

ПРЕДИСЛОВИЕ

Вокруг нас всегда находится самое разное **электрическое оборудование**. И в нашей повседневной жизни мы им постоянно пользуемся. Однако, если исключить тех, кто работает непосредственно с этим оборудованием, окажется, что не так уж много людей хорошо понимает его устройство и его роль.

Однако в его устройстве и его роли иногда бывает необходимо разобраться и тем, кто не является специалистом в этой области. Так и Юи, героиня этой книги, начала изучать электрооборудование, чтобы реконструировать отель, которым управляют её родители. Не правда ли, многие люди, как и Юи, сталкиваются с проблемами, требующими изучения этого оборудования, например, при обслуживании зданий и учреждений?

Эта книга была создана с целью дать представление об устройстве и роли электрического оборудования и работе с ним для непрофессионалов и для тех, кто планирует начать работать с ним в будущем. Чтобы любой новичок смог разобраться с электрооборудованием, в книге мы, в качестве примера, расскажем об отеле, которым управляют родители Юи. Сначала расскажем об освещении и розетках, а затем постепенно приблизимся к самому сердцу электрооборудования, к трансформаторной подстанции. По правде говоря, такой порядок повествования соответствует базовому образованию в этой области, и автор этой книги тоже обучался именно так. И вы, дорогие читатели, попробуйте вместе с Юи начать изучение электрооборудования с окружающих вас предметов. Каждая глава снабжена более подробным дополнительным материалом, но если он покажется вам слишком трудным, его можно пропустить. Если вы прочтаете даже только разделы с мангой и составите себе общее представление об электрическом оборудовании, это будет уже хорошо.

Так как цель данной книги дать общее представление об устройстве и роли электрооборудования и о работе с ним, то её содержание не обязано быть системным и всеобъемлющим. Если после прочтения этой книги у вас останутся вопросы или захочется узнать больше об электрическом оборудовании, обратитесь, пожалуйста, к профессиональной литературе по данной теме.

В конце я хочу выразить благодарность сотрудникам компании Ohmsha, предоставившим мне возможность создания данной книги, сотрудникам компании G-grape, ответственным за редактирование, и художнице Сасаока Хару, придумавшей историю и превратившей эту книгу в мангу.

Игараси Хирокадзу
Июнь 2016

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	V
ПРОЛОГ	1
ГЛАВА 1. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ВОКРУГ НАС	11
1.1. Электрооборудование	14
1.2. Розетки	17
1.3. Положение выключателей	21
1.4. Освещение	25
1.5. Оценка освещённости	30
1.6. Распределительный щит	37
Дополнительный материал.....	42
ГЛАВА 2. ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ	53
2.1. Путь электричества.....	57
2.2. Щиты управления.....	61
2.3. Автоматы	63
2.4. Электроприборы	65
2.5. Утечка электрического тока.....	70
Дополнительный материал.....	76
ГЛАВА 3. ПРОЧЕЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ	85
3.1. Оборудование по защите от стихийных бедствий	89
3.2. Автоматическая пожарная сигнализация	91
3.3. Противопожарные и противодымные блокировочные устройства. Аварийное оповещение.....	94
3.4. Эвакуационное и аварийное освещение	97

3.5. Меры предосторожности в обращении с оборудованием для защиты от стихийных бедствий	101
3.6. Громоотвод	103
Дополнительный материал.....	112

ГЛАВА 4. СЕРДЦЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ..... 125

4.1. Энергопринимающее и трансформаторное оборудование	128
4.2. Координация защиты	131
4.3. Разрывная мощность. Трансформаторная мощность.....	132
4.4. Электрощитовая	136
Дополнительный материал.....	143

ГЛАВА 5. МОЗГИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГИЯ..... 151

5.1. Оборудование для централизованного наблюдения	156
5.2. Контроль спроса	159
5.3. Когенерационная система.....	164
5.4. Использование солнечной энергии и энергии ветра.....	166
5.5. Периодические проверки	170
Дополнительный материал.....	175

ЭПИЛОГ 182

ПРОЛОГ

ЮИ, НЕ СТОИТ
ВОЛНОВАТЬСЯ!

Отель
Аманогава

Отель
Аманогава

НО ВЕДЬ...

ЧТО КАСАЕТСЯ ОТЕЛЯ,
ПОЛОЖИСЬ НА НАС.

Папа **Такахаси Юидэо**

Мама **Такахаси Май**

MMM...

Такахаси Юи (16 лет)



СМОТРИТЕ-КА,
ОПЯТЬ
НАЧАЛОСЬ...

ОНА НЕ ИЗМЕНИЛАСЬ,
ДАЖЕ СТАВ
СТАРШЕКЛАССНИЦЕЙ.

ФАНТАЗИРОВАТЬ,
КОНЕЧНО, ХОРОШО, НО...

ОНИ ОБА ПРОСТО
КАК ДЕТИ.



НО Я ЖЕ СЕРЬЁЗНО
ГОВОРЮ!

ШУР



ТЫ ЛУЧШЕ СЕРЬЁЗНЕЕ
ОТНЕСИСЬ К УЧЁБЕ.

Э-э-э...

ВОТ-ВОТ!
ДОМАШНИЕ ЗАДАНИЯ
ТЫ УЖЕ ВСЁ
СДЕЛАЛА?

А...



ХМ...

НАДО
ЧТО-ТО
ПРИДУМАТЬ...



МОЖНО ПОПРОБОВАТЬ
ВЫИГРАТЬ В ЛОТЕРЕЮ
ИЛИ НАЙТИ НЕФТЯНУЮ
СКВАЖИНУ.

Женские

бани

ПЛОТ

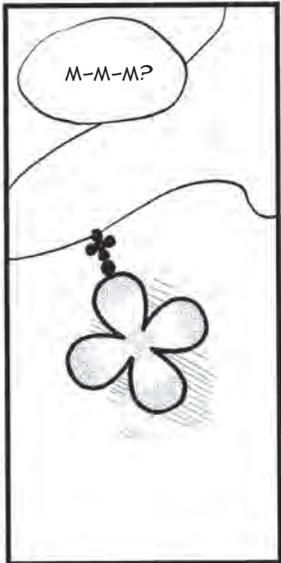


Э-э-э?..

В ТАКОЕ ВРЕМЯ
НИКОГО ТАМ БЫТЬ
НЕ ДОЛЖНО...



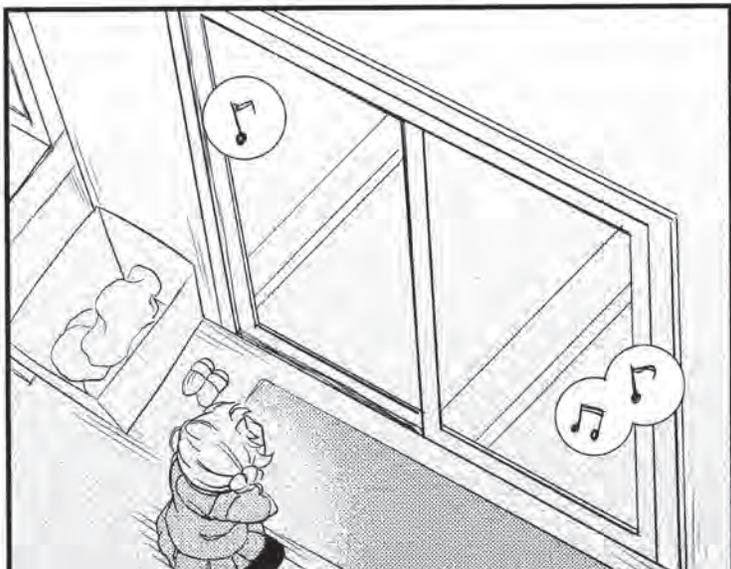
СЕРИИ



М-М-М?



КТО-ТО ПОТЕРЯЛ,
ЧТО ЛИ? КАКАЯ
ПРЕЛЕСТЬ!









ЕСЛИ ТЫ АНГЕЛ,
ВЫПОЛНИШЬ МОЁ
ЖЕЛАНИЕ, ДА?

А? С ЧЕГО
ЭТО ВАРУГ?

СДЕЛАЙ
РЕКОНСТРУКЦИЮ
ЭТОГО ОТЕЛА!

**ВОТ ТАК
ПРИМЕРНО!**



НЕ
ВЫИДАЕТ.

ПОЧЕМУ
ЭТО?!

ЭТО Ж ЦЕЛЫЙ ЗАМОК!
НЕ ВЫИДАЕТ.



ТОГДА Я НЕ ВЕРНУ
ЭТУ ШТУКУ!

ЧТО?

ВОТ ПОЧЕМУ
Я НЕ ЛЮБЛЮ
ЛЮДЕЙ...



ЧЁРТ! Я И ТАК,
ПРОГУЛЯВ СЛУЖБУ,
РАССЛАБЛЯЛАСЬ
В ОНСЭНЕ*.

А ЕСЛИ ЕЩЁ
И ЭТУ ВЕЩЬ
ПОТЕРЯЮ,
ОХ МНЕ
И ДОСТАНЕТСЯ...

НУ, ЛАДНО. Я ПОМОГУ ТЕБЕ
ПО МЕРЕ СВОИХ СИЛ, А ТЫ
ВЕРНЁШЬ МОЮ ВЕЩЬ,
ДОГОВОРИЛИСЬ?

ДА!



КСТАТИ, ВСЁ ЧТО Я УМЕЮ,
ЭТО ТОЛЬКО ПЕРЕМЕЩАТЬ
ЛЮДЕЙ ИЛИ ПРЕДМЕТЫ.

ТОГДА ТЫ МОЖЕШЬ
ПЕРЕНЕСТИ ИЗ-ЗА
ГРАНИЦЫ ЗАМОК!



С ЗАМКОМ
НЕ ВЫЙДЕТ,
Я ЖЕ СКАЗАЛА!

* Онсэн – японские бани, где принято погружаться в бассейны с разной температурой воды. Вода в онсэнах преимущественно из природных источников. – Прим. перев.



ПРЕЖДЕ ВСЕГО
НАДО ПРИГЛАСИТЬ
ПРОФЕССИОНАЛОВ, А ТЫ
ДОЛЖНА ВЫУЧИТЬ ВСЁ, ЧТО
НУЖНО, ЧТОБЫ НАПРАВЛЯТЬ
ИХ РАБОТУ.

Э? А ПОПРОШЕ
НЕЛЬЗЯ?..



ТЫ ЖЕ ЕДИНСТВЕННАЯ ДОЧЬ
ХОЗЯЕВ ОТЕЛЯ, ТАК?

Я СЛЫШАЛА РАЗГОВОРЫ
РАБОТНИЦ О ТЕБЕ.



У ЭТОЙ ЕДИНСТВЕННОЙ
ДОЧЕРИ ОДНИ ПУСТЫЕ
ФАНТАЗИИ В ГОЛОВЕ,
ВОТ ЧТО ОНИ ГОВОРЯТ!

ТЫК

И С ЭТОЙ РЕКОНСТРУКЦИЕЙ
ТЫ ПРОСТО ХОЧЕШЬ ПОИГРАТЬ
В КУКОЛЬНЫЙ ДОМИК,
НЕ ТАК ЛИ?

И-НЕТ, ЭТО НЕ ТАК!



НУ ТОГДА
ПОПРОБУЙ ОБЪЯСНИТЬ,
ЧТО И ЗАЧЕМ ТЫ
ХОЧЕШЬ СДЕЛАТЬ.

ЭТО ЗАДАНИЕ УЖЕ СТАРОЕ,
ТО И ДЕЛО ВЫЛЕЗАЮТ
ПРОБЛЕМЫ...



НАПРИМЕР,
СЕГОДНЯ ПРОПАЛО
ЭЛЕКТРИЧЕСТВО,

И ВСЕХ ГОСТЕЙ
ПРИШЛОСЬ ПЕРЕВОДИТЬ
В ДРУГОЙ, НОВЫЙ ОТЕЛЬ.
Я ХОЧУ ЭТО ПРЕКРАТИТЬ...



ИСПОЛЬЗУЙТЕ СВЕЧИ,
И НЕ НАДО БУДЕТ
БОЯТЬСЯ ОТКЛЮЧЕНИЯ
ЭЛЕКТРИЧЕСТВА!

Я... К ЭТОМУ
ОТЕЛЮ...



...ОТНОШУСЬ
ОЧЕНЬ
СЕРЬЕЗНО!

ТАК НЕ ЗАБУДАЙ
ЭТИ СЛОВА!

ВКУХ

Э-Э-Э?!

ХЛОП

ГДЕ ЭТО Я?
ЧТО ПРОИСХОДИТ...

ДОБРО ПОЖАЛОВАТЬ!

БУМ

КТО
ЭТО?!

ГЛАВА 1

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ВОКРУГ НАС





Я МЕЧТАЮ ПОСТРОИТЬ ТУТ ЗАМОК!

НА МЕСТЕ ОТЕЛЯ!

ЗАМОК?!

ГДЕ?!



НО У НАС С НЕДАВНИХ ПОР ПОСТОЯННО ПРОПАДАЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО. ЧТО С ЭТИМ МОЖНО СДЕЛАТЬ?

ХММ...



МЕЧТА, ЗНАЧИТ...

ДА! МОЯ МЕЧТА!

ПОХОЖЕ, ОНИ НАШЛИ ОБЩИЙ ЯЗЫК...



НУ РАЗ МЕЧТА, НИЧЕГО НЕ ПОДЕЛАЕШЬ. МОЖЕТЕ НА МЕНЯ ПОЛОЖИТЬСЯ!

Я ВАС ПОНИМАЮ.



МЕНЯ ЗОВУТ ТАКАХАСИ ЮУ. ОЧЕНЬ РАДА ЗНАКОМСТВУ.

А-А-А... А Я НАМОТО - ЭЛЕКТРИК. РАДА ЗНАКОМСТВУ.

Намото Сатоси

Электрик
Занимается прокладкой электрических сетей и установкой электрического оборудования (см. стр. 45)



АНГЕЛ, А КАК ВАС ЗОВУТ?

У МЕНЯ НЕТ ИМЕНИ.



1.1 ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ



И КОГДА БАТАРЕЯ В ТЕЛЕФОНЕ
РАЗРЯДИТСЯ, ИМ ТОЖЕ УЖЕ НЕЛЬЗЯ БУДЕТ
ВОСПОЛЬЗОВАТЬСЯ. САМО СОБОЙ,
И ТЕЛЕВИЗОР С ИНТЕРНЕТОМ
РАБОТАТЬ НЕ БУДУТ.

НИЧЕГО НЕ РАБОТАЕТ...

МЫ ТАК ПРИВЫКЛИ К ТОМУ,
ЧТО ЭЛЕКТРИЧЕСТВО
ВСЕГДА К НАШИМ УСЛУГАМ...

СВЕРК

ВКЛЮЧИЛОСЬ...

...И ТОЛЬКО, КОГДА ОНО ВДУРУГ ВОТ ТАК
ИСЧЕЗАЕТ, ПОНИМАЕМ, ЧТО НИЧЕГО О НЁМ
ТОЛКОМ НЕ ЗНАЕМ, А ТАКОЕ ЗНАНИЕ МОГЛО БЫ
ВСЕГДА ПРИГОДИТЬСЯ.

И ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ ОТЕЛЯ
ТОЖЕ НЕОБХОДИМО ЗНАТЬ
ПРО ЭЛЕКТРИЧЕСТВО?

А КУДА ЖЕ
ДЕЛСЯ ЗАМОК?

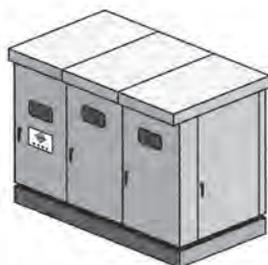
Я БЕРУ ОТЕЛЬ
ДЛЯ ПРИМЕРА!

Я СЧИТАЮ, ПРИ РАБОТЕ СО ЗАДАНИЯМИ
НЕОБХОДИМО РАЗБИРАТЬСЯ
В ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИИ.

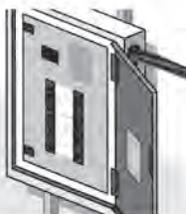
ЭЛЕКТРО-
ОБОРУДОВАНИЕ?..



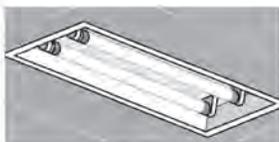
Примеры электрооборудования



Трансформаторная будка



Распределительный щит



Осветительные приборы



Централизованное видеонаблюдение

СРЕДИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЕСТЬ ВНУТРЕННЕЕ¹, КОТОРОЕ РАСПОЛАГАЕТСЯ ВНУТРИ ЗАДАНИЯ. ЭТО, НАПРИМЕР, ПРОВОДА, ПО КОТОРЫМ ПЕРЕДАЁТСЯ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО. ТАКЖЕ К НЕМУ ОТНОСИТСЯ ВСТРОЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ. М-М-М... В ОБЩЕМ, ЭТО ТО, ЧТО НЕ ВКЛЮЧАЕТСЯ В РОЗЕТКУ.

ЗНАЧИТ... ТЕЛЕФОН И ТЕЛЕВИЗОР НЕ ОТНОСИТСЯ К ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЮ, ВЕДЬ ИХ НАДО ВКЛЮЧАТЬ В РОЗЕТКУ?

АА.

¹ К нему относятся, например, приёмное электрооборудование, трансформаторы, энергетическое оборудование, осветительное оборудование, различное слаботочное электрооборудование, оборудование для централизованного видеонаблюдения, громоотводы и т. д.

1.2 РОЗЕТКИ

НО ПРИ ЭТОМ
САМИ РОЗЕТКИ ОТНОСЯТСЯ
К ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЮ.

ВОТ КАК!

Я ВОТ О РОЗЕТКАХ ВСЁ ВРЕМЯ ДУМАЮ...

КАК БЫЛО БЫ УДОБНО,
ЕСЛИ БЫ ИХ БЫЛО МНОГО -
И ТУТ, И ТАМ.

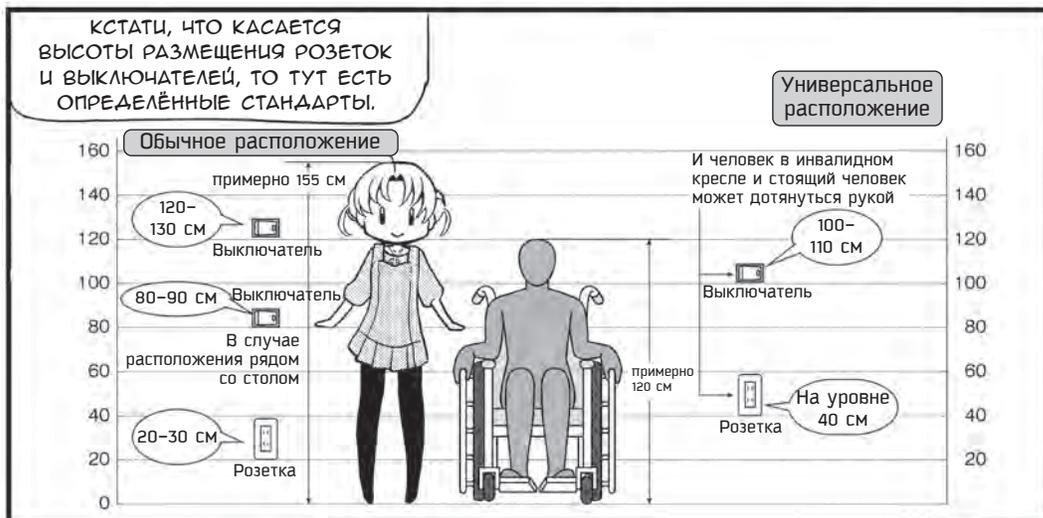
НЕТ.
ЕСЛИ ИХ БУДЕТ
СЛИШКОМ МНОГО,
ТО ОДНОВРЕМЕННОЕ
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОЖЕТ
ПРИВЕСТИ К ОТКЛЮЧЕНИЮ
И ПОЛОМКАМ.

ПШИ!

Э-э-э...

ИДЕАЛЬНО, КОГДА В НУЖНЫХ
МЕСТАХ РАСПОЛАГАЕТСЯ
ТОЛЬКО НЕОБХОДИМОЕ
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ.

А СДЕЛАТЬ ЭТО
ДОВОЛЬНО НЕПРОСТО.



КОГДА ДЕЛО КАСАЕТСЯ ЗАВОДОВ ИЛИ, НАПРИМЕР, КУХОНЬ, ТО ОБЫЧНО СНАЧАЛА СОСТАВЛЯЕТСЯ ПЛАН ПОМЕЩЕНИЯ, А ЗАТЕМ ОПРЕДЕЛЯЮТСЯ МЕСТА ДЛЯ РОЗЕТОК.



ДЛЯ ЭТОГО ХОРОШО БЫ НЕ ТОЛЬКО ИЗУЧИТЬ ЧЕРТЁЖ, НО И ПОСЕТИТЬ САМО ПОМЕЩЕНИЕ, УТОЧНИВ ДЕТАЛИ НА МЕСТЕ.

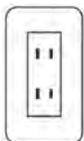


ЧТОБЫ УЗНАТЬ МНЕНИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ РОЗЕТОК?

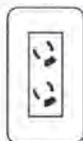
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МЕСТА РАСПОЛОЖЕНИЯ РОЗЕТКИ БЫВАЮТ РАЗНЫХ ТИПОВ¹.



НАИБОЛЕЕ ЧАСТО ВСТРЕЧАЮТСЯ РОЗЕТКИ ТАКИХ ТИПОВ:

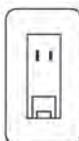


Двойная розетка



Удерживающая вилку розетка

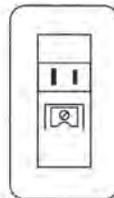
С защитой от выдергивания вилки



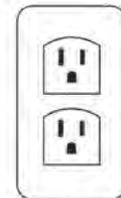
Розетка с заземлением

Используется для холодильников, микроволновых печей, стиральных машин и т. д.

С ЗАЗЕМ-ЛЕНИЕМ?..



ЧТОБЫ ПРИ УТЕЧКЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА НЕ ПРОИЗОШЛО ЗАМЫКАНИЯ, ЕГО НАПРАВЛЯЮТ В ЗЕМЛЮ.



В ЗЕМЛЮ?!

В ОСНОВНОМ ТАКИЕ РОЗЕТКИ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ ДЛЯ СТИРАЛЬНЫХ МАШИН, ХОЛОДИЛЬНИКОВ И Т. Д. КОГДА РЯДОМ С РОЗЕТКОЙ ЕСТЬ ВОДА, ЭТО ОПАСНО, ТАК КАК МОЖЕТ ПРИВЕСТИ К ЗАМЫКАНИЮ. ПОЭТОМУ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ИСПОЛЬЗУЮТ ТАКИЕ РОЗЕТКИ.

¹ Типы бытовых розеток в разных странах различаются: в Японии у розеток два вертикальных отверстия (тип А), в России – два круглых (тип С). Всего различают 12 типов розеток (А–Л).

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО ТЕЧЁТ ОТ ТОЧКИ С БОЛЬШИМ ПОТЕНЦИАЛОМ К ТОЧКЕ С МЕНЬШИМ ПОТЕНЦИАЛОМ.



ЕСЛИ СОЕДИНИТЬ РОЗЕТКУ С ЗЕМЛЁЙ, ПОТЕНЦИАЛ КОТОРОЙ РАВЕН 0 В, ТО ОНА СТАНЕТ БЕЗОПАСНОЙ ДЛЯ ЧЕЛОВЕКА.

ДЛЯ РАБОТЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ТРЕБУЕТСЯ ОПРЕДЕЛЁННОЕ НАПРЯЖЕНИЕ.

И РОЗЕТКИ ДЛЯ ТАКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НУЖНЫ СООТВЕТСТВУЮЩИЕ.

Нужно 200 В



Используется на производстве

А ПО ФОРМЕ РОЗЕТКИ БЫВАЮТ ТАКИМИ:

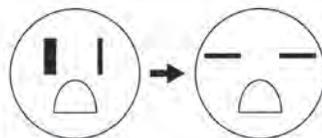
Форма вилок

Тип	Однофазная с заземлением		Трёхфазная 200 В		
	Номинальный ток (А)	Номинальное напряжение 125 В	Номинальное напряжение 200 В	В общем случае	С заземлением
15					
20					
30					
50					

* Контуром отмечены заземляющие штыри, а жирной чертой – боковые пластины для заземления (источник: Ассоциация электробезопасности Канто).

ПОХОЖЕ НА РОЖИЦЫ!

"НОМИНАЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ 125 В" ОЗНАЧАЕТ, ЧТО ПРИБОР ВЫДЕРЖИВАЕТ НАПРЯЖЕНИЕ ДО 125 В. ЗНАЧЕНИЕ НОМИНАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ БОЛЬШЕ ЗНАЧЕНИЯ НОРМАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ, РАВНОГО 100 В.



А ЧТО ЕСЛИ ТАКУЮ ВИЛКУ ВКЛЮЧИТЬ В ТАКУЮ РОЗЕТКУ?

ВСЁ СЛОМАЕТСЯ.

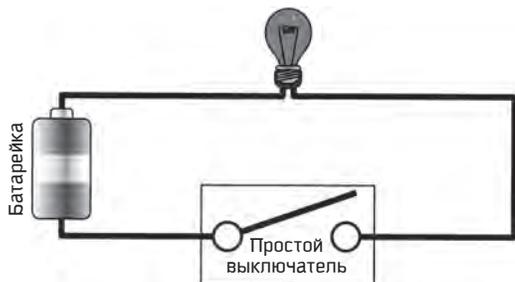
ПОЭТОМУ У НИХ РАЗНАЯ ФОРМА.

1.3 ПОЛОЖЕНИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ





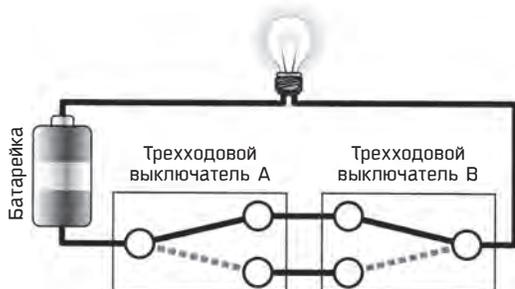
Для начала представьте одиночный выключатель. Упрощенная схема электрической цепи с таким выключателем показана ниже. Понятно, что в положении выключателя ON – лампа загорается, а в положении OFF – лампа гаснет.



Когда выключатель находится в положении ON – ток может проходить, а в положении OFF – не может, верно?



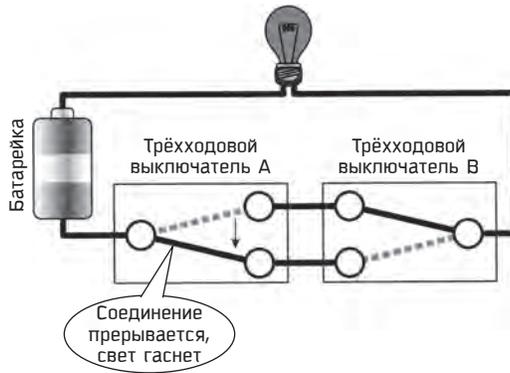
А теперь посмотрите на схему цепи с трёхходовым выключателем. Такой выключатель называется трёхходовым, потому что к нему подсоединяются три кабеля. Сначала рассмотрим схему с горящей лампой.



Тут для электричества есть путь, и ток может течь, да?



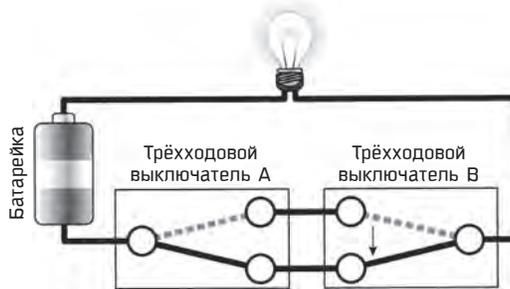
Если теперь переключить выключатель А, вот что получится.



Ой, так ток не может течь, и лампа погасла.



А если теперь клацнуть выключателем В, то получится вот что.



Вот оно что! Таким образом ток то течёт, то нет, и свет то включается, то выключается. Когда знаешь, как это устроено, то всё довольно просто.



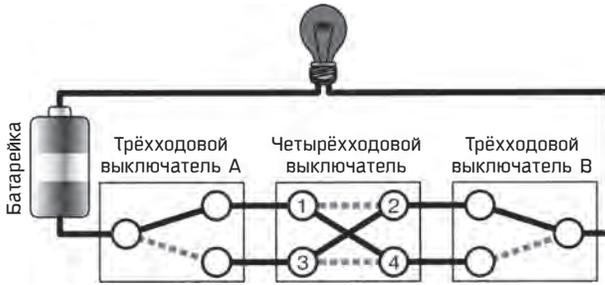
Ага. Такие выключатели удобно использовать в разных концах длинного коридора или внизу и вверху лестницы.



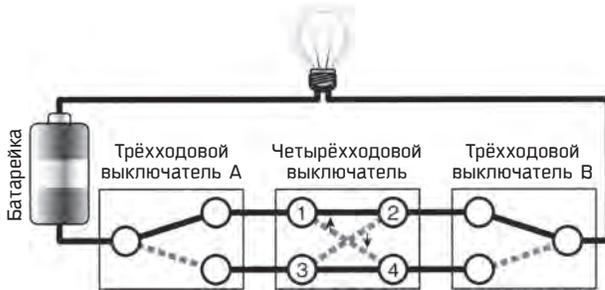
А если есть очень длинный коридор или очень большая комната, где много выключателей сразу. Как тогда будет?



Если использовать вместе трёхходовые и четырёхходовые выключатели, то их количество может быть любым. В четырёхходовых выключателях соединения «1 и 4», «3 и 2» меняются на «1 и 2», «3 и 4». Если взглянуть на схему, должно быть понятно.



Ага, если переключить четырёхходовой выключатель, лампа загорится.



Теперь, что касается очень большой комнаты... Кстати, проведите меня в банкетный зал.

1.4 ОСВЕЩЕНИЕ

ТАК, ОДИН ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ ЕСТЬ У ВХОДА, ДА?

Банкетный зал

Выключатели

БЕЗ НЕГО БЫЛО БЫ НЕУДОБНО, ВЕРНО?

В БОЛЬШОЙ КОМНАТЕ, ВРОДЕ ЭТОЙ, ВЫКЛЮЧАТЕЛИ ОСВЕЩЕНИЯ ОБЫЧНО РАЗДЕЛЕНЫ НА НЕСКОЛЬКО ГРУПП.

	Окно 1	Окно 2	Коридор 1	Коридор 2
Восток	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Запад	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Юг	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Север	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ХМ, А ПОЧЕМУ ТАК?

ОДИН ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ УПРАВЛЯЕТ ВКЛЮЧЕНИЕМ И ВЫКЛЮЧЕНИЕМ ОПРЕДЕЛЕННОЙ ГРУППЫ ЛАМП. ЕСЛИ ПОДОЙТИ К ДАННОМУ ВОПРОСУ С УМОМ, ТО МОЖНО СДЕЛАТЬ ТАК,

ЧТО ОСВЕЩАТЬСЯ БУДУТ ТОЛЬКО НУЖНЫЕ В ОПРЕДЕЛЕННЫЙ МОМЕНТ МЕСТА.

Регулируемый выключатель (регулирует освещение)

КРОМЕ ТОГО, СУЩЕСТВУЮТ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ, ПОЗВОЛЯЮЩИЕ РЕГУЛИРОВАТЬ ИНТЕНСИВНОСТЬ ОСВЕЩЕНИЯ.

ТАК, В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВРЕМЕНИ СУТОК И СИТУАЦИИ, МОЖНО СОЗДАВАТЬ ОПРЕДЕЛЕННУЮ АТМОСФЕРУ.

МОЖНО СОЗДАВАТЬ АТМОСФЕРУ ТОЛЬКО С ПОМОЩЬЮ ОСВЕЩЕНИЯ?

И ЭТО ЕЩЁ НЕ ВСЁ!



УРОВЕНЬ ОСВЕЩЕННОСТИ ВЛИЯЕТ НА ПСИХОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕЛОВЕКА. ПОЭТОМУ, ЕСЛИ НУЖНО СОКРАТИТЬ ВРЕМЯ ПРЕБЫВАНИЯ КЛИЕНТА И УВЕЛИЧИТЬ ПОТОК ПОСЕТИТЕЛЕЙ, ТО ОСВЕЩЕНИЕ ДЕЛАЮТ ЯРКИМ.



И НАОБОРОТ, ЕСЛИ НУЖНО ПОВЫСИТЬ ЦЕННОСТЬ МЕСТА ДЛЯ КАЖДОГО КЛИЕНТА, ТО ОСВЕЩЕНИЕ ДЕЛАЮТ ПРИГЛУШЕННЫМ.

НИЧЕГО СЕБЕ!



В ЦЕЛОМ, ЯРКО ОСВЕЩЕННЫЕ МЕСТА ВЫЗЫВАЮТ ВОЗБУЖДЁННОЕ СОСТОЯНИЕ, А МЕНЕЕ ОСВЕЩЕННЫЕ МЕСТА УСПОКАИВАЮТ.



ЕСЛИ УВЕЛИЧИТЬ ОСВЕЩЕННОСТЬ, ТО АТМОСФЕРА СТАНЕТ БОЛЕЕ ОЖИВЛЁННОЙ, И МОЖНО ОЖИДАТЬ УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОДАЖ.

ЗАОРОВО!



НО... ДОЛЖЕН ПРЕДУПРЕДИТЬ, ЭТО НЕ ОБЯЗАТЕЛЬНО ВСЕГДА ПРОИСХОДИТ...

НУ ВОТ...

НО ЭТО ВСЁ РАВНО ОЧЕНЬ ИНТЕРЕСНО! РАССКАЖИТЕ ЕЩЁ!

ТЫ ЗАБЫЛА "ПОЖАЛУЙСТА"!

ПОЖАЛУЙСТА!

НУ...
ДАВАЙТЕ ПОГОВОРИМ
ПРО ПЛАН ОСВЕЩЕНИЯ.

ДА!

План освещения

включает в себя определение
необходимой яркости освещения, выбор
осветительного оборудования, расчёт
необходимого количества точек освещения
и отметку этих точек на плане.

В ОСНОВЕ
ЛЕЖАТ ЭТИ
ТРИ ПАРАМЕТРА:

Освещённость
Единица измерения:
люкс (лк)

Спящий эффект
(ослепительность)

Цветовая температура
Единица измерения:
кельвин (К)

ЦВЕТОВАЯ...
ТЕМПЕРАТУРА?

НАПРИМЕР, ИНОГДА СВЕТ
КАЖЕТСЯ ОРАНЖЕВЫМ,
ПРАВДА?

ЛАМПЫ НАКАЛИВАНИЯ ДАЮТ ТАКОЙ КРАСНОВАТЫЙ,
ТЁПЛЫЙ СВЕТ, ПОЭТОМУ ОНИ ХОРОШО ПОДХОДЯТ
ДЛЯ ПОМЕЩЕНИЙ ВРОДЕ ЛОББИ.

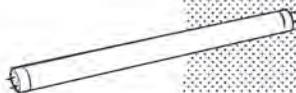


ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ЛАМПЫ
В ОСНОВНОМ ДАЮТ БЕЛЫЙ СВЕТ, НО
ИХ СУЩЕСТВУЕТ НЕСКОЛЬКО ВИДОВ.

лампы белого цвета	используются
лампы дневного белого света	в основном в офисах
лампы дневного света	немного голубоватый свет
лампы цвета ламп накаливания	красноватый свет

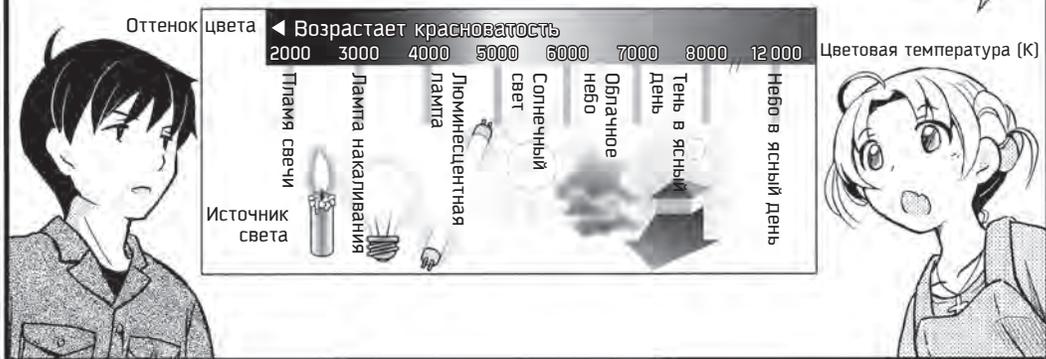
АГА, У НАС В ЛОББИ
КАК РАЗ ТАКОЙ.

КРОМЕ ТОГО, СУЩЕСТВУЕТ LED-ОСВЕЩЕНИЕ, КОТОРОЕ
МОЖЕТ МЕНЯТЬ И ЯРКОСТЬ, И ЦВЕТ. СТОИМОСТЬ ТАКИХ
ЛАМП ДОВОЛЬНО ВЫСОКАЯ, НО ЗАТО ОНИ ПОТРЕБЛЯЮТ
МАЛО ЭНЕРГИИ И ДОЛГО СЛУЖАТ.



ЦВЕТОВЫЕ ОТТЕНКИ СВЕТА ВЫРАЖАЕТ ЦВЕТОВАЯ ТЕМПЕРАТУРА (КЕЛЬВИНЫ/К). ДЛЯ КРАСНОВАТОГО ЦВЕТА ОНА НИЗКАЯ, А ДЛЯ ГОЛУБОВАТОГО - ВЫСОКАЯ.

НАЗЫВАЕТСЯ "ТЕМПЕРАТУРА", НО ПОЧЕМУ-ТО У ХОЛОДНОГО ЦВЕТА ОНА ВЫШЕ, ЧЕМ У ТЁПЛОГО.



ДАЖЕ КОГДА КОМНАТА ХОРОШО ОСВЕЩЕНА, БЫВАЕТ, ЧТО ИЗЛИШНЯЯ ЯРКОСТЬ МЕШАЕТ, НЕ ПРАВДА ЛИ?

СУЩЕСТВУЮТ ТАКЖЕ, НАПРИМЕР, СПЕЦИАЛЬНЫЕ ПЛАФОНЫ НА СВЕТИЛЬНИКИ, ПРЕДОТВРАЩАЮЩИЕ ОТРАЖЕНИЕ СВЕТА НА МОНИТОРЕ КОМПЬЮТЕРА.

Уровни UGR ²	Степень дискомфорта
31	Сильный дискомфорт
28	Начинает ощущаться сильный дискомфорт
25	Присутствует дискомфорт
22	Начинает ощущаться дискомфорт
19	Есть беспокойство
16	Начинает ощущаться беспокойство
13	Может ощущаться

Источник: Японская ассоциация производителей осветительного оборудования. Гид по UGR.

ЧТОБЫ ИЗБЕЖАТЬ ЭТОГО, НУЖНО ПРАВИЛЬНО ВЫБРАТЬ ТИП ОСВЕТИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ, ВЫСОТУ ЕГО РАСПОЛОЖЕНИЯ И НАПРАВЛЕНИЕ СВЕТА.



² Оценка слепящего эффекта в помещении (Unified Glare Rating). Чем этот показатель выше, тем больше слепящий эффект.

Освещённость (лк)	Гостиная	Кухня и столовая	Комната в японском стиле	Спальня	Туалет	Ванная
2000						
1500	Рукоделие Вязание					
1000						
750	Чтение Телефон		Чтение, макияж, телефон	Чтение, макияж, телефон		
500		Обеденный стол, пространство для готовки, раковина				Для бритья, макияжа, умывания
300	Место сбора семьи		Стол, токонома ¹			
200						
150						Общее освещение
100		Общее освещение			Общее освещение	
75	Общее освещение		Общее освещение			
50				Общее освещение		
30						
20						
10						
5				Ночное	Ночное	
1						

(Стандарты освещения согласно JIS)



¹ Ниша в японской традиционной комнате, где обычно располагается свиток с каллиграфией, икебана и т. д.



JIS (японские промышленные стандарты)

Это требования, принятые в Японии, на основе методов промышленной стандартизации. Они охватывают процессы производства и распространения промышленных товаров [см. стр. 47].



1.5 ОЦЕНКА ОСВЕЩЁННОСТИ

ДАВАЙТЕ ТЕПЕРЬ ПОПРОБУЕМ РАССЧИТАТЬ НЕОБХОДИМОЕ КОЛИЧЕСТВО ОСВЕТИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА КОНКРЕТНОМ ПРИМЕРЕ.

ХОРОШО.

2,5 м 20 м

10 м

Для начала считаем, что тут нет ни столов, ни стульев

ВОЗЬМЁМ ОФИС РАЗМЕРОМ 10 НА 20 м С ВЫСОТОЙ ПОТОЛКА 2,5 м.

ОСВЕЩАТЬ БУДЕМ...

ЛЮСТРАМИ!

ОНА ВСЁ О СВОЁМ...

...ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫМИ ЛАМПАМИ.

Встроенные люминесцентные лампы открытого типа (HF32W, 2 шт., световой поток 1 шт. HF32W = 3500 люмен)

НУ ВОТ...

ЕСЛИ НУЖНО РАССЧИТАТЬ СРЕДНЮЮ НЕОБХОДИМУЮ ОСВЕЩЁННОСТЬ ВСЕГО ПОМЕЩЕНИЯ, ТО ИСПОЛЬЗУЮТ СЛЕДУЮЩУЮ ФОРМУЛУ, НАЗЫВАЕМУЮ МЕТОДОМ СВЕТОВОГО ПОТОКА.

ОХ...

НА САМОМ ДЕЛЕ, ВЫЧИСЛЕНИЯ СОВСЕМ НЕ СЛОЖНЫЕ, ТАК ЧТО НЕ НАДО ПУГАТЬСЯ.

$$N = \frac{E \times A}{F \times U \times M}$$

- N – количество источников света
- E – средняя освещённость или необходимая освещённость (лк)
- A – площадь помещения (м²)
- F – световой поток источника света (лм)
- U – коэффициент освещённости
- M – коэффициент использования



Я так хотела посчитать люстры...



Хмм... Рассмотрим каждый параметр. Так как у нас офисное помещение, то возьмём среднюю освещённость (E) в 500 люкс. А какой будет площадь (A)?



10×20 равно 200 м², верно? Пока всё просто.



Световой поток источника света (F) равен 3500 люмен. У нас в одном светильнике два таких источника, так что будем их рассматривать в паре. Перескочив через коэффициент освещённости, поговорим про коэффициент использования (M). Он показывает предполагаемое значение того, насколько свет потускнеет с течением времени. В нашем случае подходящим значением для этого коэффициента будет 0,7.



А теперь вернёмся к коэффициенту освещённости. Прежде всего найдем индекс помещения по следующей формуле:

$$\text{Индекс помещения} = \frac{\text{Длина} \times \text{Ширина}}{(\text{Длина} + \text{Ширина}) \times \text{H (м)}}$$

H (м) – это расстояние от осветительного оборудования до рабочей поверхности. Так как в нашем случае в помещении нет столов, то это значение будет равно значению высоты потолков.



Тогда получается...

$$\text{Индекс помещения} = \frac{10 \times 20}{(10 + 20) \times 1,5 \text{ (м)}} = 2,67.$$

Какое-то странное нецелое значение.



Красивые целые числа получаются редко, так что это нормальное значение. Используя данное соотношение сторон и таблицу со следующей страницы найдём коэффициент освещённости (U). Возьмём отражательную способность потолка, равную 70 %, отражательную способность стен – 50 %, а отражательную способность пола – 10 %.

Отражательная способность	Потолок	80 %				70 %				50 %				30 %				0 %
	Стены	70	50	30	10	70	50	30	10	70	50	30	10	70	50	30	10	0 %
	Пол	10 %				10 %				10 %				10 %				0 %
Индекс помещения	Коэффициент освещённости (×0,01)																	
0,6	49	38	31	26	48	37	30	26	45	36	30	26	44	35	30	25	24	
0,8	58	47	40	35	56	47	40	35	54	45	39	35	52	44	39	34	33	
1,0	64	54	47	42	62	53	47	42	60	52	46	41	57	50	45	41	39	
1,25	69	60	54	48	69	59	53	48	65	58	52	48	62	56	51	47	45	
1,5	73	65	59	54	71	64	58	53	69	62	57	53	66	61	56	52	50	
2,0	78	71	66	61	77	70	65	61	74	69	64	60	71	67	63	60	57	
2,5	81	76	71	67	80	75	70	66	77	73	69	65	75	71	68	65	62	
3,0	84	79	74	71	82	78	74	70	80	76	72	69	77	74	71	68	66	
4,0	86	83	79	76	85	81	78	75	83	80	77	74	80	78	75	73	71	
5,0	88	85	82	79	87	84	81	79	84	82	80	77	82	80	78	76	74	
7,0	90	88	86	83	89	87	85	83	87	85	83	81	84	83	81	80	77	
10,0	92	90	88	87	91	89	87	86	88	87	86	84	86	85	84	83	80	

(Источник: сайт АО «Панасоник»)



Но ведь нашего значения 2,67 в таблице нет. Если брать самые близкие значения индекса помещения, то при 2,5 коэффициент освещённости равен 0,75, а при 3,0 – коэффициент освещённости будет 0,78...



В таком случае нужно вычислить коэффициент освещённости, используя ближайшие два значения индекса помещения 2,5 и 3,0. Для нашего значения 2,67 получится вот что:

$$\text{Коэффициент освещенности} = 0,75 + \frac{0,78 - 0,75}{3,0 - 2,5} \times (2,67 - 2,5) = 0,76.$$

Теперь у нас есть все необходимые параметры, подставим их в первоначальную формулу для расчёта количества источников света.



Хорошо!

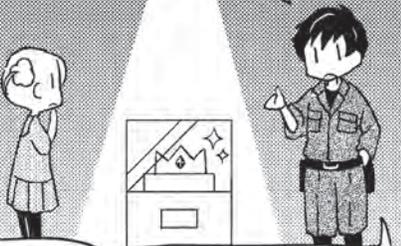
$$\text{Необходимое количество оборудования} = \frac{(10 \times 20) \times 500}{(3500 \times 2) \times 0,76 \times 0,7} = 26,9 \text{ шт.}$$

Получилось!



Да, всё верно. Значит, необходимое количество оборудования должно быть больше 26,9, другими словами, больше 27. Теперь важно правильно распределить это оборудование по комнате.

КОГДА НУЖНО ВОТ ТАКОЕ
ОСВЕЩЕНИЕ, ИСПОЛЬЗУЮТ
ТОЧЕЧНЫЙ МЕТОД (СМ. СТ. 59).



А КАК ЖЕ
МЕТОД
СВЕТОВОГО
ПОТОКА?

ЕГО ИСПОЛЬЗУЮТ
ТОЛЬКО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
УСРЕДНЁННОГО
ОСВЕЩЕНИЯ.

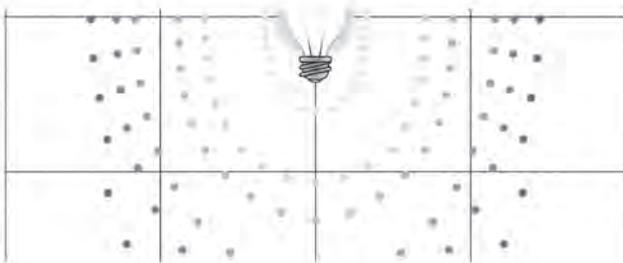
КРОМЕ ТОГО, С ПОМОЩЬЮ
ТОЧЕЧНОГО МЕТОДА
НЕ ОПРЕДЕЛЯЮТ КОЛИЧЕСТВО
ОСВЕТИТЕЛЬНОГО
ОБОРУДОВАНИЯ.



ОН СЛУЖИТ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЯРКОСТИ
НА РАЗНОМ РАССТОЯНИИ ОТ КОНКРЕТНОГО
ОСВЕТИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ.

С ПОМОЩЬЮ ТАКОГО МЕТОДА
ВЫЧИСЛЯЮТ ОСВЕЩЁННОСТЬ
В РАЗНЫХ ТОЧКАХ
И СОЕДИНЯЮТ ЛИНИЯМИ ТОЧКИ
С ОДИНАКОВОЙ
ОСВЕЩЁННОСТЬЮ.

ТАКИМ ОБРАЗОМ МОЖНО
УСТАНОВИТЬ ОСВЕЩЁННОСТЬ
КАЖДОГО МЕСТА
(РАСПРЕДЕЛЕНИЕ
ОСВЕЩЁННОСТИ).



НУ... В ОСНОВНОМ ТАКОИ
МЕТОД ИСПОЛЬЗУЕТСЯ ДЛЯ
СИМУЛЯЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ОСВЕЩЁННОСТИ
НА КОМПЬЮТЕРЕ.

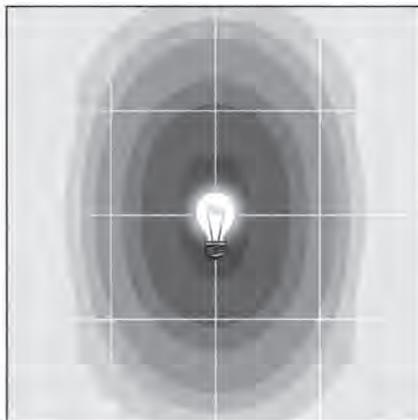


График распределения освещённости

НА КАРТУ
ПОХОЖЕ.



КРОМЕ ТОГО, НА ПОТОЛКЕ
ЧАСТО РАЗМЕЩАЕТСЯ
И ДРУГОЕ ОБОРУДОВАНИЕ,
НЕ ТОЛЬКО ОСВЕТИТЕЛЬНОЕ....

АГА.

Например,
кондиционер

И ЭТО ТОЖЕ НЕОБХОДИМО
УЧИТЫВАТЬ, ТАК КАК ИНАЧЕ
ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПЛАНА
РАСПОЛОЖЕНИЯ ОСВЕТИТЕЛЬНОГО
ОБОРУДОВАНИЯ МОЖЕТ
НЕ ХВАТИТЬ МЕСТА.

НУ, И, КОГДА ВЫБИРАЕТЕ
ОБОРУДОВАНИЕ, НУЖНО
НЕ ЗАБЫВАТЬ О НАЗНАЧЕНИИ
И ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПОМЕЩЕНИЯ.

ПОНЯТНО...

**В ОФИСАХ ОБЫЧНО
ПОМИЩЕННЫЕ ЛАМПЫ**

Эх...

ПЩИК

ой
ОПЯТЬ
ЗАМЫКАНИЕ?

ЕСЛИ ТАКОЕ СЛУЧАЕТСЯ
ЧАСТО, ВОЗМОЖНО,
ПРИЧИНА В УТЕЧКЕ
ЭЛЕКТРИЧЕСТВА.

ЧЕСТНО ГОВОРЯ,
КОГДА ТАКОЕ
СЛУЧАЕТСЯ,
ЭТО ДАЖЕ
ИНТЕРЕСНО...

А О ПРОБЛЕМАХ
УЖЕ ЗАБЫЛА?

Я ПОНИМАЮ.

ПРОВОДЯТ
ДАЖЕ РАЗНЫЕ
МЕРОПРИЯТИЯ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ТЕМНОТЫ.

ПРАВДА?

НАПРИМЕР,
ПОПУЛЯРНЫМ
ЯВЛЯЕТСЯ
ОБХОД АЛТАРЯ
В БУДАИЙСКИХ
ХРАМАХ В ПОЛНОЙ
ТЕМНОТЕ.

УХ ТЫ...

ЭТО СОВСЕМ
НЕ ТА ТЕМНОТА,
ЧТО В ОТЕЛЕ...

ТАМ НЕТ АБСОЛЮТНО НИКАКИХ
ИСТОЧНИКОВ СВЕТА, И МОЖНО
ОЦЕНИТЬ СТЕПЕНЬ ВЛИЯНИЯ
ПОЛНОЙ ТЕМНОТЫ НА
ПСИХОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ.

ГОВОРЯТ, ЧТО ЕСТЬ ЕЩЁ ТАК
НАЗЫВАЕМЫЙ ЭФФЕКТ КОСТРА,
КОГДА НАБЛЮДЕНИЕ ЗА ДРОЖАЩИМ
ПЛАМЕНЕМ ОКАЗЫВАЕТ
ЦЕЛИТЕЛЬНЫЙ ЭФФЕКТ.

ВОТ ТАКОГО
КОСТРА?

Вот это да!



КАКАЯ УДАЧНАЯ
ИЛЛЮЗИЯ...

ТРЕСК



В ПОСЛЕДНЕЕ ВРЕМЯ
НА РАБОТЕ Я МНОГО
ПЕРЕЖИВАЮ, А СЕЙЧАС
ПРЯМО УСПОКАИВАЮСЬ.

А ЧТО
СЛУЧИЛОСЬ?

ТРЕСК

ТРЕСК

ДА, ВО ВРЕМЯ УСТАНОВКИ
РОЗЕТОК ВАРУГ СЛУЧИЛОСЬ
КОРОТКОЕ ЗАМЫКАНИЕ...

НО СЕЙЧАС, БЛАГОДАРЯ
ЭТОМУ СТРАННОМУ
ВИДЕНИЮ, МНЕ СТАЛО
КАК-ТО ЛЕГЧЕ.



А МНЕ БЫЛО ТАК
ИНТЕРЕСНО СЛУШАТЬ
ВАШИ РАССКАЗЫ!
СПАСИБО!

НУ ЧТО ВЫ...
ЭТО ВАМ СПАСИБО, ЧТО
ТАК ВНИМАТЕЛЬНО МЕНЯ

СЛУШАЛИ...

ПОНЯТНО,
ВОТ, ЗНАЧИТ, КАКОВ
ЭФФЕКТ ТЕМНОТЫ
И КОСТРА.

ДАВАЙТЕ, Я РАССКАЖУ
ТЕПЕРЬ О РАБОТЕ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АВТОМАТОВ?

ЗНАЕТЕ,
ГДЕ ОНИ?

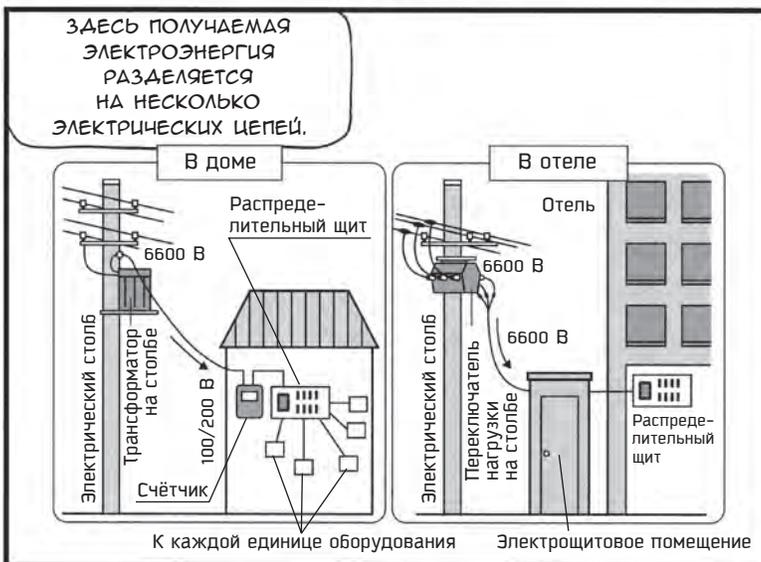
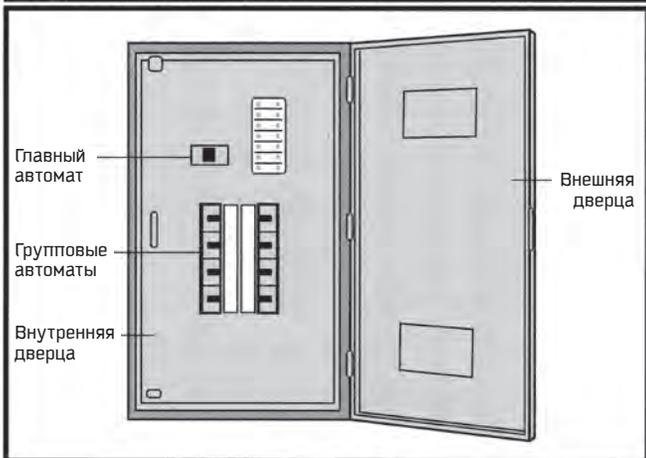
НУ?..

О, ВКЛЮЧИЛОСЬ!

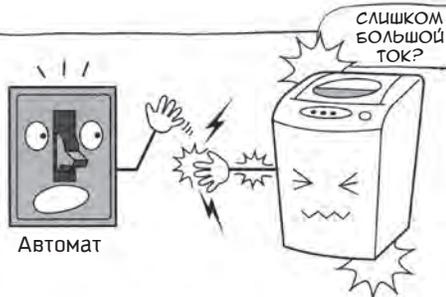
НАВЕРНОЕ,
ЭТО ПАПА ПОЧИНИЛ...

ПОНЯЛА...

1.6 РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЙ ЩИТ



ПРИ ПРЕВЫШЕНИИ ТОКА АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ (АВТОМАТ) РАДИ БЕЗОПАСНОСТИ ОТКЛЮЧАЕТ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ.



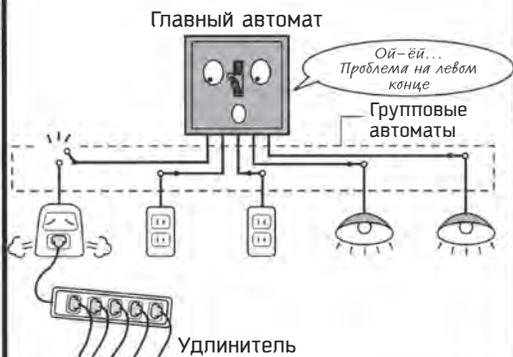
КОГДА ЕГО БОЛЬШЕ, ЧЕМ ОБЫЧНО НУЖНО.



ЕСЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЦЕПЬ БУДЕТ ЕДИНОЙ, ТО НЕВОЗМОЖНО БУДЕТ НАЙТИ, ГДЕ СЛУЧИЛАСЬ АВАРИЯ.



ЕСЛИ ЖЕ РАЗДЕЛИТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ, ТО МОЖНО ИЗОЛИРОВАТЬ ТОЛЬКО ПРОБЛЕМНЫЙ УЧАСТОК (СМ. СТР. 50).



ЕСЛИ НАГРУЗКА КАЖДОЙ ИЗ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЦЕПЕЙ НАХОДИТСЯ В ПРЕДЕЛАХ НОМИНАЛЬНОЙ, А ОБЩАЯ НАГРУЗКА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ЩИТА ПРЕВЫШАЕТ НОМИНАЛЬНУЮ, ГЛАВНЫЙ АВТОМАТ ВЫКЛЮЧИТСЯ.



ЧТО? ВОПРОС?

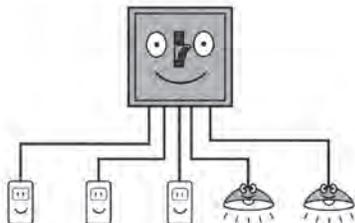
АА!



КАК ЖЕ МОЖЕТ БЫТЬ ПРЕВЫШЕНА ОБЩАЯ НАГРУЗКА, ЕСЛИ НЕ ПРЕВЫШЕНА НАГРУЗКА НИ В ОДНОЙ ИЗ ЦЕПЕЙ? КАК-ТО ЭТО СТРАННО...

НОМИНАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЦЕПЕЙ УСТАНАВЛИВАЮТСЯ С НЕКОТОРЫМ ЗАПАСОМ.

Главный автомат



ПОЭТОМУ СУММА НОМИНАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ГРУППОВЫХ АВТОМАТОВ ОБЫЧНО ВЫШЕ НОМИНАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ ГЛАВНОГО АВТОМАТА.

ВОТ КАК!

НОМИНАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ЦЕПЕЙ ДЛЯ ОСВЕЩЕНИЯ И РОЗЕТОК ОБЫЧНО СОСТАВЛЯЮТ 15 ИЛИ 20 А (АМПЕР).

И ЕСЛИ ДЕЛАТЬ ГРУППУ ОСВЕЩЕНИЯ, ТО НУЖНО СЛЕДИТЬ, ЧТОБЫ НЕ ПРЕВЫСИТЬ ЭТИ ЗНАЧЕНИЯ.

ПОНЯТНО.



ЗНАЧИТ, ПРОВОДА ТЯНУТСЯ ПРЯМО ОТСЮДА?

ТАКИЕ ДЛИННЫЕ?







ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ

1 Виды электрооборудования

1.1. Внутренняя и внешняя электропроводка

Электрическое оборудование бывает разных видов. В этой книге рассматривается область так называемого внутреннего электрооборудования, которое устанавливается в зданиях, заводах, школах, больницах, отелях и разного рода коммерческих институтах, использующих электричество.

Внутреннее электрооборудование подразделяется на электрооборудование зданий, относящееся к жилым домам и подобным зданиям, заводское электрооборудование, относящееся к заводам и производственным институтам, а также на электрооборудование объектов, к которым относятся дороги, аэропорты, очистительные сооружения и т.д.

Кроме внутреннего электрооборудования существует электрооборудование энергетических компаний. Такое электрооборудование имеет по сути огромное отличие от внутреннего электрооборудования, так как внутреннее электрооборудование направлено на использование электроэнергии, а электрооборудование энергетических компаний служит для производства, трансформации и распределения электроэнергии от энергетических компаний к потребителям, тоже используя для этих целей электроэнергию.

Электротехнические работы в свою очередь подразделяются на внутренние, то есть работы внутри помещений, связанные с установкой электрооборудования у потребителя электроэнергии, и на внешние, то есть работы, связанные с распределением и трансформацией электроэнергии от энергетических компаний. Эти виды работ существенно отличаются и требуют совершенно разных технических знаний и навыков.

Во внешней электропроводке обычно используется высокое напряжение (более 750 В постоянного тока, более 600 В переменного тока) или особо высокое напряжение (более 7000 В). Во внутренней электропроводке для принимающего и трансформирующего электрооборудования тоже используется высокое и особо высокое напряжение, но для оборудования, потребляющего электроэнергию, обычно используется низкое напряжение (менее 750 В постоянно тока, менее 600 В переменного тока).

Чтобы электричество было непременно доставлено до потребителя, необходимо строго соблюдать ряд правил (законов, стандартов и т. д.), обеспечивающих безопасность и надёжность при проведении такого рода работ. При проведении работ с высоким напряжением рабочие часто используют тяжёлую технику и работают на высоте, поэтому уделяется особое внимание защите рабочих от удара током и от падения с высоты.

Во время проведения работ по внутренней электропроводке тоже уделяют внимание соблюдению правил безопасности и защите от удара током и падения. Но в тоже время придаётся большое значение проводимым параллельно с электропроводкой другим работам, например, по кондиционированию, чтобы обеспечить удобство пользования установленным оборудованием и обращая внимание на внешний вид этого оборудования.

1.2. Разновидности электрического напряжения

В Японии электрическое напряжение делят на три уровня: низкое, высокое и особо высокое.

Таблица 1.1. Стандарты электрического напряжения в Японии

Виды электрического напряжения	Переменный ток	Постоянный ток
Низкое напряжение	Менее 600 В	Менее 750 В
Высокое напряжение	600–7000 В	750–7000 В
Особо высокое напряжение	Более 7000 В	

Стандарты напряжения отличаются в зависимости от страны. Международные стандарты установлены Международной электротехнической комиссией (IEC), и в соответствии с ними низким напряжением считается напряжение не более 1000 В (1 кВ), а высоким считается напряжение более 1 кВ. Есть и следующее подразделение напряжения по IEC, когда напряжение от 1 кВ до 35 кВ считается средним, напряжение от 35 кВ до 230 кВ считается высоким, а напряжение более 230 кВ считается очень высоким. Как видно, это подразделение сильно отличается от того, что принято в Японии, поэтому нужно обращать на это внимание при использовании электрооборудования, использующего стандарты IEC.

2 Законы, стандарты и правила, касающиеся электрооборудования

2.1. Закон об электроэнергетике

В Японии существуют самые разные законы, стандарты и правила, касающиеся электрооборудования. Закон об электроэнергетике является одним из них. Он устанавливает правила строительства, обслуживания и эксплуатации объектов электроэнергетики, с целью оптимизации работы электроэнергетических компаний и защиты интересов потребителей электроэнергии.

Объекты электроэнергетики, как объекты урегулирования законом об электроэнергетике, классифицируются следующим образом.

Таблица 1.2. Классификация объектов электроэнергетики

Объекты электроэнергетики	Коммерческие объекты	В электрической промышленности	Оборудование и сооружения на стороне электроэнергетических компаний, например, электростанции, трансформаторные станции, распределительные провода и т. д.
		В домохозяйствах	Оборудование и сооружения на стороне потребителя электроэнергии, связанные с использованием высокого и очень высокого напряжения
	Общие объекты электроэнергетики	Оборудование и сооружения на стороне потребителя электроэнергии, связанные с использованием низкого напряжения. А также оборудование, производящее электроэнергию малых мощностей (например, оборудование для производства солнечной энергии мощностью менее 50 кВт, оборудование для производства энергии ветра или воды мощностью менее 20 кВт)	

Кстати, железные дороги, корабли, самолёты и машины не подпадают под закон об электроэнергетике и не являются объектами электроэнергетики.

При монтаже коммерческих объектов электроэнергетики должен быть назначен главный электрик с определенной квалификацией для наблюдения за безопасностью строительства, обслуживания и эксплуатации объектов электроэнергетики. Квалификация главных инженеров-электриков делится на три категории в зависимости от напряжения, с которым они работают, как показано в табл. 1.3.

Таблица 1.3. Классификация главных инженеров-электриков

Категория главного инженера-электрика	Сфера контроля
1 категория	Все коммерческие объекты электроэнергетики
2 категория	Коммерческие объекты электроэнергетики напряжением до 170 кВ
3 категория	Коммерческие объекты электроэнергетики напряжением до 50 кВ (исключая оборудование для производства электроэнергии мощностью более 5000 кВт)

Основная идея закона об электроэнергетике в отношении безопасности коммерческих объектов электроэнергетики состоит в добровольных мерах безопасности, основанных на личной ответственности монтажника. Монтажник коммерческих объектов электроэнергетики определяет правила техники безопасности, исходя из личной ответственности, и под наблюдением главного инженера-электрика обеспечивает работу объекта электроэнергетики в соответствии с предписанными техническими стандартами.

Такая система наблюдения главного инженера-электрика считается уникальной и не встречается за границей. Считается, что благодаря этой системе, в Японии мало крупных аварий по сравнению с другими странами.

2.2. Закон о безопасности электроприборов и материалов

Данный закон регулирует производство и продажу осветительного оборудования, автоматов, электрических кабелей и прочих электрических приборов и материалов. Предприятия, занятые производством или импортом электрооборудования, попадающих под регулирование данным законом, должны уведомить об этом министерство экономики, торговли и промышленности и привести производимые или импортируемые электроприборы и материалы в соответствие с установленными техническими стандартами.

Электрооборудование, производство или использование которого связано с повышенной опасностью, называется специальным. Производство или импорт такого оборудования должно проверяться зарегистрированными контролирующими органами.

Специальное электрооборудование, прошедшее проверку зарегистрированными контролирующими органами, снабжается квадратным ярлыком с буквами PSE либо знаком (PSE).

Прочее электрооборудование проверяется самими производителями или импортёрами, и в случае прохождения проверки, снабжается круглым ярлыком с буквами PSE либо знаком (PSE).

Подлежащее регулированию электрооборудование не может быть куплено или продано без ярлыка или знака с PSE. Кроме того, монтажники электрооборудования в частных домах или на коммерческих предприятиях обязаны использовать только электрооборудование с маркировкой PSE.



Квадратный ярлык PSE



Круглый ярлык PSE

2.3. Закон об электриках

Данный закон устанавливает квалификацию и обязанности инженеров, занимающихся электромонтажными работами. Электромонтажные работы общего назначения могут выполняться

только монтажниками, имеющими первую или вторую категорию по работе с электрооборудованием. Кроме того, электромонтажные работы в частных домохозяйствах с оборудованием мощностью не более 500 кВт могут выполняться только лицами первой категории. Но при наличии сертификата электрика, человек может выполнять простые электромонтажные работы при соблюдении определённых требований, даже если у него нет квалификации монтажника.

Для установки неоновых вывесок или аварийного оборудования для выработки электроэнергии в домохозяйствах с оборудованием мощностью не более 500 кВт требуется специальная квалификация электромонтажников.

Свидетельство о специальной квалификации для проведения электромонтажных работ выдаётся тем, кто после получения квалификации электромонтажника имеет опыт работы (более 5 лет) и успешно сдаёт специальный экзамен.

Квалификация электромонтажника и специальная квалификация необходимы только для работ общего назначения с оборудованием мощностью не более 500 кВт. Работы же с оборудованием мощностью более 500 кВт в домохозяйствах и на электроэнергетических предприятиях проводятся под наблюдением главного инженера-электрика в соответствии с законом об электроэнергетике. При этом квалификация рабочих не регулируется.

Таблица 1.4. Квалификация электриков и выполняемые ими работы

Квалификация	Тип электромонтажных работ	Общего назначения	В домохозяйствах				Максимальная мощность более 500 кВт
			Максимальная мощность не более 500 кВт				
			Простые электромонтажные работы	Более сложные электромонтажные работы	Неон	Резервный генератор электроэнергии	
Электромонтажник первой категории	○	○	○	×	×	Не попадает под действие закона об электриках	
Электромонтажник второй категории	○	×	×	×	×		
Сертифицированный электрик	×	○	×	×	×		
Электромонтажник со специальной квалификацией (работа с неоном)	×	×	×	○	×		
Электромонтажник со специальной квалификацией (работа с резервным аварийным генерирующим оборудованием)	×	×	×	×	○		

2.4. Технические стандарты для электрооборудования (установленные министерством технические стандарты, касающиеся электрооборудования)

Технические стандарты для электрооборудования изначально были определены постановлением Министерства международной торговли и промышленности в 1965 году, на основании Закона об электроэнергетике, принятого в 1964 году. С тех пор они неоднократно пересматривались, и в настоящее время находятся в ведении Министерства экономики, торговли и промышленности. Технические стандарты для электрооборудования содержат различные правила для обеспечения безопасности и предотвращения его вредного воздействия.

Эти технические стандарты необходимо соблюдать при проведении электромонтажных работ и при обслуживании электрического оборудования. Однако, как упоминалось выше, основная идея закона об электроэнергетике в отношении безопасности электромонтажных работ заключается в безопасности, основанной на личной ответственности монтажника. Поэто-

му технические стандарты для электрооборудования не содержат конкретных и подробных инструкций, а дают лишь общее представление о безопасности.

Следуя техническим стандартам для электрооборудования, монтажники оборудования и контролирующей безопасностью главный инженер-электрик остаются в некоторой степени довольно свободны в проведении электромонтажных работ и при обслуживании электрооборудования.

2.5. Интерпретация технических стандартов для электрооборудования

Интерпретация технических стандартов для электрооборудования – это более подробное объяснение Министерства экономики, торговли и промышленности вышеупомянутых технических стандартов для электрооборудования.

Интерпретация технических стандартов для электрооборудования не является постановлением министерства и поэтому не имеет юридической силы. На первый взгляд интерпретация кажется не более чем конкретным примером технических стандартов для электрооборудования. Следовательно, установщик электрооборудования или главный инженер-электрик не обязаны следовать интерпретации технических стандартов для электрооборудования, если их действия являются разумными, обоснованными и соответствующими техническим стандартам для электрооборудования. Однако, если нет веских причин для обратного, то обычно интерпретация технических стандартов для электрооборудования соблюдается. На практике данная интерпретация фактически приравнивается к закону и считается правилом, которому ей необходимо следовать.

Подобно техническим стандартам для электрооборудования и их интерпретации, интерпретация закона об электроэнергетике, принятая Министерством экономики, торговли и промышленности, включает в себя: «Технические стандарты для теплоэнергетического оборудования» и их интерпретацию, «Технические стандарты для гидроэнергетического оборудования» и их интерпретацию, «Технические стандарты для ветровой энергетике» и их интерпретацию и т. п.

2.6. Стандарты внутренней электропроводки

Это частные стандарты, относящиеся к проектированию, установке, обслуживанию и проверке электрического оборудования у потребителей электроэнергии. Эти стандарты выпущены Японской электрической ассоциацией.

Как говорилось выше, существуют основанные на «Законое об электроэнергетике» «Технические стандарты электрооборудования» и «Интерпретация технических стандартов электрооборудования», содержащая более подробные пояснения. Однако в добавок к этому существуют и стандарты внутренней электропроводки, содержащие подробные сведения об электрооборудовании на стороне потребителя электроэнергии. Содержание этих стандартов во многом пересекается с «Техническими стандартами электрооборудования» и их интерпретацией, однако в стандартах внутренней электропроводки содержится больше конкретных числовых значений, а также практические диаграммы, и поэтому эти стандарты являются незаменимым руководством для инженеров, занимающихся электрооборудованием внутри помещений.

Это частные стандарты и поэтому, естественно, они не имеют юридической силы. Однако они часто указываются заказчиком в качестве стандарта для проектирования, установки и обслуживания электрооборудования и подобно интерпретации технических стандартов на практике считаются правилом, которому необходимо следовать.

2.7. Стандарты по работе с высоковольтным оборудованием

Это частные стандарты, определяющие работу по установке и проверке высоковольтного оборудования в частных домохозяйствах. Подобно стандартам внутренней электропроводки, данные стандарты выпущены Японской электрической ассоциацией.

В данных стандартах подробно и конкретно рассматриваются правила установки, обслуживания и проверки высоковольтного оборудования, преобразовывающего электроэнергию высокого напряжения. Подобно стандартам внутренней электропроводки данные стандарты являются незаменимым руководством для инженеров.

2.8. Японские промышленные стандарты (стандарты JIS)

Это национальные стандарты, разработанные на основе «Закона о промышленной стандартизации», целью которых является повышение удобства производства и распространения промышленной продукции. Эти стандарты не являются законом и поэтому не имеют юридической силы. Однако в некоторых законодательных актах указывается, что они соответствуют стандарту JIS. Кроме того, некоторые уведомления, выпускаемые соответствующими министерствами и ведомствами, требуют соблюдения стандартов JIS. В таких случаях содержание стандарта JIS, указанное в законе или уведомлении, будет иметь юридическую силу.

Например, как указано в Законе о строительных стандартах, согласно уведомлению Министерства земли, инфраструктуры, транспорта и туризма конструкция громоотводов должна соответствовать стандарту «JIS A 4201. Громоотводы для зданий». Таким образом, при установке громоотводов необходимо следовать стандарту JIS A 4201.

2.9. Прочие стандарты

Кроме стандартов внутренней электропроводки и стандартов JIS существует ещё множество разных стандартов, касающихся электрооборудования. Также кроме японских существуют иностранные и международные стандарты. Типичный пример – стандарты IEC. Стандарты IEC являются международными, разработанными международной электротехнической комиссией (IEC), международным органом по стандартизации электроэнергии. Японский комитет промышленных стандартов, который устанавливает стандарты JIS, также участвует в IEC.

Японские стандарты, начиная со стандартов JIS, были скорректированы, чтобы соответствовать стандартам IEC, однако они всё ещё не полностью согласованы.

Таблица 1.5. Примеры стандартов, касающихся электрооборудования

Наименование	Краткий обзор
Стандарты JEC	Стандарты, установленные Институтом инженеров-электриков Японии Например, «JEC-2200. Трансформаторы»
Стандарты JEAC	Стандарты, установленные Японской электрической ассоциацией Например, «JEAC 8001. Стандарты внутренней электропроводки», «JEAC 8011. Стандарты по работе с высоковольтным электрооборудованием»
Стандарты JEM	Стандарты, установленные Японской ассоциацией производителей электрооборудования Например, «JEM 1425. Металлический переключатель закрытого типа»
Стандарты JSIA	Стандарты, установленные Японской ассоциацией производителей распределительных щитов и контролирующих систем Например, «JSIA 300. Общие стандарты распределительных щитов»
Стандарты JEL	Стандарты источников освещения, установленные Японской ассоциацией производителей осветительного оборудования Например, «JEL 210. Люминесцентные лампы»
Стандарты JIL	Стандарты оборудования, установленные Японской ассоциацией производителей осветительного оборудования Например, «JIL 4003. Hf люминесцентное осветительно оборудование»
Стандарты JCS	Стандарты, установленные Японской ассоциацией производителей электропроводки Например, «JCS 0168. Расчёт допустимой силы тока для силовых кабелей, пропускной способностью не более 33 кВ»

3 Основы электричества

3.1. Напряжение, сила тока, электрическая мощность, электрическая энергия

Электричество легко понять, если сравнить его с водой. Течение воды называется потоком, аналогично течение электричества называется током. Вода течёт по направлению от более высокого места к более низкому. Например, если есть два ведра, расположенных одно выше другого и соединённых шлангом, то вода потечёт из ведра, расположенного выше, в ведро, расположенное ниже. Аналогично и для тока. Высота поверхности воды называется уровнем воды, а в случае электричества используют понятие «потенциал». Электрический потенциал в мире электричества означает высоту. Единицей измерения электрического потенциала является В (вольт). В случае электричества ток течёт от более высокого потенциала к более низкому. Если два объекта с разными потенциалами соединены проводом, то по этому проводу потечёт ток. Сила тока измеряется в А (амперах).

Разница потенциалов между двумя точками ещё называется напряжением. Напряжение можно рассматривать как давление, возникающее при попытке передачи тока. Чем больше разница в высоте расположения ведер, тем сильнее будет поток воды. Аналогично этому, чем выше напряжение (чем больше разница потенциалов), тем больше давление при передаче тока.

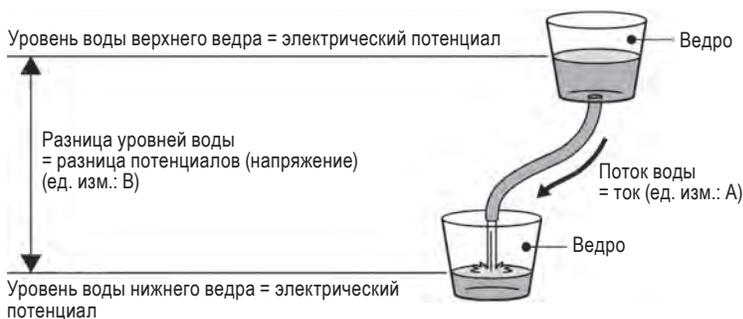


Рис. 1.1. Сравнение электричества с водой

Величина интенсивности электричества называется электрической мощностью. Она измеряется в Вт (ватт). Электрическая мощность равна произведению напряжения и силы тока.

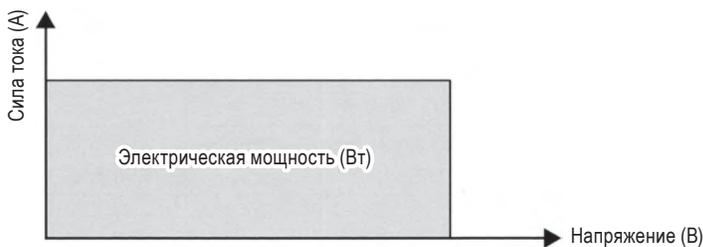


Рис. 1.2. Электрическая мощность как произведение напряжения и силы тока

Количество текущей воды называется объёмом воды. Количество текущего (использованного) электричества называется электрической энергией. Электрическая энергия равна элект-

рической мощности, умноженной на время, в течение которого эта мощность использовалась. Единицей измерения электрической энергии является Вт·ч (ватт в час).

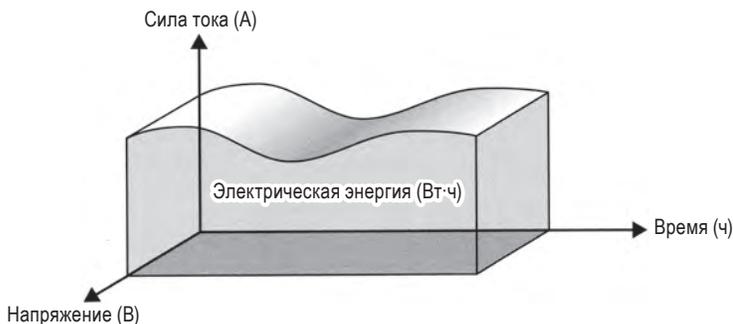


Рис. 1.3. Электрическая энергия как произведение мощности и времени

3.2. Постоянный и переменный ток

Ток бывает постоянным и переменным. Напряжение и сила переменного тока меняются во времени по синусоидальной кривой. Постоянный ток, в отличие от переменного, остается неизменным. Сухие батареи и батареи в автомобилях дают постоянный ток, а вот в розетках ток переменный. Электростанции производят переменный ток, поэтому и предоставляемый электроэнергетическими компаниями ток является переменным. Позиция напряжения и силы переменного тока на синусоидальной кривой называется фазой. Фаза может меняться в течение периода от 0 до 360° (или 2π радиан).

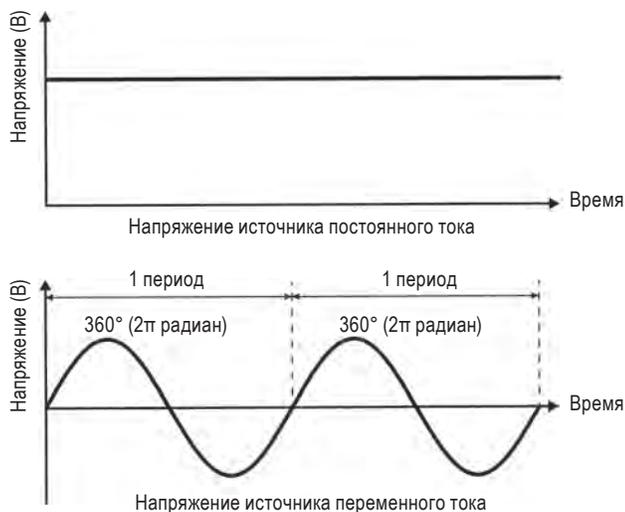


Рис. 1.4. Постоянный и переменный ток

4 Защита электропроводки

4.1. Места установки автоматов защиты сети

В соответствии со статьёй 63 «Технических стандартов для электрооборудования» автоматы защиты сети должны быть установлены:

- 1) на низковольтных магистралях;
- 2) в низковольтных цепях, которые ответвляются от низковольтных магистралей и ведут к оборудованию (групповые электрические сети);
- 3) в электрических цепях, идущих к электрическому оборудованию, без прохождения через низковольтную магистраль.

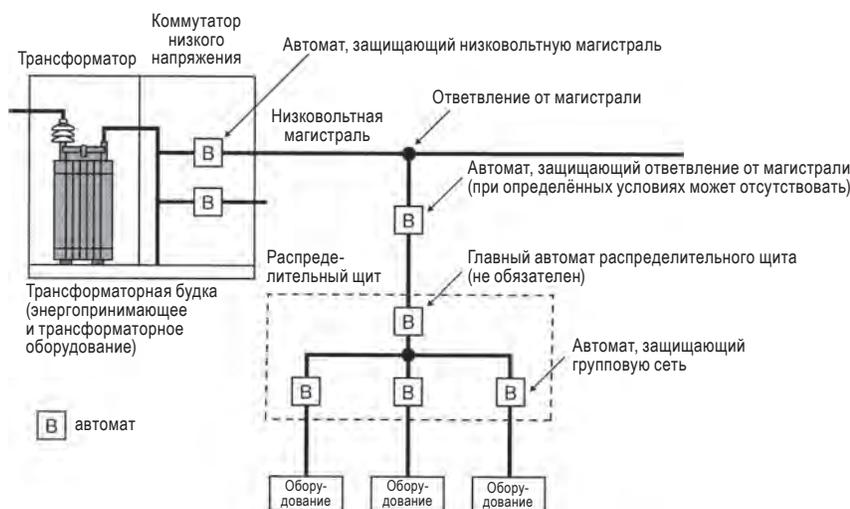


Рис. 1.5. Места установки автоматов

Статья 149 Технических стандартов электрооборудования требует, чтобы длина кабеля между точкой ответвления от низковольтной магистрали до места установки автомата должна быть не более 3 м.

Однако, если максимально допустимый ток групповой сети составляет не менее 55% от номинального тока автомата, защищающего магистраль, то в автомате нет необходимости. Более того, если допустимый ток групповой сети не менее 35% от номинального тока автомата, защищающего магистраль, то нет необходимости устанавливать автомат, если длина ответвляющегося кабеля не более 8 м.

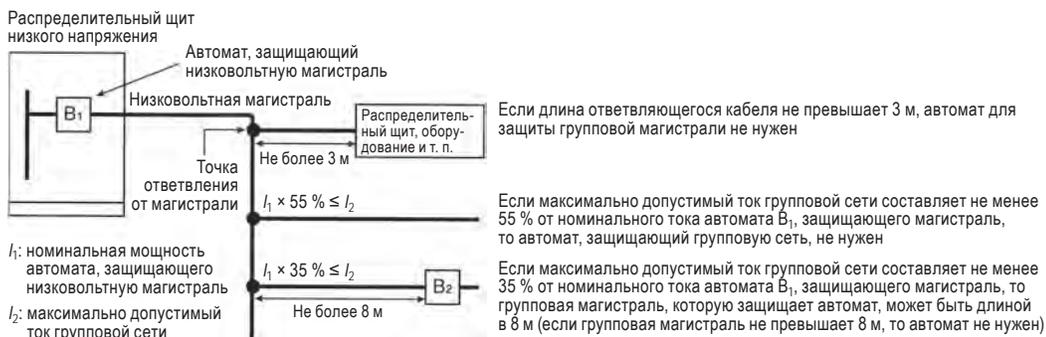


Рис. 1.6. Автоматы защиты групповых сетей

4.2. Защита кабелей (допустимый ток магистрали)

Статья 56 «Технических стандартов электрооборудования» устанавливает, что электрические кабели должны быть проложены таким образом, чтобы исключить возможность поражения током или возгорания. Кроме того, статья 57 тех же стандартов устанавливает, что используемые электрические кабели должны быть достаточно прочными и обладать такими изоляционными характеристиками, чтобы исключить возможность поражения током или возгорания.

В соответствии с этим в статье 148 «Интерпретации технических стандартов электрооборудования» установлено, что допустимый ток низковольтной магистрали должен быть не меньше суммарного номинального тока, подаваемого через все части магистральной линии к электрическому оборудованию.

Однако, когда речь идёт об устройствах вроде электродвигателей, которые имеют большой пусковой ток, то следует принимать во внимание следующее.

Когда среди нагрузок, подключенных к магистрали низкого напряжения, есть такие, вроде электродвигателей, общий номинальный ток которых больше суммы номинальных токов прочего оборудования, то:

- 1) если общий номинальный ток электродвигателя или подобного оборудования не превышает 50 А, то чтобы получить допустимый ток, нужно прибавить общий номинальный ток электродвигателя или подобного оборудования, умноженный на 1,25, к суммарному номинальному току прочего оборудования;
- 2) если общий номинальный ток электродвигателя или подобного оборудования превышает 50 А, то чтобы получить допустимый ток, нужно прибавить общий номинальный ток электродвигателя или подобного оборудования, умноженный на 1,1, к суммарному номинальному току прочего оборудования.

Кроме того, в соответствии с п. 2 стандарта внутренней электропроводки 3705-6, при выборе магистральной линии трехфазного асинхронного двигателя в 200 В, часто используемого в электрооборудовании, номинальный ток можно установить равным 4 А на 1 кВт номинальной мощности двигателя.

Рассмотрим два примера, когда оборудование подключено к некоей трёхфазной магистрали с напряжением 200 В.

Пример 1

Имеется 3 электродвигателя мощностью 3,7 кВт каждый, суммарный номинальный ток приборов с небольшой пусковой мощностью (например, обогревателей) равен 30 А. Требуется найти допустимый ток магистрали. Суммарный номинальный ток двигателей будет равен:

$$3,7 \text{ кВт} \times 4 \text{ А/кВт} \times 3 \text{ шт.} = 44,4 \text{ А} \leq 50 \text{ А.}$$

Поэтому допустимый ток магистрали должен быть равен:

$$44,4 \text{ А} \times 1,25 + 30 \text{ А} = 85,5 \text{ А или более.}$$

Задача решена.

Пример 2

Имеется 5 электродвигателей мощностью 3,7 кВт каждый, суммарный номинальный ток приборов с небольшой пусковой мощностью (например, обогревателей) равен 30 А. Требуется найти допустимый ток магистрали. Суммарный номинальный ток двигателей будет равен:

$$3,7 \text{ кВт} \times 4 \text{ А/кВт} \times 5 \text{ шт.} = 74,0 \text{ А} > 50 \text{ А.}$$

Поэтому допустимый ток магистрали должен быть равен:

$$74,0 \text{ А} \times 1,1 + 30 \text{ А} = 111,4 \text{ А или более.}$$

Задача решена.

5 Способ расчёта точечным методом

Точечный метод – это метод расчета освещенности произвольной точки, освещаемой светом, излучаемым определенным источником света. Освещенность точки, освещаемой светом от источника света, пропорциональна яркости (силе) света, излучаемого источником света, и обратно пропорциональна квадрату расстояния от источника света.

Обозначим освещённость точки за E_n (лк), тогда:

$$E_n = \frac{I}{r^2},$$

где I – сила света (кд); r – расстояние от источника света до точки (м).

Если свет, излучаемый источником света, падает на освещаемую поверхность под углом θ , то горизонтальное освещение поверхности E_h (лк) будет равно

$$E_h = E_n \cos \theta.$$



Рис. 1.7. Расчёты точечным методом