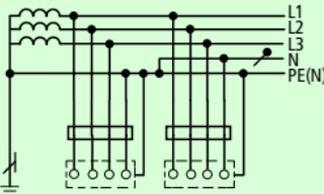
Защитное устройство и условия отключения согласно стандартам IEC 364-4-1/VDE 0100, часть 410

Вид системы распределения	Система TN		
Защита с помощью:	Принципиальная схема	Прежнее название	Условие отключения
Устройство защиты от тока перегрузки	<p>Система TN-S Раздельные нулевой и защитный провод в общей сети</p> 		$Z_s \times I_a \leq U_0$ Z_s = полное сопротивление петли неисправности I_a = ток, приводящий к отключению через: <ul style="list-style-type: none"> • ≤ 5 с • $\leq 0,2$ с В электрических цепях до 35 А со штепсельными
Предохранители Линейные защитные автоматы Силовой выключатель	<p>Система TN-C Функции нулевого и защитного провода объединены во всей сети в одном проводе, который является проводом потенциала заземления</p> 	Зануление	розетками, а также для мобильного ручного оборудования U_0 = номинальное напряжение по отношению к заземленному проводнику

Стандарты, формулы, таблицы

Защитные мероприятия

Защитное устройство и условия отключения согласно стандартам IEC 364-4-1/VDE 0100, часть 410

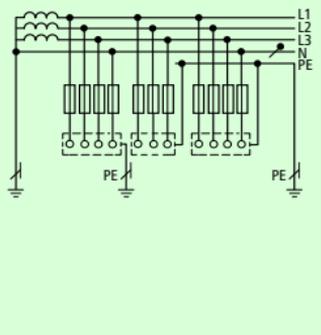
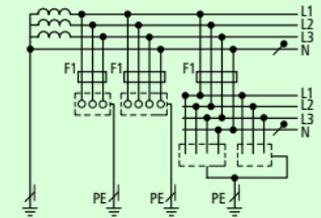
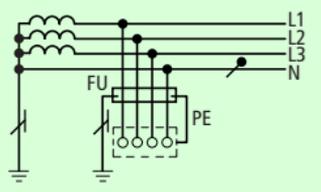
Вид системы распределения	Система TN		
Защита с помощью:	Принципиальная схема	Прежнее название	Условие отключения
Устройство защиты от тока перегрузки	<p>Система TN-C-S</p> <p>Функции нулевого и защитного провода в части сети объединены в одном проводе, который является проводом потенциала заземления</p> 		
Защитное устройство от тока повреждения		Схема защиты от тока повреждения	$Z_s \times I_{\Delta n} \leq U_0$ $I_{\Delta n}$ = номинальный ток повреждения U_0 = предельное значение допустимого напряжения прикосновения*: (≤ 50 В AC, ≤ 120 В DC)
Защитное устройство корпусного напряжения (особый случай)			
Устройство контроля целостности изоляции			

*→ Таблица, страница 9-41

Стандарты, формулы, таблицы

Защитные мероприятия

Защитное устройство и условия отключения согласно стандартам IEC 364-4-1/VDE 0100, часть 410

Вид системы распределения	Система TT		
Защита с помощью:	Принципиальная схема	Прежнее название	Условия сигнализации /отключения
Устройство защиты от тока перегрузки Предохранители Линейные защитные автоматы Силовой выключатель		Защитное заземление	$R_A \times I_a \leq U_L$ R_A = сопротивление заземления заземлителя корпуса I_a = ток, ведущий к автоматическому отключению ≤ 5 с U_L = предельное значение допустимого напряжения прикосновения*: $(\leq 50$ В AC, ≤ 120 В DC)
Защитное устройство тока повреждения		Схема защиты от тока утечки	$R_A \times I_{\Delta n} \leq U_L$ $I_{\Delta n}$ = номинальный ток утечки
Защитное устройство корпусного напряжения (особый случай)		Схема защиты от корпусного напряжения	R_A : макс. 200

* → Таблица, страница 9-41

Стандарты, формулы, таблицы

Защитные мероприятия

Защитное устройство и условия отключения согласно стандартам IEC 364-4-1/VDE 0100, часть 410

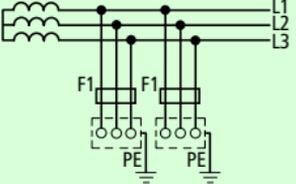
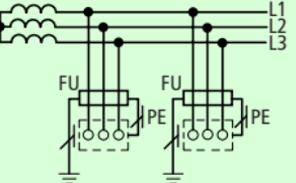
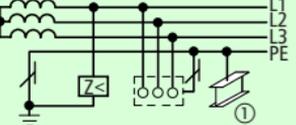
Вид системы распределения	Система TT		
Защита с помощью:	Принципиальная схема	Прежнееназвание	Условия сигнализации/отключения
Устройство контроля целостности изоляции	—		
Устройство защиты от тока перегрузки		Сведение к занулению	$R_A \times I_d \leq U_L(1)$ $Z_S \times I_d \leq U_o(2)$ R_A = сопротивление заземления всех корпусов, связанных с заземлителем I_d = ток утечки в случае первой неисправности из-за полного сопротивления между внешним проводом и защитным проводом или связанной с ним деталью U_L = предельное значение допустимого напряжения прикосновения*: ≤ 50 В AC, ≤ 120 В DC

* → Таблица, страница 9-41

Стандарты, формулы, таблицы

Защитные мероприятия

Защитное устройство и условия отключения согласно стандартам IEC 364-4-1/VDE 0100, часть 410

Вид системы распределения	Система IT		
Защита с помощью:	Принципиальная схема	Прежнее название	Условия сигнализации/отключения
Защитное устройство тока утечки		Схема защиты от тока повреждения	$R_A \times I_{\Delta n} \leq U_L$ $I_{\Delta n}$ = номинальный ток утечки
Защитное устройство корпусного напряжения (особый случай)		Схема защиты от корпусного напряжения	R_d : макс. 200
Устройство контроля целостности изоляции	 <p>① Дополнительное выравнивание потенциалов</p>	Система защитного соединения	$R \times I_a \leq U_L$ R = сопротивление между корпусами и проводящими частями, не относящимся к устройству, к которым можно прикоснуться одновременно

*→ Таблица, страница 9-41

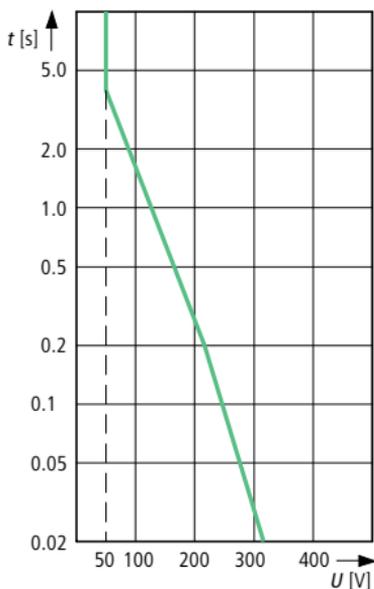
Стандарты, формулы, таблицы

Защитные мероприятия

Данное защитное устройство должно автоматически отключать соответствующую часть промышленной установки. В любой точке установки напряжение прикосновения и продолжительность воздействия не должно быть больше, чем значения, указанные в

таблице ниже. Согласно достигнутым международным договоренностям, предельное напряжение при максимальном времени отключения 5 с составляет 50 В AC или 120 В DC.

Максимальная допустимая продолжительность воздействия в зависимости от напряжения прикосновения согласно стандарту IEC 364-4-41



Соединяемое напряжение прикосновения		Макс. допустимое время отключения
AC _{eff} [В]	DC _{eff} [В]	[с]
< 50	< 120	•
50	120	5,0
75	140	1,0
90	160	0,5
110	175	0,2
150	200	0,1
220	250	0,05
280	310	0,03

Примечания

Стандарты, формулы, таблицы

Защита от перегрузок кабелей и проводов

Кабели и провода должны быть защищены от повышенного нагревания с помощью устройств защиты от тока перегрузки, нагревание может произойти из-за

эксплуатационной перегрузки или полного короткого замыкания.

Защита при перегрузке

Для защиты при перегрузке следует предусмотреть наличие защитных устройств, которые могут разъединять токи перегрузки в проводах электрической цепи, прежде чем они могут вызвать нагрев, который может повредить изоляцию провода, места подключения и соединения, а также окружающую среду проводов и кабеля.

Для защиты при перегрузке проводов необходимо выполнить следующие условия (источник: стандарт DIN VDE 0100-430)

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

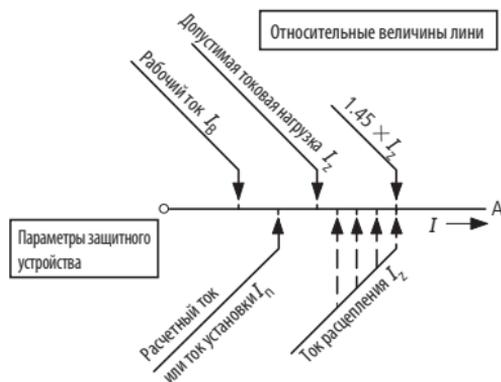
$$I_2 \leq 1,45 I_Z$$

- I_B ожидаемый рабочий ток электрической цепи
- I_Z допустимая нагрузка провода или кабеля
- I_n номинальный ток защитного устройства

Примечание:

В случае защитных устройств с возможностью настройки I_n соответствует настроенному значению.

- I_2 ток, вызывающий расщепление защитного устройства при выполнении определенных для него условий (испытательный ток большой силы).



Размещение защитных устройств для защиты от перегрузки

Защитные устройства, применяемые для защиты при перегрузке, должны устанавливаться в начале каждой электрической цепи, а также во всех тех местах, где возникает уменьшение допустимой нагрузки, если предвключенное защитное устройство не может обеспечить защиту в данном случае.

Стандарты, формулы, таблицы

Защита от перегрузок кабелей и проводов

Примечание:

Причинами уменьшения допустимой нагрузки могут быть:

уменьшение сечения провода, другой вид прокладки, другая изоляция провода, другое число проводов.

Защитные устройства, используемые для защиты от перегрузки, нельзя устанавливать, если разрыв в электрической цепи может привести к опасной

ситуации. В этом случае электрические цепи должны быть проложены таким образом, чтобы избежать перегрузок.

Примеры:

- цепей возбуждения от работающих машин
- цепи питания подъемных электромагнитов
- вторичные цепи трансформаторов тока
- электрические цепи, обеспечивающие безопасность.

Защита при коротком замыкании

Для защиты при коротком замыкании следует предусмотреть наличие защитных устройств, которые могут разъединять токи короткого замыкания в проводах электрической цепи, прежде чем они могут вызвать нагрев, который может повредить изоляцию провода, места подключения и соединения, а также окружающую среду проводов и кабеля.

В общем и целом, время отключения t при коротких замыканиях длительность до 5 с можно приблизительно определить по следующему уравнению:

$$t = \left(k \times \frac{S}{I}\right)^2 \quad \text{или} \quad I^2 \times t = k^2 \times S^2$$

Здесь:

t : допустимое время выключения в случае короткого замыкания в с

S : сечение провода в мм²

I : ток при полном коротком замыкании в А

k : постоянная со следующими значениями:

- 115 для медных проводов с изоляцией из ПВХ
- 74 для алюминиевых проводов с изоляцией из ПВХ
- 135 для медных проводов с резиновой изоляцией
- 87 для алюминиевых проводов с резиновой изоляцией
- 115 для соединений мягким припоем в медных проводах

В случае очень короткого допустимого времени выключения ($< 0,1$ с), получающийся из уравнения продукт $k^2 \times S^2$ должен быть больше, чем указанное производителем значение $I^2 \times t$ токоограничительного защитного устройства.

Примечание:

Это условие является выполненным, если имеется линейный предохранитель до 63 А номинального тока и наименьшее сечение защищаемого провода составляет мин. 1,5 мм² Cu.

Размещение защитных устройств для защиты от короткого замыкания

Защитные устройства, применяемые для защиты при коротком замыкании, должны устанавливаться в начале каждой электрической цепи, а также во всех тех местах, где возникает уменьшение допустимого тока короткого замыкания, если предвключенное защитное устройство не может обеспечить требуемую защиту от короткого замыкания.

Стандарты, формулы, таблицы

Защита от перегрузок кабелей и проводов

Примечание:

Причиной уменьшения допустимого тока короткого замыкания может быть: уменьшение сечения провода, другая изоляция провода.

В любом случае следует отказать от защиты при коротком замыкании, если разрыв в электрической цепи может привести к возникновению опасной ситуации.

Защита внешнего провода и нулевого провода (среднего провода)

Защита внешнего провода

Устройства защиты от тока перегрузки предусмотрены во всех внешних проводах: они должны отключить провод, в котором проявился такой ток, что, однако, не обязательно предполагает отключение других активных проводов.

Примечание:

Если отключение единственного внешнего провода может вызвать опасную ситуацию, например, в случае трехфазных электродвигателей, следует принять соответствующие меры. Автомат защиты цепи двигателя и силовой выключатель всегда отключаются по трем полюсам.

Защита нулевого провода в

1. установках с непосредственно заземленной нулевой точкой (**системы TN или TT**)

Если сечение нулевого провода меньше, чем сечение внешнего провода, то в нулевом проводе предусматривается соответствующее его сечению устройство регистрации тока перегрузки; это устройство должно отключать внешний провод, что, однако, не должно обязательно вести к отключению нулевого провода.

Разрешается отказаться от установки устройства регистрации тока перегрузки на нулевом проводе, если

- нулевой провод защищен в случае короткого замыкания защитным устройством внешних проводов электрической цепи и
- максимальный ток, который может пройти по нулевому проводу, в стандартном режиме работы значительно ниже, чем значение допустимого тока этого провода.

Примечание:

Это второе условие считается выполненным, если передаваемая мощность как можно более равномерно распределяется по внешним проводам, например, если сумма потребляемой мощности подключенных между внешним и нулевым проводом потребителей (таких как лампы или штепсельные розетки) намного меньше, чем вся мощность, передаваемая по данной электрической цепи. Сечение нулевого провода не должно быть меньше значений, указанных в таблице на следующей странице.

2. установках без непосредственно заземленной нулевой точки (**система IT**)

Если необходима прокладка нулевого провода, то в нулевом проводе каждой электрической цепи следует предусмотреть устройство регистрации тока перегрузки, которое может отключить все активные провода соответствующей электрической цепи (включая сам нулевой провод).

Однако разрешается не использовать такое устройство, если данный нулевой провод защищен от короткого замыкания предварительно включенным защитным устройством, например, в питающей цепи установки.

Отключение нулевого провода

Если предписано отключение нулевого провода, используемое защитное устройство должно быть настроено таким образом, чтобы нулевой провод ни в коем случае не мог отключиться перед внешними проводами и повторно включиться после них. 4-полюсные силовые выключатели NZM всегда соответствуют этим условиям.

Допустимый ток и защита кабелей и проводов с ПВХ-изоляцией согласно стандарту DIN VDE 0 298-4, при 25 °C температуры окружающей среды

Тип кабеля и провода	NYM, NYBUY, NHYRUZY, NYIF, H07V-U, H07V-R, H07V-K, NYIFY				NYY, NYCWY, NYKY, NYM, NYMZ, NYMT, NYBUY, NHYRUZY	
Вид прокладки	A1	B1	B2	C	E	
	В теплоизолирующих стенах с помощью специальных труб в стене		По стенам или в стенах или под штукатуркой		воздушная прокладка	
	Видеоизображение: кабель в изолированной трубе в стене.		Видеоизображение: кабель в трубе на стене и на полу.		Видеоизображение: кабель в воздушной прокладке с расстоянием 0,3d.	
	Многожильный провод в стене		Многожильный провод в специальной трубе на стене или на полу		Многожильный провод в стене или под штукатуркой	
Число жил	2 3	2 3	2 3	2 3	2 3	3
	<p>Допустимый ток I_{zB} A при 25 °C температуры окружающей среды и 70 °C рабочей температуры. Для установки устройств защиты от тока перегрузки действительны условия $I_b \leq I_n \leq I_z$ и $I_2 \leq 1,45 I_z$. Для устройств защиты от тока перегрузки с током расщепления $I_2 \leq I_n$ действительно только одно условие:</p>		<p>$I_b \leq I_n \leq I_z$ (I_b: рабочий ток электрической цепи). Линейные защитные автоматы и силовые выключатели выполняют это условие. Для устройств защиты от тока перегрузки с иным током расщепления :</p> $I_n \leq \frac{1,45}{\alpha} \cdot I_n \quad ; \quad i = \frac{I_z}{I_n}$			

Стандарты, формулы, таблицы

Защита от перегрузок кабелей и проводов

Продолжение

Вид прокладки	A1			B1			B2			C			E								
	2	3	3	2	2	3	2	2	3	2	2	3	2	2	3						
Сечение медного проводника в мм ²	I_n	I_t	I_n	I_n	I_t	I_n	I_n	I_t	I_n	I_t	I_n	I_n	I_t	I_n	I_t	I_n					
1,5	16,5	16	14	13	18,5	16	16	16,5	16	16,5	16	13	21	20	18,5	16	21	20	19,5	16	
2,5	21	20	19	16	25	25	20	22	20	22	20	20	28	25	25	25	25	29	25	27	25
4	28	25	25	25	34	32	30	30	25	30	25	25	37	35	35	35	35	39	35	36	35
6	36	35	33	32	43	40	38	35	35	39	35	35	49	40	43	40	40	51	50	46	40
10	49	40	45	40	60	50	53	50	50	53	50	50	67	63	63	63	63	70	63	64	63
16	65	63	59	50	81	80	72	63	63	72	63	63	90	80	81	80	81	94	80	85	80
25	85	80	77	63	107	100	94	80	80	95	80	82	119	100	102	100	102	125	100	107	100
35	105	100	94	80	133	125	118	100	100	117	100	100	146	125	126	125	126	154	125	134	125
50	126	125	114	100	160	160	142	125	100	142	125	100	181	160	160	160	160	181	160	160	160
70	160	160	144	125	204	200	181	160	160	181	160	160	219	200	200	200	200	219	200	200	200
95	193	160	174	160	246	200	219	200	200	219	200	200	253	250	253	250	253	250	250	250	250
120	223	200	199	160	285	250	253	250	250	253	250	250	285	250	285	250	285	250	250	250	250

Устройством защиты от тока перегрузки, номинальный ток I_n , которых не соответствует указанным в таблице значениям, следует выбрать следующий меньший доступный номинальный ток.

Стандарты, формулы, таблицы**Защита от перегрузок кабелей и проводов**

Минимальное сечение защитных проводов согласно стандартам DIN VDE 0100-510 (1987-06, t), DIN VDE 0100-540 (1991-11)

Внешний провод		Защитный провод или провод		Защитные провод ³⁾ проложен		
		Изолированные силовые линии	Кабель 0,6/1 кВ с четырьмя	защищен.		незащищен ²⁾
мм ²		мм ²	мм ²	мм ² Cu	Al	мм ² Cu
до	0,5	0,5	–	2,5	4	4
	0,75	0,75	–	2,5	4	4
	1	1	–	2,5	4	4
	1,5	1,5	1,5	2,5	4	4
	2,5	2,5	2,5	2,5	4	4
	4	4	4	4	4	4
	6	6	6	6	6	6
	10	10	10	10	10	10
	16	16	16	16	16	16
	25	16	16	16	16	16
	35	16	16	16	16	16
	50	25	25	25	25	25
	70	35	35	35	35	35
	95	50	50	50	50	50
	120	70	70	70	70	70
	150	70	70	70	70	70
	185	95	95	95	95	95
240	–	120	120	120	120	
300	–	150	150	150	150	
400	–	185	185	185	185	

¹⁾ Провод потенциала заземления $\geq 10 \text{ мм}^2$ Cu или 18 мм^2 Al.

²⁾ Незащищенная прокладка проводов из алюминия не разрешается.

³⁾ Начиная с сечения внешнего провода $\geq 95 \text{ мм}^2$, следует преимущественно использовать неизолированные провода

Стандарты, формулы, таблицы**Защита от перегрузок кабелей и проводов****Коэффициенты пересчёта**

При температурах окружающей среды, отличных от 30 °С; следует применять для допустимого тока

воздушных проводов и кабелей согласно стандарту VDE 0298, часть 4.

Изоляционный материал*)	NR/SR	PBX	EPR
Допустимая рабочая температура	60 °С	70 °С	80 °С
Температура окружающей среды °С	Коэффициенты пересчёта		
10	1,29	1,22	1,18
15	1,22	1,17	1,14
20	1,15	1,12	1,10
25	1,08	1,06	1,05
30	1,00	1,00	1,00
35	0,91	0,94	0,95
40	0,82	0,87	0,89
45	0,71	0,79	0,84
50	0,58	0,71	0,77
55	0,41	0,61	0,71
60	–	0,50	0,63
65	–	–	0,55
70	–	–	0,45

*) В случае более высоких температур окружающей среды см. данные производителя

Стандарты, формулы, таблицы**Защита от перегрузок кабелей и проводов****Коэффициенты пересчёта согласно стандарту VDE 0298, часть 4**

Наличие нескольких электрических цепей

Размещение	Число электрических цепей								
	1	2	3	4	6	9	12	15 16	20
1 Пучком или в оболочке	1,00	0,80	0,70	0,70 0,65	0,55 0,57	0,50	0,45	0,40 0,41	0,40 0,38
2 Проложены по стенам или по полу	1,00	0,85	0,80 0,79	0,75	0,70 0,72	0,70	–	–	–
3 Проложены по потолкам	0,95	0,80 0,81	0,70 0,72	0,70 0,68	0,65 0,64	0,60 0,61	–	–	–
4 Проложены на вертикально или горизонтально расположенных стойках с консолями для кабеля	1,00	0,97 0,90	0,87 0,80	0,77 0,75	0,73 0,75	0,72 0,70	–	–	–
5 Проложены в кабельных лотках или на консолях	1,00	0,84 0,85	0,83 0,80	0,81 0,80	0,79 0,80	0,78 0,80	–	–	–

Стандарты, формулы, таблицы

Электрическое оснащение машин

Применение стандарта IEC/EN 60204-1 (VDE 0113, часть 1)

Этот стандарт, который обязателен к применению во всем мире, используется для электрического оборудования промышленных установок, если для оборудуемого типа машины отсутствует стандарт продукта (тип C).

Заголовок «Безопасность оборудования» указывает на то, что в данном стандарте представлены требования по защите людей, оборудования и материалов в соответствии с директивой о промышленном оборудовании ЕС. Степень возможной опасности оценивается на основе анализа риска (EN 1050). Далее в стандарте содержатся требования к оборудованию, проектированию и конструкциям, а также к проверкам по обеспечению мероприятий по безопасности и безупречной работы оборудования.

Представленные ниже тексты являются выдержками из данного стандарта.

Устройство разрыва сети (главный выключатель)

Каждая установка должна быть оборудована ручным устройством разъединения сети, далее «устройство разъединения сети». С помощью устройства разъединения сети должно разъединяться от сети все электрическое оборудование установки. Отключающей способности

должно быть достаточно для одновременного отключения тока самого большого двигателя установки в заторможенном состоянии и суммы токов всех других потребителей в стандартном режиме.

Для положения выкл. должна иметься возможность запирания. Положение Выкл. обозначается только после достижения предписанных воздушных зазоров и путей стекания электричества между всеми контактными элементами. Устройство разъединения сети должно иметь только положения Вкл. и Выкл.

с соответствующими ограничителями. Поэтому не разрешается использовать для данной цели переключатель со звезды на треугольник, реверсивный переключатель и переключатель числа полюсов.

Положение расцепления силовых выключателей не является положением коммутации, поэтому они могут применяться в качестве устройства разъединения сети.

В случае нескольких цепей питания каждая из них должна иметь устройство разъединения сети. Если из-за отключения только одного устройства разъединения сети может возникнуть опасная ситуация, следует предусмотреть общие блокирующие устройства. В качестве дистанционных выключателей разрешается использовать только силовые выключатели. Они должны иметь дополнительную рукоятку и возможность запирания в положении Выкл..

9

Защита от электрического удара

Необходимо принять меры для защиты людей от электрического удара, а именно:

Защита от непосредственного прикосновения

В данном случае защита осуществляется с помощью корпуса, открывать который сотрудники могут только с помощью ключа или соответствующего инструмента. Перед открыванием прибора персонал должен выключить устройство разъединения цепи без использования принудительного размыкания. Однако активные части должны быть защищены от непосредственного прикосновения в соответствии со стандартами DIN EN 50274 или VDE 0660, часть 514.

В случае запирания устройства разъединения сети с помощью двери отпадают ограничения предыдущего раздела, так как дверь может быть открыта только при

выключенном устройстве разъединения сети. Электрик имеет право вскрыть запирающее устройство с помощью инструмента, например, чтобы выполнить поиск неисправности. Если запирающее устройство открыто, должна быть обеспечена возможность отключить устройство разъединения сети и в этом случае.

Если корпус может быть открыт без использования ключа и без отключения устройства разъединения сети, все активные детали должны как минимум соответствовать степени защиты IP 2X или IP XXB в соответствии со стандартом IEC/EN 60529.

Стандарты, формулы, таблицы

Электрическое оснащение машин

Защита от непрямого прикосновения

В данном случае необходимо избегать появления опасного напряжения прикосновения из-за повреждения изоляции. Для выполнения этого требования следует применять предохранительные

мероприятия согласно стандартам IEC 60364 или VDE 0100. Другой мерой является использование защитной изоляции (класс защиты I) в соответствии со стандартами IEC/EN 60439-1 или VDE 0660, часть 500.

Защита оборудования

Защита при отсутствии напряжения

При возврате напряжения после его отсутствия в сети установки или части установок не должны запускаться самостоятельно, если это может привести к опасному режиму работы или материальному ущербу. Это требование легко выполняется при использовании контакторного управления благодаря схемам самоблокировки.

В схемах с длительным замыканием контактов эту задачу может выполнять дополнительный вспомогательный контактор с импульсным замыканием контактов, установленный в питающей линии цепи управления. Кроме того, устройство разъединения сети и автомат защиты цепи двигателя с расцепителем минимального напряжения также надежно предотвращают самопроизвольный запуск после возврата напряжения.

Защита от тока перегрузки

Как правило, для входящих сетевых проводов не требуется защитное устройство тока перегрузки. Функцию защиты от тока перегрузки выполняет защитное устройство, установленное в начале питающей линии. Все другие электрические цепи должны быть защищены предохранителями или силовыми выключателями.

К предохранителям предъявляется требование, согласно которому они должны заменяться в той стране, где их используют. Эту проблему можно обойти, используя силовые выключатели, которые, кроме того, имеют и другие преимущества, например, отключение и включение всех полюсов, быстрая готовность в повторному включению и защита от работы в однофазном режиме.

Защита от перегрузки двигателей

Двигатели мощностью более 0,5 кВт, используемые для продолжительной работы, должны быть защищены от перегрузки. Для всех других двигателей также рекомендуется использовать защиту от перегрузки. Достаточно сложно защитить двигатели, которые часто запускаются и тормозятся, поэтому для них требуется особое защитное устройство. Для защиты двигателей, у которых существует возможность повреждения системы охлаждения, особенно рекомендуется наличие встроенного температурного датчика. Кроме того, рекомендуется всегда использовать встроенное биметаллическое реле защиты электродвигателя, особенно для защиты от блокирования ротора.

Стандарты, формулы, таблицы

Электрическое оснащение машин

Функции управления в случае неисправности

Из-за неисправностей электрического оборудования не должны возникать опасные ситуации или повреждения. Возможные опасности должны предотвращаться с помощью соответствующих мер еще во время их появления. Если предусмотрены соответствующие мероприятия, затраты на них могут быть достаточно велики. Для лучшей оценки рисков, связанных с конкретным оборудованием, выпущен стандарт EN 954-1:

«Обеспечивающие безопасность части систему управления, часть 1: Общие принципы применения». Принципы использования оценки рисков в соответствии со стандартом EN 954-1 описываются в руководстве «Техника безопасности машин и установок» компании Moeller (номер для заказа: TB 0-009).

Устройство аварийного останова

Каждая установка, при использовании которой может возникнуть опасная ситуация, должна быть оснащена устройством аварийного останова. Аварийный останов может производиться с помощью отключения главного тока аварийным выключателем или отключение управляющего тока посредством прибора управления аварийным выключением.

В случае срабатывания устройства аварийного выключения, должны через снятие возбуждения опосредовано отключаться все те потребители тока, которые могут непосредственно привести к возникновению опасной ситуации. Они могут по выбору воздействовать на такие электромеханические устройства, как силовые контакторы, вспомогательные контакторы или на расцепитель минимального напряжения устройства разъединения сети. Приборы управления аварийным выключением в случае непосредственного ручного управления должны иметь грибовидную кнопку. Контактные элементы должны размыкаться принудительно. После срабатывания прибора управления аварийным выключением установку можно снова включить только после разблокирования непосредственно на месте возникновения данной ситуации. Разблокирование не должно вести в повторному запуску.

Для выключателей аварийного останова и приборов управления аварийным выключением действуют следующие правила:

- Рукоятка устройства должна иметь красный цвет, в качестве фона используется контрастный желтый цвет.
- Устройства аварийного выключения должны быть быстро- и легкодоступны в случае возникновения опасности.
- Аварийный останов должен иметь преимущественное значение по отношению ко всем другим функциям и операциям.
- Работоспособность этих устройств подтверждается проверкой, особенно при работе в тяжелых условиях.
- В случае наличия нескольких зон аварийного отключения должно иметься четкое и понятное распределение соответствующих устройств.

Действия в случае аварии

Понятие «аварийный останов» кратко и выразительно передает необходимое значение и должно использоваться во всех контекстах.

Из понятия «аварийный останов» неясно, какие функции подразумеваются в данном случае. Для более точной формулировки в стандарте IEC/EN 60204-1 под вышестоящим понятием «Действия в аварийной ситуации» описываются две отдельные функции:

1. Остановка при аварийной ситуации
В данном случае речь идет о возможности как можно быстрее остановить вызывающие опасность движения установки.
2. Выключение при аварийной ситуации
Если существует опасность электрического удара из-за непосредственного соприкосновения, например, с активными частями в электрических производственных помещениях, необходимо предусмотреть наличие устройства отключения в аварийной ситуации.

Стандарты, формулы, таблицы**Электрическое оснащение машин****Маркировочная окраска кнопочных выключателей и ее значение**

Согласно IEC/EN 60073 (VDE 0199), IEC/EN 60204-1 (VDE 0113, часть 1)

Цвет	Значение	Стандартное применение
КРАСНЫЙ	Аварийная ситуация	<ul style="list-style-type: none"> Аварийный выключатель Пожаротушение
ЖЕЛТЫЙ	Аномальная ситуация	Требуется вмешательство для удаления аномальных условий или во избежание нежелательных изменений
ЗЕЛЕНый	Нормальный режим	Пуск из безопасного состояния
СИНИЙ	Требуется неотложные меры	Функция возврата в исходное положение
БЕЛый	Нет специального значения	<ul style="list-style-type: none"> Пуск/Вкл. (рекомендовано) Стоп/Выкл.
СЕРый		<ul style="list-style-type: none"> Пуск/Вкл. Стоп/Выкл.
ЧЕРный		<ul style="list-style-type: none"> Пуск/Вкл. Стоп/Выкл. (рекомендовано)

Стандарты, формулы, таблицы

Электрическое оснащение машин

Маркировочная окраска световых сигналов и ее значение

Согласно IEC/EN 60073 (VDE 0199), IEC/EN 60204-1 (VDE 0113, часть 1)

Цвет	Значение	Пояснение	Стандартное применение
КРАСНЫЙ	Аварийная ситуация	Предупреждение о возможной опасности или режимах, которые требуют принятия немедленных мер	<ul style="list-style-type: none"> Отказ смазочной системы Температура за пределами заданных (безопасных) границ Значительные части оборудования остановлены из-за реагирования защитного устройства
ЖЕЛТЫЙ	Аномальная ситуация	Предстоящий критический режим	<ul style="list-style-type: none"> Температура (или давление) не соответствуют нормальному значению Перегрузка, продолжительность которой допускается только в пределах ограниченного времени Сброс
ЗЕЛЕНЫЙ	Нормальный режим	Индикация безопасного режима работы или разрешение включения дальнейшего рабочего процесса	<ul style="list-style-type: none"> Нормальная циркуляция охлаждающей жидкости Автоматическое управление котлом включено Установка готова к запуску
СИНИЙ	Требуются неотложные меры	Обслуживающий персонал должен принять требуемые меры	<ul style="list-style-type: none"> Удалить препятствие Переключить на подачу
БЕЛЫЙ	Нет специального значения	Любое значение: этот цвет может использоваться, если неясно, подходят ли для данной ситуации цвета КРАСНЫЙ, ЖЕЛТЫЙ или ЗЕЛЕНЫЙ; также возможно использование в качестве подтверждения	<ul style="list-style-type: none"> Двигатель работает Индикация видов режима

Маркировочная окраска кнопочных выключателей с подсветкой и ее значение

Для кнопочных выключателей с подсветкой действительны обе таблицы, первая таблица также действительна для функций клавиш.

Стандарты, формулы, таблицы

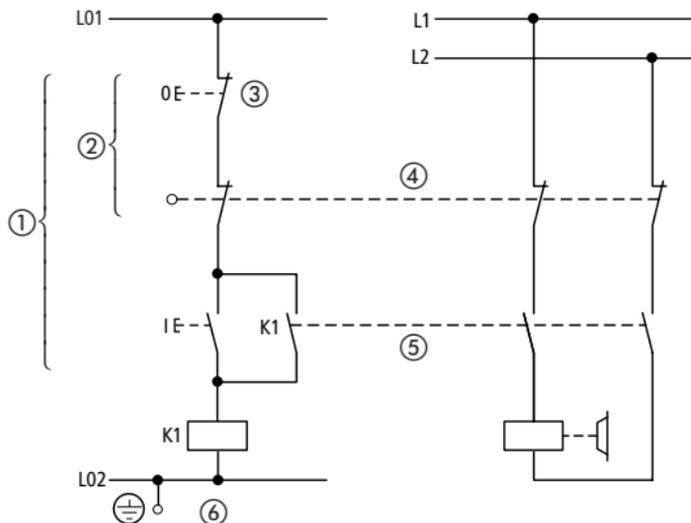
Мероприятия по уменьшению риска

Уменьшение риска в случае неисправности

Из-за неисправностей электрического оборудования не должны возникать опасные ситуации или повреждения. Возможные опасности должны предотвращаться с помощью соответствующих мер еще во время их появления.

В стандарте IEC/EN 60204-1 перечислены различные мероприятия, которые ведут к уменьшению риска в случае неисправности.

Использование апробированных схем и узлов



- ① Все коммутационные функции выполняются на незаземленной части
- ② Использование коммутационных устройств с принудительно размыкающимися контактами (не следует путать с контактами с принудительным замыканием и размыканием)
- ③ Прекращение работы при снятии возбуждения (защита от обрыва)
- ④ Меры, принимаемые во время создания схемы, которые исключают возможность возникновения нежелательных режимов в случае неисправности (в данном случае одновременное прерывание контактором и предельным выключателем)
- ⑤ Подключение всех токонесущих проводников к управляющему устройству.
- ⑥ Соединение цепей управления с землей для производственных целей (не является защитным мероприятием)

Резервирование

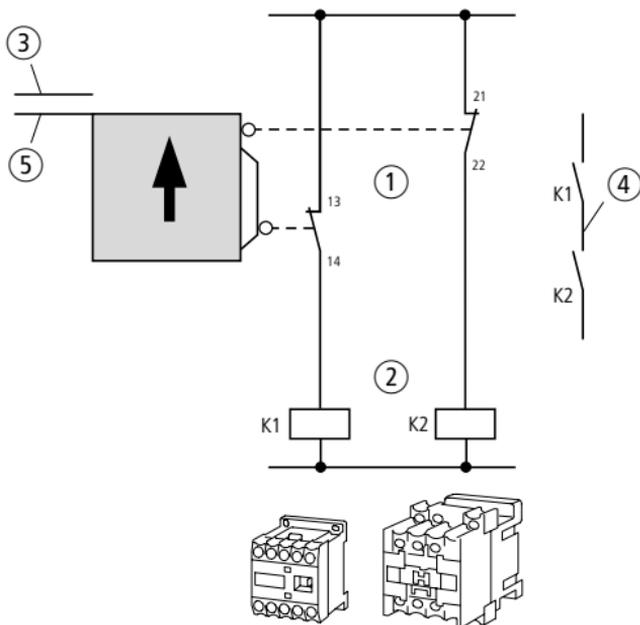
Резервирование означает наличие дополнительного устройства или системы, которые берут на себя выполнение какой-либо функции в случае неисправности.

Стандарты, формулы, таблицы

Мероприятия по избежанию риска

Разнообразиие

Построение цепей управления согласно различным функциональным принципам или с помощью разных видов устройств.



- ① Функциональное разнообразие благодаря комбинированию размыкающих и замыкающих контактов
- ② Приборное разнообразие благодаря использованию различных видов устройств (в данном случае различных типов вспомогательных контакторов)
- ③ Защитное устройство разомкнуто
- ④ Цепь обратной связи
- ⑤ Защитное устройство замкнуто

Проверки работоспособности

Правильность функционирования оборудования может быть проверена вручную или автоматически.

Стандарты, формулы, таблицы

Степени защиты электрического оборудования

Степени защиты электрического оборудования с помощью корпуса, крышек и подобных мер согласно стандарту IEC/EN 60529 (VDE 0470, часть 1)

Степени защиты электрического оборудования с помощью соответствующей установки в корпус описываются условным обозначением, состоящим из

букв IP и двух цифр. Первая цифра указывает на защиту от прикосновения и попадания твёрдых тел, а вторая – на защиту от проникновения воды.

Защита от прикосновения и попадания твёрдых тел

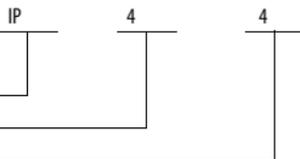
Первая цифра	Объем защиты	
	Обозначение	Пояснение
0	Защита отсутствует	Отсутствует особая защита людей от случайного прикосновения находящихся под напряжением или двигающихся частей. Отсутствует защита оборудования от попадания посторонних твердых тел.
1	Защита от посторонних тел $\cong 50$ мм	Защита от доступа к опасным частям ладонью. При проверке пробным проникающим зондом с шариком диаметром 50 мм должно сохраняться достаточное расстояние до опасных частей. Пробный объектный зонд с шариком диаметром 50 мм не должен полностью проходить внутрь устройства.
2	Защита от посторонних тел $\cong 12,5$ мм	Защита от доступа к опасным частям пальцем. При проверке с использованием составного «пробного пальца» диаметром 12 мм и длиной 80 мм должно оставаться достаточное расстояние до опасных частей. Пробный объектный зонд с шариком диаметром 12,5 мм не должен полностью проходить внутрь устройства.

Стандарты, формулы, таблицы**Степени защиты электрического оборудования****Защита от прикосновения и попадания твёрдых тел**

Первая цифра	Объем защиты	
	Обозначение	Пояснение
3	Защита от посторонних тел $\geq 2,5$ мм	Защита от доступа к опасным частям инструментом. Пробный проникающий зонд диаметром 2,5 мм не должен проходить внутрь устройства. Пробный объектный зонд диаметром 2,5 мм вообще не должен проходить внутрь устройства.
4	Защита от посторонних тел ≥ 1 мм	Защита от доступа к опасным частям проволокой. Пробный проникающий зонд диаметром 1,0 мм не должен проходить внутрь устройства. Пробный объектный зонд диаметром 1,0 мм вообще не должен проходить внутрь устройства.
5	Защита от пылевых отложений	Защита от доступа к опасным частям проволокой. Пробный проникающий зонд диаметром 1,0 мм не должен проходить внутрь устройства. Полная защита от проникновения пыли отсутствует, но пыль не проникает в количестве, которое может повлиять на корректную работу устройства или безопасность.
6	Защита от проникновения пыли Пыленепроницаемый	Защита от доступа к опасным частям проволокой. Пробный проникающий зонд диаметром 1,0 мм не должен проходить внутрь устройства. Отсутствие проникновения пыли.

9

Примеры указания степени защиты:



Буквенные обозначения _____

Первая цифра _____

Вторая цифра _____

Стандарты, формулы, таблицы**Степени защиты электрического оборудования****Защита от проникновения воды**

Вторая цифра	Объем защиты	
	Обозначение	Пояснение
0	Защита отсутствует	Особая защита отсутствует
1	Защита от вертикально капающей воды	Вертикально капающая вода не должна причинять вреда.
2	Защита от капающей воды при наклоне корпуса до 15°	Вертикально капающая вода не должна причинять вреда, если корпус имеет наклон 15° с обеих сторон перпендикуляра.
3	Защита от распыленной воды	Вода, распыленная под любым углом до 60° с обеих сторон перпендикуляра, не должна причинять вреда.
4	Защита от водяных брызг	Вода, брызгающая на корпус с любого направления, не должна причинять вреда.
5	Защита от водяной струи	Водяная струя, поступающая из сопла и направляемая на устройство под любым углом, не должна причинять вреда.
6	Защита от сильной водяной струи	Вода, направляемая под любым углом сильной струей на корпус, не должна причинять вреда.
7	Защита при временном погружении	При погружении оборудования в воду с соблюдением нормального давления и времени погружения вода не должна поступать в количестве, которое может нанести вред.

Стандарты, формулы, таблицы**Степени защиты электрического оборудования**

Вторая цифра	Объем защиты	
	Обозначение	Пояснение
8	Защита при длительном погружении	В случае продолжительного погружения в воду с соблюдением требований, которые должны быть согласованы между производителем и пользователем, вода не должна поступать в количестве, которое может нанести вред. Эти условия должны быть более тяжелыми, чем условия под цифрой 7.
9K*	Защита при очистке водяной струей высокого давления/струей пара	Вода, направляемая под любым углом и значительным давлением на корпус, не должна причинять вреда. Давление воды 100 бар Температура воды 80 °C

* Это цифровое обозначение применяется в стандарте DIN 40050-9.

Стандарты, формулы, таблицы**Степени защиты электрического оборудования****Степени защиты электрического оборудования для США и Канады по отношению к стандарту IEC/EN 60529 (VDE 0470, часть 1)**

Указанные степени защиты IP представляют собой приближенное сравнение. Точное сравнение

невозможно, так как испытания на степень защиты и критерии оценки являются различными.

Обозначение корпуса и степень защиты		Обозначение корпуса и степень защиты согласно CSA-C22.1, CSA-C22.2 NO. 0.1-M1985 (R1999) ³⁾	Сравнимая степень защиты IP согласно IEC/EN 60529 DIN 40050
Согласно NEC NFPA 70 (National Electrical Code), согласно UL 50, согласно NEMA 250-1997	Согласно NEMA ICS 6-1993 (R2001) ¹⁾ Согласно EEMAC E 14-2-1993 ²⁾		
Корпус, тип 1	Корпус, тип 1 Общее применение	Корпус 1 Корпус для общего применения	IP20
Корпус, тип 2 С защитой от капель	Корпус, тип 2 С защитой от капель	Корпус 2 Корпус с защитой от каплюющей воды	IP22
Корпус, тип 3 Пыленепроницаемый, с защитой от дождя	Корпус, тип 3 Пыленепроницаемый, с защитой от дождя, стойкий к граду и льду	Корпус 3 Погодостойкий корпус	IP54
Корпус, тип 3 R С защитой от дождя	Корпус, тип 3 R С защитой от дождя, стойкий к граду и льду		
Корпус, тип 3 S Пыленепроницаемый, с защитой от дождя	Корпус, тип 3 S Пыленепроницаемый, с защитой от дождя, с защитой от града и льда		
Корпус, тип 4 С защитой от дождя, водонепроницаемый	Корпус, тип 4 Пыленепроницаемый, водонепроницаемый	Корпус 4 Водонепроницаемый корпус	IP65

Стандарты, формулы, таблицы

Степени защиты электрического оборудования

Обозначение корпуса и степень защиты		Обозначение корпуса и степень защиты согласно CSA-C22.1, CSA-C22.2 NO. 0.1-M1985 (R1999) ³⁾	Сравнимая степень защиты IP согласно IEC/EN 60529 DIN 40050
Согласно NEC NFPA 70 (National Electrical Code), согласно UL 50, согласно NEMA 250-1997	Согласно NEMA ICS 6-1993 (R2001) ¹⁾ Согласно EEMAC E 14-2-1993 ²⁾		
Корпус, тип 4 X С защитой от дождя, водонепроницаемый, коррозионностойкий	Корпус, тип 4 X Пыленепроницаемый, водонепроницаемый, коррозионностойкий		IP65
Корпус, тип 6 С защитой от дождя	Корпус, тип 6 Пыленепроницаемый, водонепроницаемый, погружаемый, стойкий к граду и льду		
Корпус, тип 6 P С защитой от дождя, коррозионностойкий			
Корпус, тип 11 С защитой от капель, коррозионностойкий	Корпус, тип 11 С защитой от капель, коррозионностойкий, с погружением в масло		
Корпус, тип 12 Пыленепроницаемый, с защитой от капель	Корпус, тип 12 Промышленное применение, с защитой от капель, пыленепроницаемый	Корпус 5 Пыленепроницаемый корпус	IP54
Корпус, тип 12 K (так же как тип 12)			
Корпус, тип 13 Пыленепроницаемый, с защитой от капель	Корпус, тип 13 Пыленепроницаемый, маслонепроницаемый		

¹⁾ NEMA = National Electrical Manufacturers Association (Национальная ассоциация производителей электротехнической промышленности)

²⁾ EEMAC = Electrical and Electronic Manufacturers Association of Canada (Канадская ассоциация производителей электротехнической и электронной промышленности)

³⁾ CSA = Canadian Electrical Code, Part I (19th Edition), Safety Standard for Electrical Installations (Канадские электротехнические правила и нормы, часть I (19-ое издание), Стандарт безопасности электрического оборудования)

Стандарты, формулы, таблицы

Степени защиты электрического оборудования

Термины, русский/английский:

общее применение	general purpose
с защитой от капель:	drip-tight
пыленепроницаемый:	dust-tight
с защитой от дождя:	rain-tight
с защитой от дождя:	rain-proof
погодостойкий:	weather-proof
водонепроницаемый:	water-tight
погружаемый:	submersible
стойкий ко льду:	ice resistant
стойкий к граду:	sleet resistant
коррозионностойкий:	corrosion resistant
маслонепроницаемый:	oil-tight

Примечания

Стандарты, формулы, таблицы

Степени защиты электрического оборудования

Вид тока	Потребительская категория	Типичные случаи применения	Стандартные условия эксплуатации	
		I = ток включения, I_c = ток отключения, I_e = номинальный рабочий ток, U = напряжение, U_e = номинальное рабочее напряжение U_f = возвратное напряжение, $t_{0,95}$ = время в мс, пока не будет достигнуто 95 % значения стационарного тока. $P = U_e \times I_e$ = номинальная мощность в Вт	Включение	
			$\frac{I}{I_e}$	$\frac{U}{U_e}$
Переменный ток	AC-12	Управление омической и полупроводниковой нагрузкой во входных цепях оптрона	1	1
	AC-13	Управление полупроводниковой нагрузкой с трансформаторным разъединением	2	1
	AC-14	Управление малой электромагнитной нагрузкой (макс. 72 В·А)	6	1
	AC-15	Управление электромагнитной нагрузкой (более 72 В·А)	10	1
			$\frac{I}{I_e}$	$\frac{U}{U_e}$
Постоянный ток	DC-12	Управление омической и полупроводниковой нагрузкой во входных цепях оптрона	1	1
	DC-13	Управление электромагнитами	1	1
	DC-14	Управление электромагнитными нагрузками с добавочным сопротивлением для экономии потребления энергии в электрической цепи	10	1

Согласно IEC 60947-5-1, EN 60947-5-1 (VDE 0600, часть 200)

Стандарты, формулы, таблицы**Степени защиты электрического оборудования**

				Нестандартные условия эксплуатации					
Выключение				Включение			Выключение		
$\cos \varphi$	$\frac{I}{I_e}$	$\frac{U}{U_e}$	$\cos \varphi$	$\frac{I}{I_e}$	$\frac{U}{U_e}$	$\cos \varphi$	$\frac{I}{I_e}$	$\frac{U}{U_e}$	$\cos \varphi$
0,9	1	1	0,9	–	–	–	–	–	–
0,65	1	1	0,65	10	1,1	0,65	1,1	1,1	0,65
0,3	1	1	0,3	6	1,1	0,7	6	1,1	0,7
0,3	1	1	0,3	10	1,1	0,3	10	1,1	0,3
$t_{0,95}$	$\frac{I}{I_e}$	$\frac{U}{U_e}$	$t_{0,95}$	$\frac{I}{I_e}$	$\frac{U}{U_e}$	$t_{0,95}$	$\frac{I}{I_e}$	$\frac{U}{U_e}$	$t_{0,95}$
1 мс	1	1	1 мс	–	–	–	–	–	–
$6 \times P^{1)}$	1	1	$6 \times P^{1)}$	1,1 $6 \times P^{1)}$	1,1	$6 \times P^{1)}$	1,1	1,1	
15 мс	1	1	15 мс	10	1,1	15 мс	10	1,1	15 мс

¹⁾ Значение « $6 \times P$ » выводится из эмпирического соотношения, которое соответствует большинству магнитных нагрузок постоянного тока до верхней границы $P = 50$ Вт, при этом $6 \text{ [мс]}/[\text{Вт}] = 300 \text{ [мс]}$. Нагрузки с номинальным напряжением более 50 Вт состоят из меньших параллельных нагрузок. Поэтому 300 мс является предельным значением независимо от значения мощности.

Стандарты, формулы, таблицы**Североамериканская классификация вспомогательных переключателей тока**

Классификация	Краткое обозначение При номинальном напряжении макс.			Термический ток длительной нагрузки	
	600 В	300 В	150 В		
Напряжение переменного тока	600 В	300 В	150 В	A	
Тяжелый режим	A600	A300	A150	10	
	A600	A300	–	10	
	A600	–	–	10	
	A600	–	–	10	
Обычный режим	B600	B300	B150	5	
	B600	B300	–	5	
	B600	–	–	5	
	B600	–	–	5	
	C600	C300	C150	2,5	
	C600	C300	–	2,5	
	C600	–	–	2,5	
	C600	–	–	2,5	
	–	D300	D150	1	
	–	D300	–	1	
	Напряжение постоянного тока				
	Тяжелый режим	N600	N300	N150	10
N600		N300	–	10	
N600		–	–	10	
Обычный режим	P600	P300	P150	5	
	P600	P300	–	5	
	P600	–	–	5	
	Q600	Q300	Q150	2,5	
	Q600	Q300	–	2,5	
	Q600	–	–	2,5	
	–	R300	R150	1,0	
	–	R300	–	1,0	
	–	–	–	–	

Согласно UL 508, CSA C 22.2-14 и NEMA ICS 5

Стандарты, формулы, таблицы**Североамериканская классификация вспомогательных переключателей тока**

Коммутационная способность				
Номинальное напряжение, В	Включение, А	Выключение А	Включение В-А	Выключение В-А
120	60	6	7200	720
240	30	3	7200	720
480	15	1,5	7200	720
600	12	1,2	7200	720
120	30	3	3600	360
240	15	1,5	3600	360
480	7,5	0,75	3600	360
600	6	0,6	3600	360
120	15	1,5	1800	180
240	7,5	0,75	1800	180
480	3,75	0,375	1800	180
600	3	0,3	1800	180
120	3,6	0,6	432	72
240	1,8	0,3	432	72
125	2,2	2,2	275	275
250	1,1	1,1	275	275
301-600	0,4	0,4	275	275
125	1,1	1,1	138	138
250	0,55	0,55	138	138
301-600	0,2	0,2	138	138
125	0,55	0,55	69	69
250	0,27	0,27	69	69
301-600	0,10	0,10	69	69
125	0,22	0,22	28	28
250	0,11	0,11	28	28
301-600	–	–	–	–

Стандарты, формулы, таблицы

Потребительские категории контакторов

Вид тока	Потребительская категория	Типичные случаи применения I = ток включения, I_c = ток отключения, I_e = номинальный рабочий ток, U = напряжение, U_e = номинальное рабочее напряжение U_i = возвратное напряжение	Определение электрического срока службы		
			Включение		
			$\frac{I_e}{A}$	$\frac{I}{I_e}$	$\frac{U}{U_e}$
Переменный ток	AC-1	Неиндуктивная или малоиндуктивная нагрузка, электрические печи сопротивления	Все значения	1	1
	AC-2	Асинхронные электродвигатели с фазным ротором: запуск, выключение	Все значения	2,5	1
	AC-3	Асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором: запуск, выключение во время работы ⁴⁾	$I_e \leq 17$ $I_e > 17$	6 6	1 1
	AC-4	Асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором: запуск, противотоковое торможение, реверсирование, толчок	$I_e \leq 17$ $I_e > 17$	6 6	1 1
	AC-5A	Включение и выключение газоразрядных ламп			
	AC-5B	Включение и выключение ламп накаливания			
	AC-6A ³⁾	Включение и выключение трансформаторов			
	AC-6B ³⁾	Включение и выключение конденсаторных батарей			
	AC-7A	Малоиндуктивная нагрузка в бытовых приборах и подобных устройствах	Согласно данным производителя		
	AC-7B	Двигательная нагрузка в бытовых приборах			
	AC-8A	Управление герметичными двигателями компрессоров кондиционера с ручным возвратом расцепителя перегрузки в исходное состояние ⁵⁾			
	AC-8B	Управление герметичными двигателями компрессоров кондиционера с автоматическим возвратом расцепителя перегрузки в исходное состояние ⁵⁾			
	AC-53a	Управление асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором полупроводниковыми защитными автоматами			

Стандарты, формулы, таблицы

Потребительские категории контакторов

				Определение коммутационной способности						
Выключение				Включение				Выключение		
$\cos \varphi$	$\frac{I_c}{I_e}$	$\frac{U_r}{U_e}$	$\cos \varphi$	$\frac{I_e}{A}$	$\frac{I}{I_e}$	$\frac{U}{U_e}$	$\cos \varphi$	$\frac{I_c}{I_e}$	$\frac{U_r}{U_e}$	$\cos \varphi$
0,95	1	1	0,95	Все значения	1,5	1,05	0,8	1,5	1,05	0,8
0,65	2,5	1	0,65	Все значения	4	1,05	0,65	4	1,05	0,8
0,65	1	0,17	0,65	$I_e \leq 100$	8	1,05	0,45	8	1,05	0,45
0,35	1	0,17	0,35	$I_e > 100$	8	1,05	0,35	8	1,05	0,35
0,65	6	1	0,65	$I_e \leq 100$	10	1,05	0,45	10	1,05	0,45
0,35	6	1	0,35	$I_e > 100$	10	1,05	0,35	10	1,05	0,35
					3,0	1,05	0,45	3,0	1,05	0,45
					1,5 ²⁾	1,05 ²⁾		1,5 ²⁾	1,05 ²⁾	
					1,5	1,05	0,8	1,5	1,05	0,8
					8,0	1,05 ¹⁾		8,0	1,05 ¹⁾	
					6,0	1,05 ¹⁾		6,0	1,05 ¹⁾	
					6,0	1,05 ¹⁾		6,0	1,05 ¹⁾	
					8,0	1,05	0,35	8,0	1,05	0,35

Стандарты, формулы, таблицы

Потребительские категории контакторов

Вид тока	Потребительская категория	Типичные случаи применения I = ток включения, I_c = ток отключения, I_e = номинальный рабочий ток, U = напряжение, U_e = номинальное рабочее напряжение, U_l = возвратное напряжение	Определение электрического срока службы		
			Включение		
			$\frac{I_e}{A}$	$\frac{I}{I_e}$	$\frac{U}{U_e}$
Постоянный ток	DC-1	Неиндуктивная или малоиндуктивная нагрузка, электрические печи сопротивления	Все значения	1	1
	DC-3	Электродвигатели параллельного возбуждения: запуск, противотоковое торможение, реверсирование, толчок, реостатное торможение	Все значения	2,5	1
	DC-5	Электродвигатели последовательного возбуждения: запуск, противотоковое торможение, реверсирование, толчок, реостатное торможение	Все значения	2,5	1
	DC-6	Включение и выключение ламп накаливания			

Согласно IEC 947-4-1, EN 60947 VDE 0660, часть 102

¹⁾ $\cos \varphi = 0,45$ для $I_e \leq 100$ А; $\cos \varphi = 0,35$ для $I_e > 100$ А.

²⁾ Испытания проводятся с нагрузкой в виде ламп накаливания.

³⁾ В этом случае данные испытаний выводятся в соответствии с особой таблицей на основе контрольных значений для AC-3 или AC-4.

Стандарты, формулы, таблицы**Потребительские категории контакторов**

		Определение коммутационной способности									
		Выключение			Включение				Выключение		
L/R мс	$\frac{I_c}{I_e}$	$\frac{U_r}{U_e}$	L/R мс	$\frac{I_e}{A}$	$\frac{I}{I_e}$	$\frac{U}{U_e}$	L/R мс	$\frac{I_c}{I_e}$	$\frac{U_r}{U_e}$	L/R мс	
1	1	1	1	Все значения	1,5	1,05	1	1,5	1,05	1	
2	2,5	1	2	Все значения	4	1,05	2,5	4	1,05	2,5	
7,5	2,5	1	7,5	Все значения	4 1,5	1,05 1,05	15	4 1,5 ²⁾	1,05 1,05 ²⁾	15	
					2)	2)					

9

⁴⁾ Устройство для потребительской категории AC-3 разрешается использовать для толкания или противотокового торможения в течение ограниченного времени, например, для наладки установки; при этом число запусков не должно превышать пяти в минуту и десяти в течение десяти минут.

⁵⁾ В случае герметичного компрессора кондиционера компрессор и двигатель размещены в одном корпусе без внешнего вала или сальника, а двигатель приводится в действие хладагентом.

Стандарты, формулы, таблицы

Потребительские категории силовых разъединителей

Вид тока	Потребитель- ская категория	Типичные случаи применения $I =$ ток включения, $I_c =$ ток отключения, $I_e =$ номинальный рабочий ток, $U =$ напряжение, $U_e =$ номинальное рабочее напряжение, $U_i =$ возвратное напряжение	Определение электрического срока службы	
			Включение	
			$\frac{I_e}{A}$	$\frac{I}{I_e}$
Перемен- ный ток	AC-20 A(B) ²⁾	Включение и выключение без нагрузки	Все значения	¹⁾
	AC-21 A(B) ²⁾	Выключение и выключение омической нагрузки, включая умеренную перегрузку	Все значения	1
	AC-22 A(B) ²⁾	Включение и выключение смешанной омической и индуктивной нагрузки, включая умеренную перегрузку	Все значения	1
	AC-23 A(B) ²⁾	Выключение и выключение двигательной нагрузки или другой высокоиндуктивной нагрузки	Все значения	1
			$\frac{I_e}{A}$	$\frac{I}{I_e}$
Постоян- ный ток	DC-20 A(B) ²⁾	Включение и выключение без нагрузки	Все значения	¹⁾
	DC-21 A(B) ²⁾	Выключение и выключение омической нагрузки, включая умеренную перегрузку	Все значения	1
	DC-22 A(B) ²⁾	Включение и выключение смешанной омической и индуктивной нагрузки, включая умеренную перегрузку (например, двигатель параллельного возбуждения)	Все значения	1
	DC-23 A(B) ²⁾	Включение и выключение высокоиндуктивной нагрузки (например, двигатель последовательного возбуждения)	Все значения	1

Для силовых выключателей, разъединителей, силовых разъединителей и блоков автоматических выключателей согласно IEC/EN 60947-3 (VDE 0660, часть 107)

- 1) Если коммутационный прибор имеет включающую и/или разрывную способность, значения тока и коэффициента мощности (постоянная времени) должны быть указаны производителем.
- 2) А: частое срабатывание, В: нерегулярное срабатывание.

Стандарты, формулы, таблицы

Потребительские категории силовых разъединителей

Определение коммутационной способности											
		Выключение			Включение				Выключение		
$\frac{U}{U_e}$	$\cos \varphi$	$\frac{I_c}{I_e}$	$\frac{U_f}{U_e}$	$\cos \varphi$	$\frac{I_e}{A}$	$\frac{I}{I_e}$	$\frac{U}{U_e}$	$\cos \varphi$	$\frac{I_c}{I_e}$	$\frac{U_f}{U_e}$	$\cos \varphi$
1)	1)	1)	1)	1)	Все значения	1)	1)	1)	1)	1)	1)
1	0,95	1	1	0,95	Все значения	1,5	1,05	0,95	1,5	1,05	0,95
1	0,8	1	1	0,8	Все значения	3	1,05	0,65	3	1,05	0,65
1	0,65	1	1	0,65	$I_e \leq 100$ $I_e > 100$	10 10	1,05 1,05	0,45 0,35	8 8	1,05 1,05	0,45 0,35
$\frac{U}{U_e}$	L/R мс	$\frac{I_c}{I_e}$	$\frac{U_f}{U_e}$	L/R мс	$\frac{I_e}{A}$	$\frac{I}{I_e}$	$\frac{U}{U_e}$	L/R мс	$\frac{I_c}{I_e}$	$\frac{U_f}{U_e}$	L/R мс
1)	1)	1)	1)	1)	Все значения	1)	1)	1)	1)	1)	1)
1	1	1	1	1	Все значения	1,5	1,05	1	1,5	1,05	1
1	2	1	1	2	Все значения	4	1,05	2,5	4	1,05	2,5
1	7,5	1	1	7,5	Все значения	4	1,05	15	4	1,05	15

Примечания

Стандарты, формулы, таблицы

Номинальные токи двигателей

Номинальные токи трехфазных электродвигателей (ориентировочные значения для короткозамкнутого ротора)

Наименьшее значение выключателя короткого замыкания для трехфазных электродвигателей

Макс. значение зависит от коммутационного прибора или реле защиты электродвигателя.

Данные номинальные токи двигателя действительны для стандартных трехфазных электродвигателей внутреннего и внешнего охлаждения с вращающим моментом 1500 мин⁻¹.

Прямой запуск:	Пусковой ток макс. $6 \times$ номинального тока двигателя, время запуска макс. 5 с.
Запуск Υ/Δ :	Пусковой ток макс. $2 \times$ номинального тока двигателя, время запуска макс. 15 с. Реле защиты электродвигателя в фазе устанавливается на $0,58 \times$ номинального тока двигателя.

Номинальные токи предохранителей в случае запуска Υ/Δ действительны также и для трёхфазных электродвигателей с фазным ротором.

В случае большего номинального тока, пусковой ток и/или времени запуска следует использовать более мощный предохранитель.

Таблица действительна для инерционных предохранителей или предохранителей типа «gL» (DIN VDE 0636).

В случае низковольтных предохранителей большой разрывной мощности (типа NH) с характеристикой aM предохранитель выбирается по принципу «номинал предохранителя = номинальный ток».

Стандарты, формулы, таблицы

Номинальные токи двигателей

Мощность двигателя			230 В			400 В		
			Номинальный ток двигателя	Предохран Прямой запуск	Δ / Y	Номинальный ток двигателя	Предохран Прямой запуск	Δ / Y
кВт	cos φ	η [%]	A	A	A	A	A	A
0,06	0,7	58	0,37	2	—	0,21	2	—
0,09	0,7	60	0,54	2	—	0,31	2	—
0,12	0,7	60	0,72	4	2	0,41	2	—
0,18	0,7	62	1,04	4	2	0,6	2	—
0,25	0,7	62	1,4	4	2	0,8	4	2
0,37	0,72	66	2	6	4	1,1	4	2
0,55	0,75	69	2,7	10	4	1,5	4	2
0,75	0,79	74	3,2	10	4	1,9	6	4
1,1	0,81	74	4,6	10	6	2,6	6	4
1,5	0,81	74	6,3	16	10	3,6	6	4
2,2	0,81	78	8,7	20	10	5	10	6
3	0,82	80	11,5	25	16	6,6	16	10
4	0,82	83	14,8	32	16	8,5	20	10
5,5	0,82	86	19,6	32	25	11,3	25	16
7,5	0,82	87	26,4	50	32	15,2	32	16
11	0,84	87	38	80	40	21,7	40	25
15	0,84	88	51	100	63	29,3	63	32
18,5	0,84	88	63	125	80	36	63	40
22	0,84	92	71	125	80	41	80	50
30	0,85	92	96	200	100	55	100	63
37	0,86	92	117	200	125	68	125	80
45	0,86	93	141	250	160	81	160	100
55	0,86	93	173	250	200	99	200	125
75	0,86	94	233	315	250	134	200	160
90	0,86	94	279	400	315	161	250	200
110	0,86	94	342	500	400	196	315	200
132	0,87	95	401	630	500	231	400	250
160	0,87	95	486	630	630	279	400	315
200	0,87	95	607	800	630	349	500	400
250	0,87	95	—	—	—	437	630	500
315	0,87	96	—	—	—	544	800	630
400	0,88	96	—	—	—	683	1000	800
450	0,88	96	—	—	—	769	1000	800
500	0,88	97	—	—	—	—	—	—
560	0,88	97	—	—	—	—	—	—
630	0,88	97	—	—	—	—	—	—

Стандарты, формулы, таблицы

Номинальные токи двигателей

Мощность двигателя			500 В			690 В		
			Номинальный ток двигателя	Предохран Прямой запуск	Y / Δ	Номинальный ток двигателя	Предохран Прямой запуск	Y / Δ
кВт	cos φ	η [%]	A	A	A	A	A	A
0,06	0,7	58	0,17	2	—	0,12	2	—
0,09	0,7	60	0,25	2	—	0,18	2	—
0,12	0,7	60	0,33	2	—	0,24	2	—
0,18	0,7	62	0,48	2	—	0,35	2	—
0,25	0,7	62	0,7	2	—	0,5	2	—
0,37	0,72	66	0,9	2	2	0,7	2	—
0,55	0,75	69	1,2	4	2	0,9	4	2
0,75	0,79	74	1,5	4	2	1,1	4	2
1,1	0,81	74	2,1	6	4	1,5	4	2
1,5	0,81	74	2,9	6	4	2,1	6	4
2,2	0,81	78	4	10	4	2,9	10	4
3	0,82	80	5,3	16	6	3,8	10	4
4	0,82	83	6,8	16	10	4,9	16	6
5,5	0,82	86	9	20	16	6,5	16	10
7,5	0,82	87	12,1	25	16	8,8	20	10
11	0,84	87	17,4	32	20	12,6	25	16
15	0,84	88	23,4	50	25	17	32	20
18,5	0,84	88	28,9	50	32	20,9	32	25
22	0,84	92	33	63	32	23,8	50	25
30	0,85	92	44	80	50	32	63	32
37	0,86	92	54	100	63	39	80	50
45	0,86	93	65	125	80	47	80	63
55	0,86	93	79	160	80	58	100	63
75	0,86	94	107	200	125	78	160	100
90	0,86	94	129	200	160	93	160	100
110	0,86	94	157	250	160	114	200	125
132	0,87	95	184	250	200	134	250	160
160	0,87	95	224	315	250	162	250	200
200	0,87	95	279	400	315	202	315	250
250	0,87	95	349	500	400	253	400	315
315	0,87	96	436	630	500	316	500	400
400	0,88	96	547	800	630	396	630	400
450	0,88	96	615	800	630	446	630	630
500	0,88	97	—	—	—	491	630	630
560	0,88	97	—	—	—	550	800	630
630	0,88	97	—	—	—	618	800	630

Стандарты, формулы, таблицы

Провода

Вводы проводов и кабелей с кабельными проходными изоляторами

Ввод провода в устройства в закрытом исполнении существенно облегчается и облегчается благодаря кабельным проходным изоляторам.

Кабельные проходные изоляторы для прямого и быстрого ввода провода в корпус, а также для использования в качестве заглушек.

Мембранные проходные изоляторы, метрические	Кабельный ввод	Диаметр отверстия	Внешний диаметр кабеля	Использование кабеля NYM/NYY, 4-жильного	Кабельный проходной изолятор Тип
		мм	мм	мм ²	
 <ul style="list-style-type: none"> • IP66, со встроенной сквозной мембраной • Полиэтилен и термопластичный эластомер, безгалогенный 	M16	16,5	1 – 9	H03VV-F3 × 0,75 NYM 1 × 16/3 × 1,5	KT-M16
	M20	20,5	1 – 13	H03VV-F3 × 0,75 NYM 5 × 1,5/5 × 2,5	KT-M20
	M25	25,5	1 – 18	H03VV-F3 × 0,75 NYM 4 × 10	KT-M25
	M32	32,5	1 – 25	H03VV-F3 × 0,75 NYM 4 × 16/5 × 10	KT-M32

Стандарты, формулы, таблицы

Провода

Вводы проводов и кабелей с резьбовыми кабельными проходными изоляторами

Резьбовые кабельные проходные изоляторы,
метрические, согласно EN 50262

с резьбой длиной 9, 10, 12, 14 или 15 мм.

Резьбовые кабельные проходные изоляторы	Кабельный ввод	Диаметр отверстия	Внешний диаметр кабеля	Использование кабеля NYM/NYY, 4-жильного	Кабельный проходной изолятор Тип
		мм	мм	мм ²	
 <ul style="list-style-type: none"> с контргайкой и встроенной разгрузкой кабеля от натяжения IP68, до 5 бар, полиамид, безгалогенный 	M12	12,5	3 – 7	H03VV-F3 × 0,75 NYM 1 × 2,5	V-M12
	M16	16,5	4,5 – 10	H05VV-F3 × 1,5 NYM 1 × 16/3 × 1,5	V-M16
	M20	20,5	6 – 13	H05VV-F4 × 2,5/3 × 4 NYM 5 × 1,5/5 × 2,5	V-M20
	M25	25,5	9 – 17	H05VV-F5 × 2,5/5 × 4 NYM 5 × 2,5/5 × 6	V-M25
	M32	32,5	13 – 21	NYM 5 × 10	V-M32
	M32	32,5	18 – 25	NYM 5 × 16	V-M32G ¹⁾
	M40	40,5	16 – 28	NYM 5 × 16	V-M40
	M50	50,5	21 – 35	NYM 4 × 35/5 × 25	V-M50
	M63	63,5	34 – 48	NYM 4 × 35	V-M63

1) Не соответствует стандарту EN 50262.

Стандарты, формулы, таблицы

Провода

Внешний диаметр проводов и кабелей

Число проводников	Примерный внешний диаметр (среднее значение нескольких изделий)				
	NYM	NYY	H05 RR-F	H07 RN-F	NYCY NYCWY
Сечение мм ²	мм макс.	мм	мм макс.	мм макс.	мм
2 × 1,5	10	11	9	10	12
2 × 2,5	11	13	13	11	14
3 × 1,5	10	12	10	10	13
3 × 2,5	11	13	11	12	14
3 × 4	13	17	–	14	15
3 × 6	15	18	–	16	16
3 × 10	18	20	–	23	18
3 × 16	20	22	–	25	22
4 × 1,5	11	13	9	11	13
4 × 2,5	12	14	11	13	15
4 × 4	14	16	–	15	16
4 × 6	16	17	–	17	18
4 × 10	18	19	–	23	21
4 × 16	22	23	–	27	24
4 × 25	27	27	–	32	30
4 × 35	30	28	–	36	31
4 × 50	–	30	–	42	34
4 × 70	–	34	–	47	38
4 × 95	–	39	–	53	43
4 × 120	–	42	–	–	46
4 × 150	–	47	–	–	52
4 × 185	–	55	–	–	60
4 × 240	–	62	–	–	70
5 × 1,5	11	14	12	14	15
5 × 2,5	13	15	14	17	17
5 × 4	15	17	–	19	18
5 × 6	17	19	–	21	20
5 × 10	20	21	–	26	–
5 × 16	25	23	–	30	–
8 × 1,5	–	15	–	–	–
10 × 1,5	–	18	–	–	–
16 × 1,5	–	20	–	–	–
24 × 1,5	–	25	–	–	–

NYM: провод с оболочкой

NYY: кабель с пластмассовой оболочкой

H05RR-F: облегченный шланговый провод
(NLH + NSH)NYCY: кабель с концентрическим проводником
и пластмассовой оболочкойNYCWY: кабель с концентрическим волнообразным
проводником и пластмассовой оболочкой

Стандарты, формулы, таблицы

Провода

Кабели и провода, условные обозначения типов

Условное обозначение назначения

Гармонизированное назначение _____ -H _____
 Признанный национальный тип _____ A _____

Номинальное

300/300 В _____ 03 _____
 300/500 В _____ 05 _____
 450/750 В _____ 07 _____

Изоляционный

ПВХ _____ V _____
 Натуральный и/или стирол-бутадиеновый каучук _____ R _____
 Силиконовый каучук _____ S _____

Материал оболочки

ПВХ _____ V _____
 Натуральный и/или стирол-бутадиеновый каучук _____ R _____
 Полихлоропреновый каучук _____ N _____
 Стеклоткань _____ J _____
 Текстиль _____ T _____

9

Особенности конструкции

Плоский, разделяемый провод _____ -H _____
 Плоский, неразделяемый провод _____ H2 _____

Вид проводника

Однопроводные _____ -U _____
 Многопроводные _____ -R _____
 Проводники для обмоток _____ -K _____
 Тонкопроволочные _____ -F _____
 Особо тонкопроволочные _____ -H _____
 С нитью нитьюолючный провод из плющеной проволоки _____ -Y _____

Число жил _____ ...

Защитный провод

Без защитного провода _____ X _____
 С защитным проводом _____ G _____

Номинальное сечение проводника _____ ...

Примеры полных обозначений проводов

Соединительный провод с оболочкой из ПВХ, проводник сечением 0,75 мм² из тонкой проволоки, H05V-K 0,75, черный

Тяжелый шланговый провод, 3-жильный, сечение проводника 2,5 мм², без желто-зеленого защитного провода, A07RN-F3 × 2,5

Примечания

Стандарты, формулы, таблицы**Провода****Пересчет североамериканский значений сечения проводов в мм²**

США/Канада	Европа	
	мм² (точно)	мм² (ближайшее стандартное значение)
22	0,326	0,4
21	0,411	
20	0,518	0,5
19	0,653	
18	0,823	0,75
17	1,04	1
16	1,31	1,5
15	1,65	
14	2,08	
13	2,62	2,5
12	3,31	4
11	4,17	
10	5,26	6
9	6,63	
8	8,37	10
7	10,50	
6	13,30	16
5	16,80	
4	21,20	25
3	26,70	
2	33,60	35
1	42,40	
1/0	53,50	50
2/0	67,40	70
3/0	85	
4/0	107	95

Стандарты, формулы, таблицы**Провода**

США/Канада	Европа	
AWG/circular mills (американский сортамент проводов/круговые милы)	мм² (точно)	мм² (ближайшее стандартное значение)
circular mills		
250.000	127	120
300.000	152	150
350.000	177	185
400.000	203	
450.000	228	
500.000	253	240
550.000	279	
600.000	304	300
650.000	329	
700.000	355	
750.000	380	
800.000	405	
850.000	431	
12900.000	456	
950.000	481	
1.000.000	507	500
1.300.000	659	625

Помимо указания сечения в «circular mills» возможно также указание в «MCM»: 250.000 circular mills = 250 MCM

Стандарты, формулы, таблицы

Провода

Номинальные токи и токи короткого замыкания стандартных трансформаторов

Номинальное напряжение

U_n	400/230 V		525 V	
	Номинальный ток	Ток короткого замыкания	Номинальный ток	Ток короткого замыкания
Напряжение короткого замыкания U_K		4 %	6 %	
Номинальная мощность	I_n	I'_K		I_n
кВ-А	А	А	А	А
50	72	1 805	–	55
100	144	3 610	2 406	110
160	230	5 776	3 850	176
200	288	7 220	4 812	220
250	360	9 025	6 015	275
315	455	11 375	7 583	346
400	578	14 450	9 630	440
500	722	18 050	12 030	550
630	909	22 750	15 166	693
800	1 156	–	19 260	880
1 000	1 444	–	24 060	1 100
1 250	1 805	–	30 080	1 375
1 600	2 312	–	38 530	1 760
2 000	2 888	–	48 120	2 200

Стандарты, формулы, таблицы

Провода

		690/400 V		
4 %	6 %		4 %	6 %
Ток короткого замыкания		Номинальный ток	Ток короткого замыкания	
I_K''		I_n	I_K''	
A	A	A	A	A
1375	–	42	1042	–
2750	1833	84	2084	1392
4400	2933	133	3325	2230
5500	3667	168	4168	2784
6875	4580	210	5220	3560
8660	5775	263	6650	4380
11000	7333	363	8336	5568
13750	9166	420	10440	7120
17320	11550	526	13300	8760
–	14666	672	–	11136
–	18333	840	–	13920
–	22916	1050	–	17480
–	29333	1330	–	22300
–	36666	1680	–	27840

Стандарты, формулы, таблицы**Формулы****Закон Ома**

$$U = I \times R \text{ [V]}$$

$$I = \frac{U}{R} \text{ [A]}$$

$$R = \frac{U}{I} \text{ [\Omega]}$$

Сопротивление проводника

$$R = \frac{l}{\chi \times A} \text{ [\Omega]}$$

Медь

$$\chi = 57 \frac{\text{м}}{\Omega \text{мм}^2}$$

 l = длина проводника [м]

Алюминий:

$$\chi = 33 \frac{\text{м}}{\Omega \text{мм}^2}$$

 χ = электропроводность [м/Ωмм²]

Железо:

$$\chi = 8,3 \frac{\text{м}}{\Omega \text{мм}^2}$$

 A = сечение проводника [мм²]

Цинк:

$$\chi = 15,5 \frac{\text{м}}{\Omega \text{мм}^2}$$

Сопротивления

Дроссельная катушка

$$X_L = 2 \times \pi \times f \times L \text{ [\Omega]}$$

Конденсаторы

$$X_C = \frac{1}{2 \times \pi \times f \times C} \text{ [\Omega]}$$

Кажущееся сопротивление

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$Z = \frac{R}{\cos \varphi} \text{ [\Omega]}$$

 L = индуктивность [Гн] f = частота [Гц] C = емкость [Ф] φ = фазовый угол X_L = индуктивное сопротивление [Ω] X_C = емкостное сопротивление [Ω]**Параллельное включение сопротивлений**

При 2 параллельных сопротивлениях:

$$R_g = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \text{ [\Omega]}$$

При 3 параллельных сопротивлениях:

$$R_g = \frac{R_1 \times R_2 \times R_3}{R_1 \times R_2 + R_2 \times R_3 + R_1 \times R_3} \text{ [\Omega]}$$

Общий расчет сопротивления:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots [1/\Omega]$$

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_3} + \dots [1/\Omega]$$

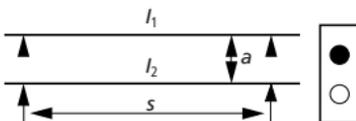
$$\frac{1}{X} = \frac{1}{X_1} + \frac{1}{X_2} + \frac{1}{X_3} + \dots [1/\Omega]$$

Стандарты, формулы, таблицы**Формулы****Электрическая мощность**

	Мощность	Потребление тока
Постоянный ток	$P = U \times I$ [W]	$I = \frac{P}{U}$ [A]
Однофазный переменный ток	$P = U \times I \times \cos\varphi$ [W]	$I = \frac{P}{U \times \cos\varphi}$ [A]
Трёхфазный ток	$P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos\varphi$ [W]	$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos\varphi}$ [A]

Взаимодействие между 2-мя параллельными проводниками2 проводника с током I_1 и I_2

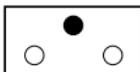
$$F_2 = \frac{0,2 \times I_1 \times I_2 \times s}{a} \text{ [N]}$$

 s = расстояние между опорами [см] a = расстояние [см]**Взаимодействие между 3-мя параллельными проводниками**3 проводника с током I

$$F_3 = 0,808 \times F_2 \text{ [N]}$$

$$F_3 = 0,865 \times F_2 \text{ [N]}$$

$$F_3 = 0,865 \times F_2 \text{ [N]}$$



Стандарты, формулы, таблицы

Формулы

Падение напряжения

	Мощность известна	Ток известен
Постоянный ток	$\Delta U = \frac{2 \times l \times P}{\chi \times A \times U} \text{ [V]}$	$\Delta U = \frac{2 \times l \times I}{\chi \times A} \text{ [V]}$
Однофазный переменный ток	$\Delta U = \frac{2 \times l \times P}{\chi \times A \times U} \text{ [V]}$	$\Delta U = \frac{2 \times l \times I}{\chi \times A} \times \cos \varphi \text{ [V]}$
Трёхфазный ток	$\Delta U = \frac{l \times P}{\chi \times A \times U} \text{ [V]}$	$\Delta U = \sqrt{3} \times \frac{l \times I}{\chi \times A} \times \cos \varphi \text{ [V]}$

Определение сечения по падению напряжения

Постоянный ток	Однофазный переменный ток	Трёхфазный ток
Мощность известна		
$A = \frac{2 \times l \times P}{\chi \times u \times U} \text{ [мм}^2\text{]}$	$A = \frac{2 \times l \times P}{\chi \times u \times U} \text{ [мм}^2\text{]}$	$A = \frac{l \times P}{\chi \times u \times U} \text{ [мм}^2\text{]}$
Ток известен		
$A = \frac{2 \times l \times I}{\chi \times u} \text{ [мм}^2\text{]}$	$A = \frac{2 \times l \times I}{\chi \times u} \times \cos \varphi \text{ [мм}^2\text{]}$	$A = \sqrt{3} \times \frac{l \times I}{\chi \times u} \times \cos \varphi \text{ [мм}^2\text{]}$

Потеря мощности

Постоянный ток	Однофазный переменный ток
$P_{\text{Verl}} = \frac{2 \times l \times P \times P}{\chi \times A \times U \times U} \text{ [W]}$	$P_{\text{Verl}} = \frac{2 \times l \times P \times P}{\chi \times A \times U \times U \times \cos \varphi \times \cos \varphi} \text{ [W]}$
Трёхфазный ток	
$P_{\text{Verl}} = \frac{l \times P \times P}{\chi \times A \times U \times U \times \cos \varphi \times \cos \varphi} \text{ [W]}$	

l = простая длина [м] провода;

A = сечение [мм²] отдельного проводника;

χ = проводимость (медь: $\chi = 57$; алюминий: $\chi = 33$; железо: $\chi = 8,3 \frac{\text{м}}{\Omega \text{мм}^2}$)

Стандарты, формулы, таблицы**Формулы****Электрическая мощность двигателей**

	Отдаваемая мощность	Потребление тока
Постоянный ток	$P_1 = U \times I \times \eta$ [W]	$I = \frac{P_1}{U \times \eta}$ [A]
Однофазный переменный ток	$P_1 = U \times I \times \cos\varphi \times \eta$ [W]	$I = \frac{P_1}{U \times \cos\varphi \times \eta}$ [A]
Трёхфазный ток	$P_1 = (1,73) \times U \times I \times \cos\varphi \times \eta$ [W]	$I = \frac{P_1}{(1,73) \times U \times \cos\varphi \times \eta}$ [A]

P_1 = механическая мощность, отдаваемая на валу двигателя согласно фирменной табличке с паспортными данными

P_2 = потребляемая электрическая мощность

Коэффициент полезного действия	$\eta = \frac{P_1}{P_2} \times (100\%)$	$P_2 = \frac{P_1}{\eta}$ [W]
Число полюсов	Синхронная частота вращения	Частота вращения при полной нагрузке
2	3 000	2800 – 2950
4	1500	1400 – 1470
6	1000	900 – 985
8	750	690 – 735
10	600	550 – 585

Синхронная частота вращения = примерная частота вращения на холостом ходу

Стандарты, формулы, таблицы**Международная система единиц****Международная система единиц (СИ)**

Основные величины Физическая величина	Обозначение	Основная единица СИ	Другие единицы СИ
Длина	l	m (метр)	km, dm, cm, mm, μ m, nm, ρ m
Масса	m	kg (килограмм)	Mg, g, mg, μ g
Время	t	s (секунда)	ks, ms, μ s, ns
Сила электрического тока	I	A (ампер)	kA, mA, μ A, nA, pA
Термодинамическая температура	T	K (кельвин)	–
Количество вещества	n	mol (моль)	Gmol, Mmol, kmol, mmol, μ mol
Сила света	I_v	cd (кандела)	Mcd, kcd, mcd

Коэффициенты пересчета старых единиц в единицы СИ**Коэффициенты пересчета**

Величина	Старая единица	Единица СИ, точно	Округленное значение
Сила	1 kp 1 dyn	9,80665 N $1 \cdot 10^{-5}$ N	10 н $1 \cdot 10^{-5}$ N
Момент силы	1 mkp	9,80665 Nm	10 Nm
Давление	1 at 1 Atm = 760 Torr 1 Torr 1 mWS 1 mmWS 1 mmWS	0,980665 bar 1,01325 bar 1,3332 mbar 0,0980665 bar 0,0980665 mbar 9,80665 Pa	1 bar 1,01 bar 1,33 bar 0,1 bar 0,1 mbar 10 Pa
Прочность, напряжение	$1 \frac{\text{kp}}{\text{мм}^2}$	$9,80665 \frac{\text{N}}{\text{мм}^2}$	$10 \frac{\text{N}}{\text{мм}^2}$
Энергия	1 mkp 1 kcal 1 erg	9,80665 J 4,1868 kJ $1 \cdot 10^{-7}$ J	10 J 4,2 kJ $1 \cdot 10^{-7}$ J

Стандарты, формулы, таблицы**Международная система единиц****Коэффициенты пересчета**

Величина	Старая единица	Единица СИ, точно	Округленное значение
Мощность	$1 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$	$4,1868 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}$	$4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}$
	$1 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$	1,163 W	1,16 W
	1 PS	0,73549 kW	0,740 kW
Коэффициент теплопередачи	$1 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{h}^\circ\text{C}}$	$4,1868 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^2 \text{hK}}$	$4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^2 \text{hK}}$
	$1 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{h}^\circ\text{C}}$	$1,163 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{-K}}$	$1,16 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{-K}}$
Динамическая вязкость	$1 \cdot 10^{-6} \frac{\text{kps}}{\text{m}^2}$	$0,980665 \cdot 10^{-5} \frac{\text{Ns}}{\text{m}^2}$	$1 \cdot 10^{-5} \frac{\text{Ns}}{\text{m}^2}$
	1 Poise	$0,1 \frac{\text{Ns}}{\text{m}^2}$	$0,1 \frac{\text{Ns}}{\text{m}^2}$
	1 Poise 0,1	Pa · s	
кинетическая вязкость	1 Stokes	$1 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	$1 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$
Угол (плоский)	1	$\frac{1}{360} \text{pla}$	$2,78 \cdot 10^{-3} \text{pla}$
	1 gon	$\frac{1}{400} \text{pla}$	$2,5 \cdot 10^{-3} \text{pla}$
	1	$\frac{\pi}{180} \text{rad}$	$17,5 \cdot 10^{-3} \text{rad}$
	1 gon	$\frac{\pi}{200} \text{rad}$	$15,7 \cdot 10^{-3} \text{pla}$
	57.296		1 rad
	63.662 gon		1 rad

Стандарты, формулы, таблицы**Международная система единиц****Пересчет единиц СИ, производные единицы****Пересчет единиц СИ и производных единиц**

Величина	Наименование единицы СИ	Обозначение	Основные единицы	Пересчет единиц СИ
Сила	ньютон	N	$1 \cdot \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$	
Момент силы	ньютон-метр	Nm	$1 \cdot \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$	
Давление	бар	bar	$10^5 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2}$	$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$
	паскаль	Pa	$1 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2}$	$1 \text{ Pa} = 10^{-5} \text{ bar}$
Энергия, количество теплоты	джоуль	J	$1 \cdot \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$	$1 \text{ J} = 1 \text{ Ws} = 1 \text{ Nm}$
Мощность	ватт	W	$1 \cdot \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3}$	$W = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 1 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{s}}$
Напряжение, прочность		$\frac{\text{N}}{\text{мм}^2}$	$10^6 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2}$	$1 \frac{\text{N}}{\text{мм}^2} = 10^2 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$
	градус гон	gon		$360^\circ = 1 \text{ pla} = 2\pi \text{ rad}$ $400 \text{ gon} = 360^\circ$
	радиан	rad	$1 \frac{\text{m}}{\text{m}}$	
Электрическое напряжение	вольт	V	$1 \cdot \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3 \cdot \text{A}}$	$1 \text{ V} = 1 \cdot \frac{\text{W}}{\text{A}}$
		Ω	$1 \cdot \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3 \cdot \text{A}^2}$	$1 \Omega = 1 \cdot \frac{\text{V}}{\text{A}} = 1 \cdot \frac{\text{W}}{\text{A}^2}$
Электрическая проводимость	сименс	S	$1 \cdot \frac{\text{s}^3 \cdot \text{A}^2}{\text{kg} \cdot \text{m}^2}$	$1 \text{ S} = 1 \cdot \frac{\text{A}}{\text{V}} = 1 \cdot \frac{\text{A}^2}{\text{W}}$
Электрический заряд, количество электричества	кулон	C	$1 \cdot \text{A} \cdot \text{s}$	

Стандарты, формулы, таблицы**Международная система единиц****Пересчет единиц СИ и производных единиц**

Величина	Наименование единицы СИ	Обозначение	Основные единицы	Пересчет единиц СИ
Емкость	фарада	F	$1 \cdot \frac{\text{с}^4 \cdot \text{А}}{\text{кг} \cdot \text{м}^2}$	$1 \text{ F} = 1 \cdot \frac{\text{C}}{\text{V}} = 1 \cdot \frac{\text{с} \cdot \text{А}^2}{\text{W}}$
Напряженность электрического поля		$\frac{\text{V}}{\text{m}}$	$1 \cdot \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^3 \cdot \text{А}}$	$1 \frac{\text{V}}{\text{m}} = 1 \cdot \frac{\text{W}}{\text{А} \cdot \text{м}}$
Магнитный поток	вебер	W _b	$1 \cdot \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}^2 \cdot \text{А}}$	$1 \text{ W}_b = 1 \cdot \text{V} \cdot \text{с} = 1 \cdot \frac{\text{W} \cdot \text{с}}{\text{А}}$
Магнитная индукция	тесла	T	$1 \cdot \frac{\text{кг}}{\text{с}^2 \cdot \text{А}}$	$1 \text{ T} = \frac{\text{W}_b}{\text{м}^2} = 1 \cdot \frac{\text{V} \cdot \text{с}}{\text{м}^2} = 1 \cdot \frac{\text{W} \cdot \text{с}}{\text{м}^2 \cdot \text{А}}$
Индуктивность	генри	-H	$1 \cdot \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}^2 \cdot \text{А}^2}$	$-\text{H} = \frac{\text{W}_b}{\text{А}} = 1 \cdot \frac{\text{V} \cdot \text{с}}{\text{А}} = 1 \cdot \frac{\text{W} \cdot \text{с}}{\text{А}^2}$

Десятичные части и кратные единиц

Степень	Приставки	Обозначение	Степень	Приставки	Обозначение
10 ⁻¹⁸	атто	a	10 ⁻¹	деци	d
10 ⁻¹⁵	фемто	f	10	дека	da
10 ⁻¹²	пико	p	10 ²	гекто	h
10 ⁻⁹	нано	n	10 ³	кило	k
10 ⁻⁶	микро	μ	10 ⁶	мега	M
10 ⁻³	мили	m	10 ⁹	гига	G
10 ⁻²	санτι	c	10 ¹²	тера	T

Стандарты, формулы, таблицы**Международная система единиц****Физические единицы**

Устаревшие единицы

Сила (механическая)

Единица СИ:	N (ньютон) J/m (джоуль/м)			
Прежняя единица:	kp (килограмм-сила) dyn (дина)			
1 N	= 1 J/m	= 1 kg m/s ²	= 0,102 kp	= 10 ⁵ dyn
1 J/m	= 1 N	= 1 kg m/s ²	= 0,102 kp	= 10 ⁵ dyn
1 kg m/s ²	= 1 N	= 1 J/m	= 0,102 kp	= 10 ⁵ dyn
1 kp	= 9,81 N	= 9,81 J/m	= 9,81 kg m/s ²	= 0,981 10 ⁶ dyn
1 dyn	= 10 ⁻⁵ N	= 10 ⁻⁵ J/m	= 10 ⁻⁵ kg m/s ²	= 1,02 10 ⁻⁵ kp

Давление

Единица СИ:	Pa (паскаль) bar (бар)			
Прежняя единица:	at = kp/cm ² = 10 m Ws Torr = mm Hg atm			
1 Pa	= 1 N/m ²	= 10 ⁻⁵ bar		
1 Pa	= 10 ⁻⁵ bar	= 10,2 · 10 ⁻⁶ at	= 9,87 · 10 ⁻⁶ at	= 7,5 · 10 ⁻³ Torr
1 bar	= 10 ⁵ Pa	= 1,02 at	= 0,987 at	= 750 Torr
1 at	= 98,1 · 10 ³ Pa	= 0,981 bar	= 0,968 at	= 736 Torr
1 atm	= 101,3 · 10 ³ Pa	= 1,013 bar	= 1,033 at	= 760 Torr
1 Torr	= 133,3 Pa	= 1,333 · 10 ⁻³ bar	= 1,359 · 10 ⁻³ at	= 1,316 · 10 ⁻³ atm

Стандарты, формулы, таблицы**Международная система единиц****Работа**

Единица СИ:	J (Джоуль) Nm (ньютон-метр)				
Единица СИ: (как ранее)	Ws (ватт-секунда) kWh (киловатт-час)				
Прежняя единица:	kcal (килокалория) = cal · 10 ⁻³				
1 Ws	= 1 J	= 1 Nm	10 ⁷ erg		
1 Ws	= 278 · 10 ⁻⁹ kWh	= 1 Nm	= 1 J	= 0,102 kpm	= 0,239 cal
1 kWh	= 3,6 · 10 ⁶ Ws	= 3,6 · 10 ⁶ Nm	= 3,6 · 10 ⁶ J	= 367 · 10 ⁶ kpm	= 860 kcal
1 Nm	= 1 Ws	= 278 · 10 ⁻⁹ kWh	= 1 J	= 0,102 kpm	= 0,239 cal
1 J	= 1 Ws	= 278 · 10 ⁻⁹ kWh	= 1 Nm	= 0,102 kpm	= 0,239 cal
1 kpm	= 9,81 Ws	= 272 · 10 ⁻⁶ kWh	= 9,81 Nm	= 9,81 J	= 2,34 cal
1 kcal	= 4,19 · 10 ³ Ws	= 1,16 · 10 ⁻³ kWh	= 4,19 · 10 ³ Nm	= 4,19 · 10 ³ J	= 427 kpm

Мощность

Единица СИ:	Nm/s (ньютон-метр/с) J/s (джоуль/с)				
Единица СИ: (как ранее)	W (ватт) kW (киловатт)				
Прежняя единица:	kcal/s (килокалория/сек.) = cal/s · 10 ³ kcal/h (килокалория/час) = cal/h · 10 ⁶ kpm/s (килограмм-сила-метр/сек.) PS (лошадиная сила)				
1 W	= 1 J/s	= 1 Nm/s			
1 W	= 10 ⁻³ kW	= 0,102 kpm/s	= 1,36 · 10 ⁻³ PS	= 860 cal/h	= 0,239 cal/s
1 kW	= 10 ³ W	= 102 kpm/s	= 1,36 PS	= 860 · 10 ³ cal/h	= 239 cal/s
1 kpm/s	= 9,81 W	= 9,81 · 10 ⁻³ kW	= 13,3 · 10 ⁻³ PS	= 8,43 · 10 ³ cal/h	= 2,34 cal/s
1 PS	= 736 W	= 0,736 kW	= 75 kpm/s	= 632 · 10 ³ cal/h	= 176 cal/s
1 kcal/h	= 1,16 W	= 1,16 · 10 ⁻³ kW	= 119 · 10 ⁻³ kpm/s	= 1,58 · 10 ⁻³ PS	= 277,8 · 10 ⁻³ cal/s
1 cal/s	= 4,19 W	= 4,19 · 10 ⁻³ kW	= 0,427 kpm/s	= 5,69 · 10 ⁻³ PS	= 3,6 kcal/h

Стандарты, формулы, таблицы**Международная система единиц****Магнитный поток**

Единица СИ:		$\frac{\text{A}}{\text{m}}$	$\frac{\text{ампер}}{\text{метр}}$
Превьющая единица:		Oe = (эрстед)	
$1 \frac{\text{A}}{\text{m}}$	= 0,001 $\frac{\text{kA}}{\text{m}}$	= 0,01256 Oe	
$1 \frac{\text{kA}}{\text{m}}$	= 1000 $\frac{\text{A}}{\text{m}}$	= 12,56 Oe	
1 Oe	= 79,6 $\frac{\text{A}}{\text{m}}$	= 0,0796 $\frac{\text{kA}}{\text{m}}$	

Магнитный поток

Единица СИ		Wb (вебер)	μWb (микровебер)
Превьющая единица:		M = максвелл	
1 Wb	= 1 Tm ²		
1 Wb	= 10 ⁶ μWb	= 10 ⁸ M	
1 μWb	= 10 ⁻⁶ Wb	= 100 M	
1 M	= 10 ⁻⁸ Wb	= 0,01 μWb	

Магнитная индукция

Единица СИ:		T (тесла)	mT (миллитесла)
Превьющая единица:		G = гаусс	
1 T	= 1 Wb/m ²		
1 T	= 10 ³ mT	= 10 ⁴ G	
1 mT	= 10 ⁻³ T	= 10 G	
1 G	= 0,1 ⁻³ T	= 0,1 mT	

Стандарты, формулы, таблицы**Международная система единиц****Пересчет английских/американских единиц в единицы SI**

Длина	1 дюйм	1 фут	1 ярд	1 миля Сухопутная миля	1 миля Морская миля	
m	$25,4 \cdot 10^{-3}$	0,3048	0,9144	$1,609 \cdot 10^3$	$1,852 \cdot 10^3$	
Вес	1 фунт	1 тонна (Англия) длинная тонна	1 центнер (Англия) длинный центнер	1 тонна (США) короткая тонна	1 унция	1 гран
kg	0,4536	1016	50,80	907,2	$28,35 \cdot 10^{-3}$	$64,80 \cdot 10^{-6}$
Площадь	1 кв. дюйм	1 кв. фут	1 кв. ярд	1 акр	1 кв. миля	
m ²	$0,6452 \cdot 10^{-3}$	$92,90 \cdot 10^{-3}$	0,8361	$4,047 \cdot 10^3$	$2,590 \cdot 10^3$	
Объем	1 куб. дюйм	1 куб. фут	1 куб. ярд	1 галлон (США)	1 галлон (Англия)	
m ³	$16,39 \cdot 10^{-6}$	$28,32 \cdot 10^{-3}$	0,7646	$3,785 \cdot 10^{-3}$	$4,546 \cdot 10^{-3}$	
Сила	1 фунт	1 тонна (Англия) длинная тонна	1 тонна (США) короткая тонна	1 фунтал (poundal)		
N	4,448	$9,964 \cdot 10^3$	$8,897 \cdot 10^3$	0,1383		
Скорость	1 $\frac{\text{миля}}{\text{h}}$	1 узел	1 $\frac{\text{фут}}{\text{s}}$	1 $\frac{\text{фут}}{\text{min}}$		
$\frac{\text{m}}{\text{s}}$	0,4470	0,5144	0,3048	$5,080 \cdot 10^{-3}$		
Давление	1 фунт на кв. дюйм	1 дюйм ртутного	1 фут H ₂ O	1 дюйм H ₂ O		
bar	$65,95 \cdot 10^{-3}$	$33,86 \cdot 10^{-3}$	$29,89 \cdot 10^{-3}$	$2,491 \cdot 10^{-3}$		
Энергия, работа	1 л.с. в час	1 британская тепловая единица	1 фунт-калория			
J	$2,684 \cdot 10^6$	$1,055 \cdot 10^3$	$1,90 \cdot 10^3$			

Стандарты, формулы, таблицы**Международная система единиц****Пересчет единиц SI в английские/американские единицы**

Длина	1 cm	1 m	1 m	1 km	1 km
	0,3937 дюйма	3,2808 фута	1,0936 ярда	0,6214 мили (сухопутной мили)	0,5399 мили (морской мили)
Вес	1 g	1 kg	1 kg	1 тонна	1 тонна
	15,43 гран	35,27 унций	2,2046 фунта	0,9842 длинной тонны	1,1023 короткой тонны
Площадь	1 cm ²	1 m ²	1 m ²	1 m ²	1 km ²
	0,1550 кв. дюйма	10,7639 кв. футов	1,1960 кв. ярдов	0,2471 · 10 ⁻³ акра	0,3861 кв. мили
Объем	1 cm ³	1 l	1 m ³	1 m ³	1 m ³
	0,06102 куб. дюйма	0,03531 куб. фута	1,308 куб. ярд	264,2 галлона (США)	219,97 галлона (Англия)
Сила	1 N	1 N	1 N	1 N	1 N
	0,2248 фунта	0,1003 · 10 ⁻³ длинной тонны (Англия)	0,1123 · 10 ⁻³ короткой тонны (США)	0,1123 · 10 ⁻³ короткой тонны (США)	7,2306 фунтала
Скорость	1 m/s	1 m/s	1 m/s	1 m/s	
	3,2808 фута/с	196,08 фута/мин	1,944 узла	2,237 мили/ч	
Давление	1 bar	1 bar	1 bar	1 bar	
	14,50 фунтов на кв. дюйм	29,53 дюймов ртутного столба	33,45 футов H ₂ O	401,44 дюймов H ₂ O	
Энергия, работа	1 J	1 J	1 J	1 J	
	0,3725 · 10 ⁻⁶ л.с. в час	0,9478 · 10 ⁻³ британской тепловой единицы	0,9478 · 10 ⁻³ британской тепловой единицы	0,5263 · 10 ⁻³ фунта-калории	

Примечания

Примечания
