

ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

ОГЛАВЛЕНИЕ

[Введение. Основные электрические величины.](#)
[Электрические материалы. Сопротивление, проводимость.](#)
[Условные обозначения в схемах.](#)
[Электрическая цепь. Параллельное и последовательное включение.](#)
[Расчет сечения проводов.](#)
[Магнитные свойства электрического тока.](#)
[Силовые цепи. Цепи управления.](#)
[Реле. Контактторы.](#)
[Генератор. Двигатель.](#)
[Измерительные приборы.](#)
[Способы получения контактных соединений.](#)
[Заземление и защита.](#)
[Шаговое напряжение.](#)

[Трёхфазный ток.](#)
[Включение в «треугольник» и «звезду».](#)
[Электрические машины из ремонта.](#)
[Включение трёхфазного двигателя в однофазную сеть.](#)
[Магнитный пускатель.](#)
[Монтажные и принципиальные схемы.](#)
[Силовые цепи и цепи управления.](#)
[Как собирать схемы.](#)
[Защита схем.](#)
[Автоматика.](#)
[Освещение.](#)
[Эл. проводка.](#)
[Оказание доврачебной помощи пострадавшему при поражении электрическим током.](#)
[УЗО.](#)
[Схемы выпрямления.](#)
[Трансформаторы.](#)
[Приложения. Выбор и применение защитной аппаратуры.](#)

Введение

Поиск новой энергии для замены чадящих, дорогих, с низким КПД видов топлива привело к открытию свойств различных материалов накапливать, хранить, оперативно передавать и преобразовывать электричество. Два века назад были обнаружены, исследованы и описаны способы применения электроэнергии в быту и промышленности. С тех пор наука об электричестве выделилась в отдельную отрасль. Сейчас трудно представить нашу жизнь без электроприборов. Многие из нас без опаски берутся ремонтировать бытовую технику и успешно с этим справляются. Многие же боятся починить даже розетку. Вооружившись некоторыми знаниями, мы перестанем бояться электричества. Процессы, протекающие в сети, следует понимать и использовать в своих целях.

Предлагаемый курс рассчитан для начального ознакомления читателя (учащегося) с азами электротехники.

Основные электрические величины и понятия

Суть электричества состоит в том, что поток электронов движется по проводнику в замкнутой цепи от источника тока к потребителю и обратно. Перемещаясь, эти электроны выполняют определённую работу. Это явление называется – ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК, а единица измерения носит имя ученого, который первым исследовал свойства тока. Фамилия ученого - Ампер.

Необходимо знать, что ток при работе нагревает, изгибает и, старается поломать провода и все по чему он протекает. Это свойство следует учитывать при расчетах цепей, т.е., чем больше ток, тем толще провода и конструкции.

Если мы разомкнем цепь, ток прекратится, но на зажимах источника тока все-таки будет какой то потенциал, всегда готовый к работе. Разность потенциалов на двух концах проводника называется НАПРЯЖЕНИЕМ (U).

$U=f1-f2$.

В свое время ученый по фамилии Вольт скрупулезно изучил электрическое напряжение и дал ему подробное объяснение. В последствии единице измерения присвоили его имя.

В отличие от тока, напряжение не ломает, а прожигает. Электрики говорят - пробивает. Поэтому все провода и электрические агрегаты защищены изоляцией, и чем больше напряжение, тем толще изоляция. Немного позже еще один знаменитый физик - Ом, тщательно экспериментируя, выявил зависимость между этими электрическими величинами и описал ее. Сейчас каждый школьник знает закон Ома $I=U/R$. Его можно использовать для расчета простых цепей. Накрыв пальцем величину, которую ищем – увидим как ее вычислить.

Не стоит бояться формул. Для использования электроэнергии необходимы не столько они (формулы), сколько понимание того, что происходит в электроцепи.

А происходит следующее. Произвольный сточник тока, (назовем его пока – ГЕНЕРАТОР) вырабатывает

электроэнергию и по проводам передает ее потребителю (назовём его, пока словом – НАГРУЗКА). Таким образом, у нас получилась замкнутая электрическая цепь "ГЕНЕРАТОР – НАГРУЗКА". Пока генератор вырабатывает энергию, нагрузка ее потребляет и работает (т.е., преобразует электрическую энергию в механическую, световую или любую другую). Поставив обычный рубильник в разрыв провода, мы можем включать и выключать нагрузку, когда нам надо. Таким образом, получаем неисчерпаемые возможности регулирования работы. Интересно то, что при выключенной нагрузке нет необходимости отключать генератор (по аналогии с другими видами энергии - тушить костер под паровым котлом, перекрывать воду на мельнице и т.п.)

Важно при этом соблюдать пропорции ГЕНЕРАТОР-НАГРУЗКА. Мощность генератора не должна быть меньше мощности нагрузки. Нельзя к слабому генератору подключать мощную нагрузку. Это все равно, что старую клячу запрячь в тяжеленную телегу. Мощность всегда можно узнать из документации на электроприбор или его маркировки на табличке, прикрепляемой к боковой или задней стенке электроприбора. Понятие МОЩНОСТЬ ввели в обиход более века назад, когда электричество вышло за пороги лабораторий и, стало применяться в быту и промышленности.

Мощность - произведение напряжения и тока. За единицу принят Ватт. Эта величина показывает, какой ток потребляет нагрузка при таком напряжении. $P=U \times I$

Электрические материалы. Сопротивление, проводимость.

Мы уже упоминали величину под названием ОМ. Теперь остановимся на ней подробнее. Уже давно ученые обратили внимание на то, что разные материалы по-разному ведут себя с током. Одни беспрепятственно его пропускают, другие упорно ему сопротивляются, третьи пропускают его только в одну сторону, или же пропускают «на определенных условиях». После испытаний на проводимость всех возможных материалов стало понятным, что абсолютно **все материалы**, в той или иной степени, могут проводить ток. Для оценки «меры» проводимости вывели единицу электрического сопротивления, и назвали её ОМ, а материалы, в зависимости от их «способности» пропускать ток, разделили на группы. Одна группа материалов это **проводники**. Проводники без особых потерь проводят ток. К проводникам относятся материалы, имеющие сопротивление от нуля до 100 Ом/м. Такими свойствами обладают, в основном, металлы.

Другая группа – **диэлектрики**. Диэлектрики тоже проводят ток, но с огромными потерями. Их сопротивление от 10000000 Ом и до бесконечности. К диэлектрикам, в своем большинстве, относятся неметаллы, жидкости и различные соединения газов.

Сопротивление 1 Ом означает, что в проводнике сечением 1 кв. мм и длиной 1 метр потеряется 1 Ампер тока..

Величина обратная сопротивлению – **проводимость**. Величину проводимости того или иного материала всегда можно найти в справочниках. Удельные сопротивления и проводимости некоторых материалов приведены в таблице № 1

ТАБЛИЦА № 1

МАТЕРИАЛ	Удельное сопротивление	Удельная проводимость
Серебро	0,016	62,5
Медь	0,01786	56
Золото	0,024	41,6
Алюминий	0,0286	35

Вольфрам	0,055	18
Латунь	0,071	14,1
Железо	0,1 - 0,15	10 - 7
Свинец	0,21	4,8
Платиноиридиевый сплав	0,25	
Никелин	0,43	2,3
Константан	0,5	2
Хромоникель	1,1	0,91
Графит	13	0,08
Уголь	40	0,025
Твердые изоляторы	От 10(в степени 6) и выше	10(в степени минус 6)
Фарфор	10(в степени 19)	10(в степени минус 19)
Эбонит	10(в степени 20)	10(в степени минус 20)
Жидкие изоляторы	От 10(в степени 10) и выше	10(в степени минус 10)
Газообразные	От 10(в степени 14) и выше	10(в степени минус 14)

Из таблицы можно видеть, что самыми проводящими материалами являются – серебро, золото, медь и алюминий. В силу высокой стоимости серебро и золото применяется только в высокотехнологичных схемах. А медь и алюминий получили широчайшее применение в качестве проводников.

Еще видно, что нет **абсолютно** проводящих материалов, поэтому при расчетах всегда надо учитывать, что в проводах теряется ток и падает напряжение.

Есть еще одна, довольно большая и "интересная" группа материалов – **полупроводники**. Проводимость этих материалов изменяется в зависимости от условий окружающей среды. Полупроводники начинают лучше или, наоборот, хуже проводить ток, если их подогреть/охладить, или осветить, или согнуть, или, например, ударить током.

Условные обозначения в схемах.

Для полного понимания происходящих в цепи процессов необходимо уметь правильно читать электрические схемы. Для этого надо знать условные обозначения. С 1986 года вступил в силу стандарт, который во многом убрал разночтения в обозначениях, имеющиеся между европейскими и российскими

ГОСТами. Теперь электрическую схему из Финляндии может прочитать электрик из Милана и Москвы, Барселоны и Владивостока.

В электрических схемах встречаются два вида обозначений: графические и буквенные.

Буквенные коды наиболее распространенных видов элементов представлены в таблице № 2:

ТАБЛИЦА № 2

A	Устройства	Усилители, приборы телеуправления, лазеры...
B	Преобразователи неэлектрических величин в электрические и наоборот (кроме источников питания), датчики	Громкоговорители, микрофоны, чувствительные термоэлектрические элементы, детекторы ионизирующих излучений, сельсины.
C	Конденсаторы.	
D	Интегральные микросхемы, микросборки.	Устройства памяти, логические элементы.
E	Разные элементы.	Осветительные устройства, нагревательные элементы.
F	Разрядники, предохранители, защитные устройства.	Элементы защиты по току и напряжению, плавкие предохранители.
G	Генераторы, источники питания.	Батареи, аккумуляторы, электрохимические и электротермические источники.
H	Индикационные и сигнальные устройства.	Приборы звуковой и световой сигнализации, индикаторы.
K	Реле контакторы, пускатели.	Реле токовые и напряжения, тепловые, времени, магнитные пускатели.
L	Катушки индуктивности, дроссели.	Дроссели люминесцентного освещения.
M	Двигатели.	Двигатели постоянного и переменного тока.
P	Приборы, измерительное оборудование.	Показывающие и регистрирующие и измерительные приборы, счетчики, часы.

Q	Выключатели и разъединители в силовых схемах.	Разъединители, короткозамыкатки, автоматические выключатели (силовые)
R	Резисторы.	Переменные резисторы, потенциометры, варисторы, терморезисторы.
S	Коммутационные устройства в цепях управления, сигнализации и измерительных.	Выключатели, переключатели, выключатели, срабатывающие от различных воздействий.
T	Трансформаторы, автотрансформаторы.	Трансформаторы тока и напряжения, стабилизаторы.
U	Преобразователи электрических величин.	Модуляторы, демодуляторы, выпрямители, инверторы, преобразователи частоты.
V	Электривакуумные, полупроводниковые приборы.	Электронные лампы, диоды, транзисторы, тиристоры, стабилитроны.
W	Линии и элементы сверхвысокой частоты, антенны.	Волноводы, диполи, антенны.
X	Контактные соединения.	Штыри, гнезда, разборные соединения, токосъемники.
Y	Механические устройства.	Электромагнитные муфты, тормоза, патроны.
Z	Оконечные устройства, фильтры, ограничители.	Линии моделирования, кварцевые фильтры.

Условные графические обозначения представлены в таблицах № 3 - № 6. Провода на схемах обозначаются прямыми линиями.

Одним из основных требований при составлении схем является простота их восприятия. Электрик, при взгляде на схему должен понять, как устроена цепь и как действует тот или иной элемент этой цепи.

ТАБЛИЦА № 3. Условные обозначения контактных соединений

Разъемные-		
неразъемные, разборные		
неразъемные, неразборные		

Место контакта или присоединения может располагаться на любом участке провода от одного разрыва до другого.

ТАБЛИЦА № 4. Условные обозначения выключателей, выключателей, разъединителей:

	закрывающий	размыкающий
Однополюсный выключатель		
Однополюсный разъединитель		
Трёхполюсный выключатель		
Трёхполюсный разъединитель		
Трёхполюсный разъединитель с автоматическим возвратом (сленговое название - «АВТОМАТ»)		
Однополюсный разъединитель с автоматическим возвратом		
Нажимной выключатель (т.н. - «КНОПКА»)		
Вытяжной выключатель		
Выключатель с возвратом при повторном нажатии кнопки (можно встретить в		

настольных или настенных светильниках)		
Путевой однополюсный выключатель (также известен под именем «концевой» или «конечник»)		

Вертикальные линии, пересекающие подвижные контакты, говорят, что все три контакта замыкаются (или размыкаются) одновременно от одного воздействия.

При рассмотрении схемы необходимо учитывать то, что некоторые элементы цепи чертятся одинаково, но их буквенное обозначение будет отличаться (например, контакт реле и выключатель).

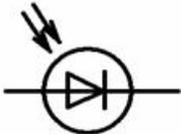
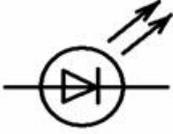
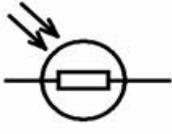
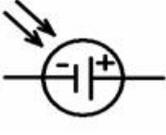
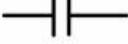


ТАБЛИЦА № 5. Обозначение контактов реле контакторов

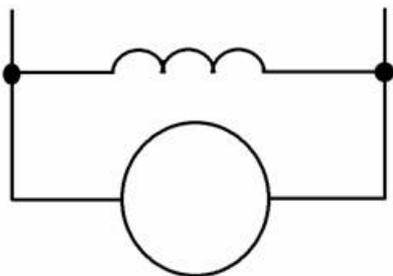
	замыкающие	размыкающие
обычные		
с замедлением при срабатывании		
с замедлением при возврате		
с замедлением при срабатывании и при возврате		

ТАБЛИЦА № 6. Полупроводниковые приборы

Диод	
Стабилитрон	
Тиристор	

Фотодиод	
Светодиод	
Фоторезистор	
Солнечный фотоэлемент	
Транзистор	
Конденсатор	
Дроссель	
Сопротивление	

Электрические машины постоянного тока –



Асинхронные трехфазные электрические машины переменного тока –



В зависимости от буквенного обозначения эти машины будут, либо генератором, либо двигателем. При маркировке электрических цепей соблюдают следующие требования:

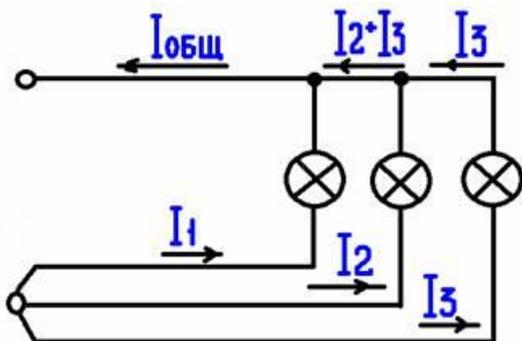
1. Участки цепи, разделенные контактами аппаратов, обмотками реле, приборов, машин и другими элементами, маркируют по-разному.
2. Участки цепи, проходящие через разъемные, разборные или неразборные контактные соединения, маркируют одинаково.
3. В трехфазных цепях переменного тока фазы маркируют: «А», «В», «С», в двухфазных – «А», «В»; «В», «С»; «С», «А», а в однофазных – «А»; «В»; «С». Ноль обозначают буквой – «О».
4. Участки цепей положительной полярности маркируют нечетными числами, а отрицательной полярности – четными.
5. Рядом с условным обозначением силового оборудования на чертежах планов дробью указывают номер оборудования по плану (в числителе) и его мощность (в знаменателе), а у светильников – мощность (в числителе) и высоту установки в метрах (в знаменателе).

Необходимо понимать, что все электрические схемы показывают состояние элементов в исходном состоянии, т.е. в тот момент, когда в цепи отсутствует ток.

Электрическая цепь. Параллельное и последовательное включение.

Как уже говорилось выше, мы можем отключать нагрузку от генератора, мы можем подключать к генератору другую нагрузку, а можно подключить несколько потребителей одновременно. В зависимости от стоящих задач мы можем включить несколько нагрузок параллельно или последовательно. При этом меняется не только схема, но и характеристики цепи.

При **параллельном** подключении напряжение на каждой нагрузке будет одинаковой, и работа одной нагрузки не будет влиять на работу других нагрузок.

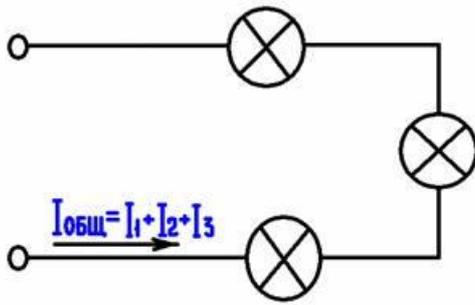


При этом, ток в каждой цепи будет разный и будет суммироваться в местах соединений.

$$I_{\text{общ}} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$

Подобным образом подключается вся нагрузка в квартире, например лампы в люстре, конфорки в электрической кухонной плите и т.п.

При **последовательном** включении, напряжение равными долями распределится между потребителями



В этом случае по всем включенным в цепь нагрузкам будет проходить суммарный ток и в случае выхода из строя одного из потребителей вся схема перестанет работать. Такие схемы используются в новогодних гирляндах. Кроме того, при использовании элементов разной мощности в последовательной цепи, слабые приемники просто перегорают.

$$U_{общ} = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n$$

Мощность, при любом способе подключения, суммируется:

$$P_{общ} = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n.$$

Расчет сечения проводов.

Ток, проходя по проводам, нагревает их. Чем тоньше проводник, и чем больше проходящий через него ток, тем сильнее нагрев. При нагреве плавится изоляция провода, что может привести к короткому замыканию и пожару. Расчет тока в сети не сложен. Для этого надо мощность прибора в ваттах разделить на напряжение: $I=P/U$.

Все материалы имеют допустимую проводимость. Это значит, что такой ток они могут пропустить через каждый квадратный миллиметр (т.е. сечение) без особых потерь и нагрева (см. таблицу №7).

ТАБЛИЦА № 7

Сечение S (кв.мм.)	Допустимый ток I	
	медь	алюминий
0,5	5	3
0,75	7	4,5
1	10	6
1,2	12	8
1,5	15	10

2,0	19	13
2,5	21	16
3,0	25	18
4,0	27	21
5,0	30	24
6,0	34	26
10	50	38
16	70	55
25	85	65
35	100	75

Теперь, зная ток, мы без труда выбираем из таблицы нужное сечение провода и, если надо, рассчитываем диаметр провода, пользуясь простой формулой: $D = \sqrt{S/\pi} \times 2$
Можно идти в магазин за проводом.

*В качестве примера рассчитаем толщину проводов для подключения бытовой кухонной плиты: Из паспорта или по табличке на оборотной стороне агрегата узнаем мощность плиты. Допустим, мощность (P) равна 11 кВт (11 000 Ватт). Разделив мощность на напряжение сети (в большинстве регионов России это 220 Вольт) получим ток, который будет потреблять плита: $I = P/U = 11000/220 = 50A$. Если использовать медные провода, то сечение провода S должно быть не менее **10 кв. мм.** (см. таблицу).*

*Надеюсь, читатель не обидится на меня за то, что я напомню ему о том, что сечение проводника и его диаметр, это не одно и то же. Сечение провода равно π (Пи) умноженное на r в квадрате ($\pi \times r \times r$). Диаметр провода можно рассчитать, вычислив квадратный корень из сечения провода, деленного на π и умножив полученное значение на два. Понимая, что многие из нас уже подзабыли школьные постоянные, напомню, что Пи равно **3,14**, а диаметр - это два радиуса. Т.е. толщина нужного нам провода будет $D = 2 \times \sqrt{10/3,14} = 3,56$ мм.*

Магнитные свойства электрического тока.

Давно замечено, что при прохождении тока по проводникам возникает магнитное поле способное воздействовать на магнитные материалы. Из школьного курса физики мы, возможно, помним, что разноимённые полюса магнитов притягиваются, а одноименные отталкиваются. Это обстоятельство следует учитывать при прокладке проводов. Два провода, по которым ток течет в одну сторону, будут притягиваться друг к другу, и наоборот.

Если провод скрутить в катушку, то, при пропускании через него электрического тока, магнитные свойства проводника проявятся еще сильнее. А если в катушку вставить еще и сердечник, тогда получим мощный магнит.

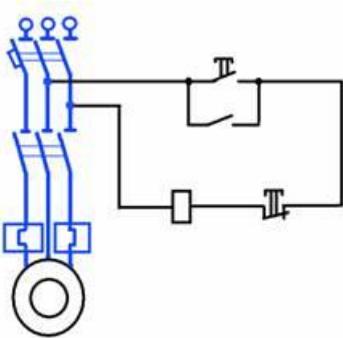
В конце позапрошлого века американец Морзе изобрел устройство, которое позволяло передавать информацию на большие расстояния без помощи гонцов. Аппарат этот основан, на способности тока возбуждать магнитное поле вокруг катушки. Подавая на катушку питание от источника тока, в ней возникает магнитное поле, притягивающее подвижный контакт, который замыкает цепь другой такой же катушки, и т.д. Таким образом, находясь на значительном расстоянии от абонента можно без особых проблем передавать закодированные сигналы. Это изобретение получило широкое применение, как в связи, так в быту и промышленности.

Описанное устройство уже давно устарело и почти не используется на практике. На смену ему пришли мощные информационные системы, но в основе своей все они продолжают работать по тому же принципу.

Силовые цепи. Цепи управления.

Мощность любого двигателя несоизмеримо выше мощности катушки реле. Поэтому провода к основной нагрузке толще, чем к управляющим аппаратам.

Введём понятие силовых цепей и цепей управления. К силовым цепям относятся все ведущие к нагрузке ток части цепи (провода, контакты, измерительные и контролируемые приборы). На схеме они выделены цветом.



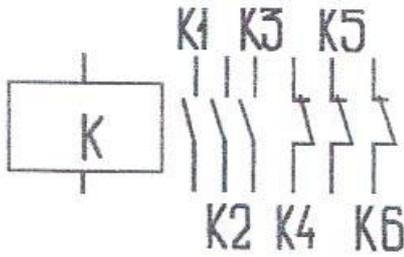
Все провода и аппаратура управления, контроля и сигнализации относятся к цепям управления. На схеме они выделены отдельно. Бывает что нагрузка не очень велика или особо не выражена. В таких случаях цепи условно делят по силе тока в них. Если ток превышает 5 Ампер – цепь силовая.

Реле. Контактторы.

Важнейшим элементом, упоминавшегося уже аппарата Морзе является **РЕЛЕ**.

Это устройство интересно тем, что на катушку можно подать относительно слабый сигнал, который преобразуется в магнитное поле и замыкает другой, более мощный, контакт, или группу контактов.

Некоторые из них могут не замыкаться, а, наоборот, размыкаться. Это тоже нужно для разных целей. На чертежах и схемах это изображается так:



А читается следующим образом: *при подаче питания на катушку реле - K контакты: K1, K2, K3, и K4 замыкаются, а контакты: K5, K6, K7 и K8 – размыкаются.* Важно помнить, что на схемах показываются только те контакты, которые будут задействованы, не смотря на то, что реле может иметь большее количество контактов.

На принципиальных схемах показывается именно принцип построения сети и её работы, поэтому контакты и катушка реле не рисуются вместе. В системах, где много функциональных устройств, основную трудность представляет то, как правильно найти соответствующие катушкам контакты. Но с приобретением опыта эта проблема решается проще.

Как мы уже говорили ток и напряжение, разные материи. Ток, сам по себе, очень силен и, надо приложить немалые усилия, что бы его отключить. При отключении цепи (электрики говорят – **коммутации**) возникает большая дуга, которая может зажечь материал.

При силе тока $I=5A$, возникает дуга длиной 2 см. При больших токах размеры дуги достигают чудовищных размеров. Приходится применять специальные меры, чтобы не расплавить материал контактов. Одна из таких мер - "дугогасительные камеры".

Эти устройства ставят у контактов на силовых реле. Кроме того, контакты имеют другую, отличную от реле форму, это позволяет еще до возникновения дуги разделить ее пополам. Такое реле называется **контактором**. Некоторые электрики окрестили их пускателями. Это неправильно, но в точности передает суть работы контакторов.

Все электроприборы производятся различных типоразмеров. Каждый размер говорит о способности выдержать токи определенной силы, поэтому, устанавливая аппаратуру необходимо следить за тем, чтобы типоразмер коммутирующего прибора соответствовал току нагрузки (таблица № 8) .

ТАБЛИЦА № 8

Величина, (условный номер типоразмера)	Номинальный ток	Номинальная мощность
1	10	4
2	23	10
3	40	17

4	56	28
5	115	55
6	140	75

Генератор. Двигатель.

Магнитные свойства тока интересны еще и тем, что они обратимы. Если с помощью электричества можно получить магнитное поле, то можно и наоборот. После не очень продолжительных исследований (всего то около 50 лет) было выяснено, что *если проводник перемещать в магнитном поле, то по проводнику начинает течь электрический ток*. Это открытие помогло человечеству преодолеть проблему запасаения и хранения энергии. Теперь у нас на вооружении есть электрический генератор. Простейший генератор устроен не сложно. Виток провода вращается в поле магнита (или наоборот) и по нему течет ток. Остаётся только замкнуть цепь на нагрузку.

Конечно же, предложенная модель сильно упрощена, но в принципе генератор отличается от этой модели не так уж и сильно. Вместо одного витка берутся километры проволоки, (это называется **обмоткой**). Вместо постоянных магнитов используются электромагниты, (это называется **возбуждением**). Наибольшую проблему в генераторах представляют способы отбора тока. Устройством для отбора вырабатываемой энергии является **коллектор**.

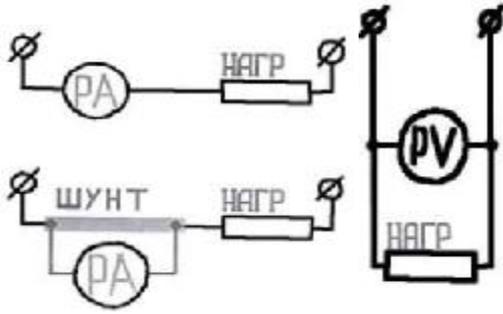
При монтаже электрических машин необходимо следить за целостностью щеточных контактов и плотностью прилегания их к коллекторным пластинам. При замене щеток, их придется притирать. Имеется еще одна интересная особенность. Если у генератора не забирать ток, а, наоборот, подавать на его обмотки, то генератор превратится в двигатель. Это означает, что электрические машины полностью обратимы. То есть, не изменяя конструкцию и схему, мы можем использовать электрические машины, как в качестве генератора, так и в качестве источника механической энергии. Например, электропоезд при движении в горку потребляет электроэнергию, а под горку – выдает её в сеть. Таких примеров можно привести много.

Измерительные приборы.

Одним из самых опасных факторов, связанных с эксплуатацией электричества является то, что наличие тока в цепи можно определить, только очувтившись под его воздействием, т.е. соприкоснувшись с ним. До этого момента электрический ток ничем не выдает своего присутствия. В связи с таким поведением возникает острая необходимость его обнаружения и измерения. Зная магнитную природу электричества, мы можем не только определить наличие/отсутствие тока, но и измерить его.

Существует много приборов для измерения электрических величин. Многие из них имеют обмотку магнита. Ток, протекая по обмотке, возбуждает магнитное поле и отклоняет стрелку прибора. Чем сильнее ток, тем больше отклоняется стрелка. Для большей точности измерений применяется зеркальная шкала, чтобы взгляд на стрелку был перпендикулярен измерительной панели.

Для измерения тока используется **амперметр**. Он включается в цепь последовательно. Чтобы измерить ток, величина которого больше номинального, чувствительность прибора уменьшают **шунтом** (мощным сопротивлением).



Напряжение измеряют **вольтметром**, к цепи он подключается параллельно.

Комбинированный прибор для измерения и тока и напряжения называют **авометром**.

Для замеров сопротивления используют **омметр** или **мегаомметр**. Этими приборами часто прозванивают цепь, что бы найти обрыв или удостовериться в ее целостности.

Измерительные приборы должны проходить периодическое тестирование. На крупных предприятиях специально для этих целей создаются измерительные лаборатории. После тестирования прибора лаборатория ставит на его лицевую сторону свое клеймо. Наличие клейма говорит о том, что прибор работоспособен, имеет допустимую точность (погрешность) измерения и, при условии правильной эксплуатации, до следующей поверки его показаниям можно верить.

Счетчик электроэнергии тоже является измерительным прибором, в который добавлена еще и функция учета используемой электроэнергии. Принцип действия счётчика предельно прост, как и его устройство. Он имеет обычный электродвигатель с редуктором, подключенным к колесикам с циферками. При увеличении силы тока в цепи двигатель крутится быстрее, быстрее перемещаются и сами цифры. В быту мы пользуемся не профессиональной измерительной техникой, но в силу отсутствия необходимости очень точного измерения это не столь существенно.

Способы получения контактных соединений.

Казалось бы, что нет ничего проще, чем соединить два провода между собой – скрутил и все. Но, как подтверждает опыт, львиная доля потерь в цепи приходится именно на места соединений (контакты). Дело в том, что атмосферный воздух, содержит КИСЛОРОД, который является самым мощным окислителем, имеющимся в природе. Любое вещество, вступая с ним в контакт, подвергается окислению, покрываясь сначала тончайшей, а со временем всё более толстой пленкой окисла, имеющей очень высокое удельное сопротивление. Кроме того, возникают проблемы при соединении проводников, состоящих из разных материалов. Такие соединения, как известно, представляет собой либо гальваническую пару (которая окисляется еще быстрее) либо биметаллическую пару (которая при перепаде температуры изменяет свою конфигурацию). Разработано несколько способов надёжных соединений.

Сваркой соединяют железные провода при монтаже заземления и средств молнезащиты. Сварочные работы выполняются квалифицированным сварщиком, а электрики подготавливают провода.

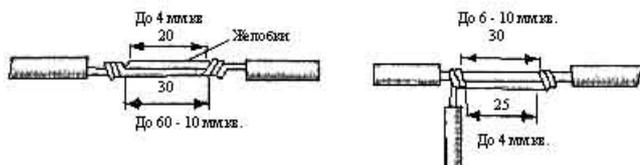
Медные и алюминиевые проводники соединяют пайкой.

Перед пайкой с жил снимают изоляцию на длину до 35мм, зачищают до металлического блеска и обрабатывают флюсом в целях обезжиривания и для лучшего сцепления припоя. Составные части флюсов всегда можно найти в торговых точках и аптеках в нужных количествах. Наиболее распространённые флюсы приведены в таблице № 9.

ТАБЛИЦА № 9 Составы флюсов.

Марка флюса	Область применения	Химический состав %
КЭ	Пайка токопроводящих частей из меди, латуни и бронзы.	Канифоль-30, Спирт этиловый-70.
ВТС	Пайка проводниковых изделий из меди и ее сплавов, алюминия, константана, манганина, серебра.	Вазелин-63, Триэтаноломин-6,5, Кислота салициловая-6,3, Спирт этиловый-24,2.
ФВ-3	Пайка изделий из алюминия и его сплавов цинковыми и алюминиевыми припоями.	Фтористый натрий-8, Хлористый литий-36, Хлористый цинк-16, Хлористый калий-40.
Водный раствор хлористого цинка	Пайка изделий из стали, меди и ее сплавов.	Хлористый цинк-40, Вода—60.
ФТКА	Спаивание алюминиевых проводов с медными.	Фтороборат кадмия-10, Фтороборат аммония-8, Триэтаноломин-82.

Для пайки алюминиевых однопроволочных жил 2,5-10 кв.мм. используют паяльник. Скручивание жил выполняют двойной скруткой с желобком.



При пайке жилы нагревают до начала плавления припоя. Потирая желобок палочкой припоя, лудят жилы и заполняют желобок припоем, сначала с одной, а затем с другой стороны. Для пайки алюминиевых жил больших сечений используют газовую горелку.

Одно- и многопроволочные медные жилы спаивают луженой скруткой без желобка в ванночке с расплавленным припоем.

В таблице № 10 приведены температуры плавления и пайки некоторых типов припоев и область их применения.

ТАБЛИЦА № 10

Марка	Температура плавления	Температура пайки	Область применения
П250А	250	300	Лужение и пайка концов алюминиевых проводов.
П300А	310	360	Пайка соединений, сращивание алюминиевых проводов круглого и прямоугольного сечения при намотке трансформаторов.
П300Б	410	750	Пайка заливкой алюминиевых проводов большого сечения.
31А	525	650	Пайка изделий из алюминия и его сплавов.
ПОС-40	238	290	Пайка и лужение токопроводящих частей из меди и ее сплавов.
ПОС-61	190	240	Лужение, пайка меди и ее сплавов.
ПОСК-5018	145	185	Пайка деталей из меди и ее сплавов.
ПОСК-50	145	185	Пайка полупроводниковых приборов.
ПОСВ-33	130	160	Пайка плавких предохранителей.

ПОССу 40-05	235	285	Пайка коллекторов и секций электрических машин, приборов.
----------------	-----	-----	---

Соединение алюминиевых жил с медными выполняют так же, как соединение двух алюминиевых жил, при этом алюминиевую жилу сначала лудят припоем «А», а затем припоем ПОССу. После остывания место пайки изолируют.

Последнее время все чаще применяют соединительную арматуру, где провода соединяются болтами в специальных соединительных секциях.

Заземление.

От долгой работы материалы «устают» и изнашиваются. При недосмотре может случиться так, что какая-нибудь токопроводящая деталь отваливается и падает на корпус агрегата. Мы уже знаем, что напряжение в сети обусловлено разностью потенциалов. На земле, обычно, потенциал равен нулю, и если на корпус упал один из проводов, то напряжение между землей и корпусом будет равно напряжению сети. Касание корпуса агрегата, в этом случае, смертельно опасно.

Человек также является проводником и может через себя пропустить ток от корпуса на землю или в пол. В этом случае человек подключается к сети последовательно и, соответственно, весь ток нагрузки из сети пойдет по человеку. Даже если нагрузка в сети небольшая все равно это грозит существенными неприятностями. Сопротивление среднестатистического человека примерно равно 3 000 Ом.

Произведенный по закону Ома расчет тока покажет, что по человеку потечет ток $I = U/R = 220/3000 = 0,07$ Ом. Казалось бы, немного, но может и убить.

Во избежание этого, делают **заземление**. Т.е. намеренно соединяют корпуса электрических устройств с землей, что бы вызвать короткое замыкание, в случае пробоя на корпус. При этом срабатывает защита и отключает неисправный агрегат.

Заземлители заглубляют в грунт, сваркой присоединяют к ним заземляющие проводники, которые болтами прикручивают ко всем агрегатам, чьи корпуса могут оказаться под током.

Кроме того, в качестве меры защиты, применяют **зануление**. Т.е. с корпусом соединяют ноль. Принцип срабатывания защиты аналогичен заземлению. Разница лишь в том, что заземление зависит от характера почвы, ее влажности, глубины залегания заземлителей, состояния множества соединений и т.д. и т.п. А зануление напрямую соединяет корпус агрегата с источником тока.

Правила устройства электроустановок говорят, что при устройстве зануления, заземлять электроустановку необязательно.

Заземлитель представляет собой металлический проводник или группу проводников, находящихся в непосредственном соприкосновении с землей. Различают следующие виды заземлителей:

1. **Углубленные**, выполненные из полосовой или круглой стали и, укладываемые горизонтально на дно котлованов зданий по периметру их фундаментов;
2. **Горизонтальные**, выполненные из круглой или полосовой стали и уложенные в траншею;
3. **Вертикальные** – из стальных, вертикально вдавленных в грунт стальных стержней.

Для заземлителей применяют круглую сталь диаметром 10 – 16 мм, полосовую сталь сечением 40x4 мм, отрезки угловой стали 50x50x5 мм.

Длина вертикальных ввинчиваемых и вдавливаемых заземлителей – 4,5 – 5 м; забиваемых – 2,5 – 3 м. В производственных помещениях с электроустановками напряжением до 1 кВ применяют магистрали заземления сечением не менее 100 кв. мм, а напряжением выше 1 кВ – не менее 120 кв. мм. Наименьшие допустимые размеры стальных заземляющих проводников (в мм) показаны в таблице №11

ТАБЛИЦА № 11

Сечение заземлителя	В зданиях	снаружи	В земле
Круглые	5	6	10
Прямоугольные	3	4	4
Угловые	2	2,5	4

Наименьшие допустимые размеры медных и алюминиевых заземляющих и нулевых проводников (в мм), приведены в таблице № 12

ТАБЛИЦА № 12

Тип проводника	алюминий	Медь
Кабели или многожильные провода в общей защитной оболочке с фазными жилами	2,5	1
Изолированные провода	2,5	1,5
Неизолированные проводники при открытой проводке	6	4

Над дном траншеи вертикальные заземлители должны выступать на 0,1 - 0,2 м для удобства приварки к ним соединительных горизонтальных стержней (сталь круглого сечения более устойчива против коррозии, чем полосовая). Горизонтальные заземлители укладывают в траншеи глубиной 0,6 – 0,7 м от уровня планировочной отметки земли.

У мест ввода проводников в здание устанавливают опознавательные знаки заземлителя. Расположенные в земле заземлители и заземляющие проводники не окрашивают. Если в грунте содержатся примеси,

вызывающие повышенную коррозию, применяют заземлители увеличенного сечения, в частности, круглую сталь диаметром 16 мм, оцинкованные или омедненные заземлители, или осуществляют электрическую защиту заземлителей от коррозии.

Заземляющие проводники прокладывают горизонтально, вертикально или параллельно наклонным конструкциям зданий. В сухих помещениях заземляющие проводники укладывают непосредственно по бетонным и кирпичным основаниям с креплением полос дюбелями, а в сырых и особо сырых помещениях, а также в помещениях с агрессивной атмосферой – на подкладках или опорах (держателях) на расстоянии не менее 10 мм от основания.

Проводники крепят на расстояниях 600 – 1 000 мм на прямых участках, 100 мм на поворотах от вершин углов, 100 мм от мест ответвлений, 400 – 600 мм от уровня пола помещений и не менее 50 мм от нижней поверхности съемных перекрытий каналов.

Открыто проложенные заземляющие и нулевые защитные проводники имеют отличительную окраску – по зеленому фону прокрашивают желтую полосу вдоль проводника.

В обязанность электриков входит, периодически проверять состояние заземления. Для этого мегомметром замеряется сопротивление заземления. ПУЭ. Регламентируют следующие значения сопротивлений заземляющих устройств в электроустановках (Табл. №13).

ТАБЛИЦА № 13

Напряжение сети	Сопротивление заземление
до 1 000 Вольт	< 10 Ом
Выше 1 000 Вольт (глухозаземленная нейтраль)	<0,5 Ом
Выше 1 000 Вольт (изолированная нейтраль)	<250/Із

Заземляющие устройства (заземление и зануление) на электроустановках выполняют во всех случаях если напряжение переменного тока равно или выше 380 В, а напряжение постоянного тока выше или равно 440 В;

При напряжении переменного тока от 42 В до 380 Вольт и от 110 В до 440 Вольт постоянного тока заземление выполняется в помещениях с повышенной опасностью, а также на особо опасных и наружных установках. Заземление и зануление во взрывоопасных установках выполняют при любых напряжениях. Если характеристики заземления не соответствуют допустимым стандартам, проводятся работы по восстановлению заземления.

Шаговое напряжение.

В случае обрыва провода и попадания его на землю или корпус агрегата, напряжение равномерно «растекается» по поверхности. В точке касания провода земли, оно равно сетевому напряжению. Но чем дальше от центра касания, тем падение напряжения больше.

Тем не менее, при напряжении между потенциалами в тысячи, и десятки тысяч вольт, даже в нескольких метрах от точки касания провода земли, напряжение все-таки будет опасным для человека. При попадании человека в эту зону, по телу человека потечёт ток (по цепи: земля - ступня – колено – пах – другое колено – другая ступня - земля). Можно, с помощью закона Ома, быстро посчитать какой именно ток потечет, и представить последствия. Так как напряжение возникает, по сути, между ног человека, оно получило название – **шаговое напряжение**.

Не стоит испытывать судьбу, увидев свисающий со столба провод. Надо принять меры к безопасной эвакуации. А меры следующие:

Во-первых, не стоит двигаться широким шагом. Нужно шаркающими шажками, не отрывая ног от земли удалиться подальше от места касания.

Во-вторых, нельзя падать и ползти!

И, в-третьих, до прибытия аварийной бригады необходимо ограничить доступ людей в опасную зону.

Трёхфазный ток.

Выше мы разобрались, как работает генератор и двигатель постоянного тока. Но эти двигатели имеют ряд недостатков, которые сдерживают их применение в промышленной электротехнике. Большое распространение получили машины переменного тока. Устройство снятия тока в них представляет собой кольца, которое проще в изготовлении и обслуживании. Переменный ток ничуть «не хуже» постоянного, а по некоторым показателям превосходит его. Постоянный ток всегда течет в одном направлении при постоянной величине. Переменный ток изменяет направление или величину. Основной его характеристикой является частота, измеряемая в **Герцах**. Частота показывает, сколько раз в секунду ток меняет направление или амплитуду. В европейском стандарте промышленная частота $f=50$ Герц, в стандарте США $f=60$ Герц.

Принцип работы двигателей и генераторов переменного тока, такой же, как и у машин постоянного тока. У двигателей переменного тока имеется проблема ориентирования направления вращения. Приходится либо смещать направление тока дополнительными обмотками, либо применять специальные пусковые устройства. Использование трехфазного тока решило эту проблему. Суть его «устройства» в том, что три однофазных системы связали в одну - трехфазную. По трем проводам подаётся ток с небольшим запозданием друг от друга. Эти три провода всегда называют "А", "В" и "С". Ток течет следующим образом. По фазе «А» на нагрузку и от неё возвращается по фазе «В», из фазы «В» в фазу «С», а из фазы «С» в «А».

Существуют две системы трехфазного тока: трех проводная и четырех проводная. Первую мы уже описали. А во второй присутствует четвертый нулевой провод. В такой системе по фазам ток подается, а по нулю отводится. Данная система оказалась настолько удобной, что сейчас применяется повсеместно. Удобна она, в том числе и тем, что не надо что-то переделывать, если нужно включить в нагрузку только один или два провода. Просто подключаемся/отключаемся и все.

Напряжение между фазами называется линейным ($U_{л}$) и равно напряжению в линии. Напряжение между фазным ($U_{ф}$) и нулевым проводом называется фазным и вычисляется по формуле: $U_{ф}=U_{л}/\sqrt{3}$;

$U_{л}=U_{ф}/1,73$.

Каждый электрик давно эти расчеты произвел и наизусть знает стандартный ряд напряжений (таблица № 14).

ТАБЛИЦА № 14

Uл	Uф
660	380
380	220
220	127

При включении в трехфазную сеть однофазных нагрузок необходимо следить за равномерностью подключения. В противном случае выйдет, что один провод будет сильно перегружен, а два других при этом останутся без дела.

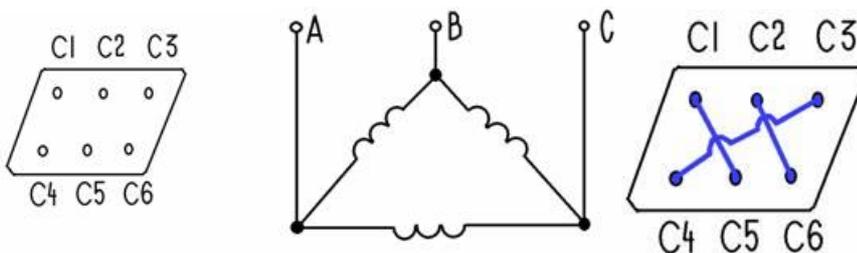
Все трехфазные электрические машины имеют по три пары полюсов и ориентируют направление вращения подключением фаз. При этом для изменения направления вращения (электрики говорят – РЕВЕРСа) достаточно поменять местами только две фазы, любые.

Аналогично и с генераторами.

Включение в «треугольник» и «звезду».

Имеются три схемы включения трехфазной нагрузки в сеть. В частности, на корпусах электродвигателей имеется контактная коробка с выводами обмоток. Маркировка в клеммных коробках электрических машин следующая:

начала обмоток C1, C2 и C3, концы, соответственно C4, C5 и C6 (крайний левый рисунок).

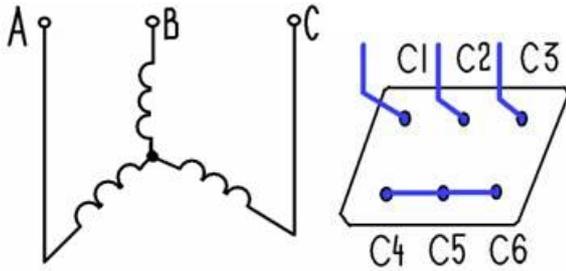


Подобную маркировку крепят и на трансформаторах.

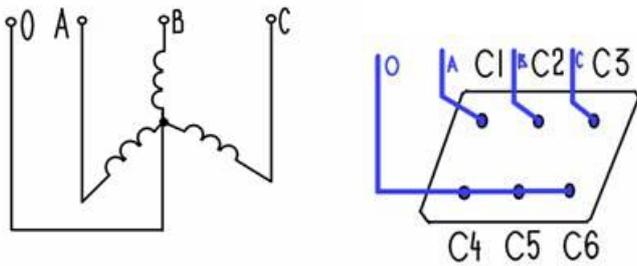
Соединение "треугольником" показано на среднем рисунке. При таком соединении весь ток из фазы к фазе проходит по одной обмотке нагрузки и, в этом случае, потребитель работает на полную мощность. На крайнем правом рисунке показаны соединения в клемной коробке.

Соединение "в звезду" может «обходиться» без нуля. При таком подключении линейный ток, проходя

через две обмотки, делится пополам и, соответственно, потребитель работает в половину силы.



При соединении "в звезду" с нулевым проводом на каждую обмотку нагрузки поступает только фазное напряжение: $U_f = U_l / \sqrt{3}$. Мощность потребителя получается меньше на $\sqrt{3}$.



Электрические машины из ремонта.

Большую проблему представляют старые двигатели, вышедшие из ремонта. Такие машины, как правило, не имеют табличек и клеммных выходов. Провода торчат из корпусов, и похожи на лапшу из мясорубки. И если подключить их неправильно, то в лучшем случае, двигатель будет перегреваться, а в худшем - сгорит.

Происходит это, потому что одна из трех, неправильно подключённых обмоток, будет стараться провернуть ротор двигателя, в сторону, противоположную вращению, создаваемому двумя другими обмотками.

Чтобы подобного не случилось необходимо найти концы одноименных обмоток. Для этого с помощью тестера «прозванивают» все обмотки, одновременно проверяя и их целостность (отсутствие обрыва и пробоя на корпус). Найдя концы обмоток, их маркируют. Цепь собирается следующим образом. К предполагаемому окончанию первой обмотки присоединяем предполагаемое начало второй обмотки, конец второй соединяем с началом третьей, а с оставшихся концов снимаем показания омметра.

Заносим значение сопротивления в таблицу.

схема	сопротивление
123456	0,456
213456	0,567
124356	0,678

123465	0,234
213465	0,345
214365	0,453

Потом цепь разбираем, меняем конец и начало первой обмотки местами и снова собираем. Как и в прошлый раз, результаты измерений заносим в таблицу.

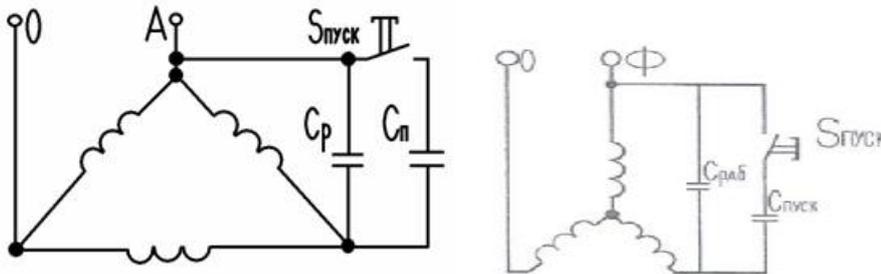
Далее опять повторяем операцию, поменяв местами концы второй обмотки

Повторяем подобные действия столько раз, сколько имеется возможных схем включения. Главное, аккуратно и точно снимать показания с прибора. Для точности, весь цикл измерений стоит повторить дважды. После заполнения таблицы сравниваем результаты измерений.

Правильной будет схема *с наименьшим измеренным сопротивлением.*

Включение трехфазного двигателя в однофазную сеть.

Случается необходимость, когда трехфазный двигатель надо включить в обычную бытовую розетку (однофазную сеть). Для этого, способом сдвига фазы при помощи конденсатора, принудительно создают третью фазу.



На рисунке показано подключение двигателя по схеме «треугольник» и «звезда». На один вывод подключают «ноль», на второй фазу, к третьему выводу также подключают фазу, но через конденсатор. Для вращения вала двигателя в нужную сторону применяют пусковой конденсатор, который включается в сеть параллельно рабочему.

При напряжении сети 220 В и частоте 50 Гц емкость рабочего конденсатора в мкФ рассчитываем по формуле, $C_{раб} = 66 P_{ном}$, где $P_{ном}$ – номинальная мощность двигателя в кВт.

Ёмкость пускового конденсатора рассчитывают по формуле, $C_{пуск} = 2 C_{раб} = 132 P_{ном}$.

Для пуска не очень мощного двигателя (до 300 Вт) пусковой конденсатор может и не понадобиться.

Магнитный пускатель.

Включение электродвигателя в сеть при помощи обычного выключателя, дает ограниченную возможность регулирования.

Кроме того, в случае аварийного отключения электроэнергии (например, перегорают предохранители), машина перестает работать, но после починки сети двигатель запускается уже без команды человека. Это может привести к несчастному случаю.

Необходимость защиты от исчезновения тока в сети (электрики говорят НУЛЕВОЙ ЗАЩИТЫ) привела к изобретению магнитного пускателя. В принципе, это схема с использованием, уже описанного нами,

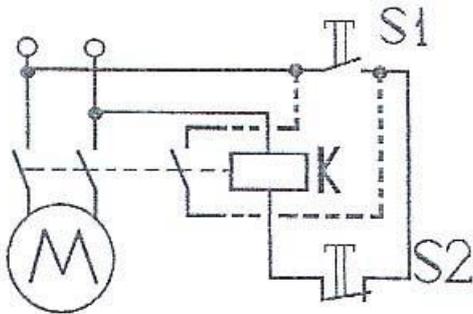
реле.

Для включения машины используем контакты реле «К» и кнопку S1.

При нажатии на кнопку цепь катушки реле «К» получает питание и контакты реле К1 и К2 замыкаются. Двигатель получает питание и работает. Но, отпустив кнопку, схема перестает работать. Поэтому один из контактов реле «К» используем для шунтирования кнопки.

Теперь, после размыкания контакта кнопки, реле не теряет питание, а продолжает удерживать свои контакты в замкнутом положении. И для выключения схемы используем кнопку S2.

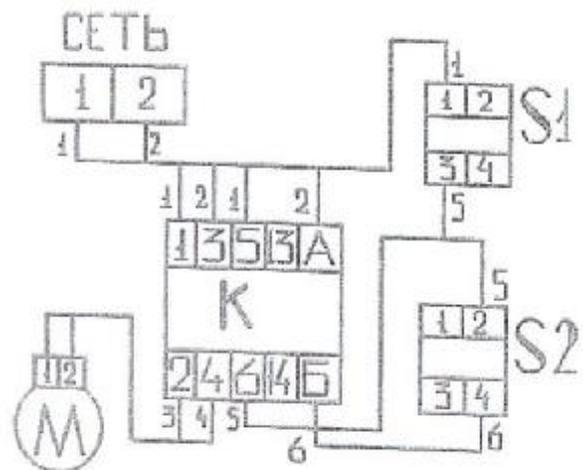
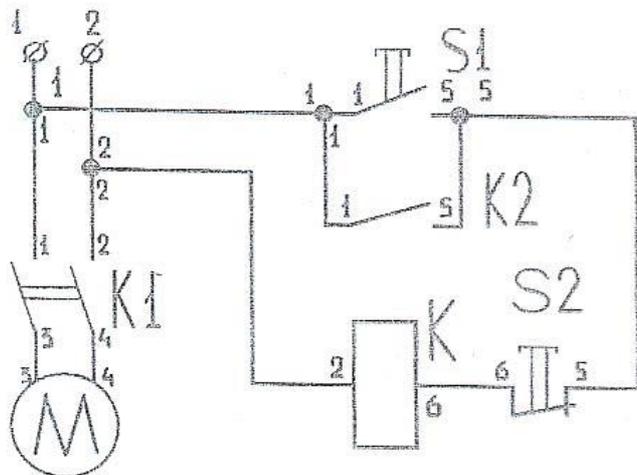
Правильно собранная схема после отключения сети не включится до тех пор, пока человек не даст на это команду.



Монтажные и принципиальные схемы.

В предыдущем параграфе мы начертили схему магнитного пускателя. Эта схема является **принципиальной**. Она показывает принцип работы устройства. В ней задействованы элементы, используемые в данном устройстве (схеме). Несмотря на то, что реле или контактор может иметь большее число контактов, вычерчиваются только те, которые будут задействованы. Провода рисуются, по возможности, прямыми линиями и не в натуральном исполнении.

Наряду с принципиальными схемами, используют монтажные схемы. Их задача показать, как должны монтироваться элементы электрической сети или устройства. Если реле имеет несколько контактов, то все контакты обозначаются. На чертеже они ставятся так, как будут стоять после монтажа, места присоединения проводов рисуются там, где они действительно должны крепиться, и т.п. Ниже, на левом рисунке показан пример принципиальной электрической схемы, а на правом рисунке монтажная схема того же самого устройства.

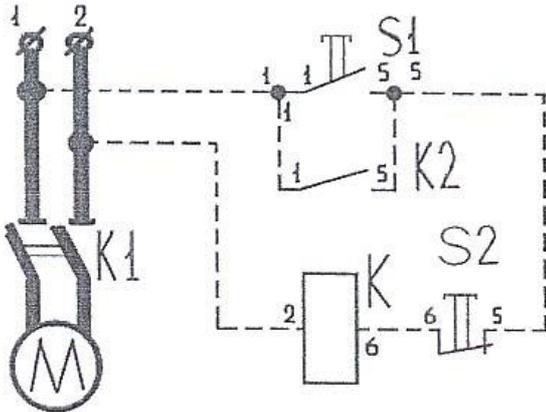


Силовые цепи. Цепи управления.

Владея знаниями, мы можем быстро рассчитать необходимое сечение проводов. Мощность двигателя несоизмеримо выше мощности катушки реле. Поэтому провода, ведущие к основной нагрузке, всегда толще, чем провода, ведущие к управляющим аппаратам.

Введём понятие силовых цепей и цепей управления.

К силовым цепям относятся все части, ведущие ток к нагрузке (провода, контакты, измерительные и контролируемые приборы). На схеме они выделены "жирными" линиями. Все провода и аппаратура управления, контроля и сигнализации относятся к цепям управления. На схеме они выделены пунктиром.



Как собирать схемы.

Одной из сложностей в работе электрика является понимание того, как взаимодействуют элементы схемы между собой. Необходимо уметь читать, понимать и собирать схемы.

При сборке схем следуйте необременительным правилам:

1. Сборку схемы следует проводить в одном направлении. Например: собираем схему по часовой стрелке.
2. При работе со сложными, разветвленными схемами, удобно разбить ее на составные части.
3. Если в схеме много разъемов, контактов, соединений, удобно разбить схему на участки. Например, сначала собираем цепь от фазы до потребителя, потом собираем от потребителя к другой фазе, и т.д.
4. Сборку схемы следует начинать от фазы.
5. Каждый раз, выполнив присоединение, задавайте себе вопрос: А что произойдет, если напряжение подать сейчас?

В любом случае, после сборки у нас должна получиться замкнутая цепь: Например, фаза розетки - разъем контакта выключателя – потребитель – «ноль» розетки.

Пример: Попробуем собрать самую распространенную в быту схему – подключить домашнюю люстру из трёх плафонов. Используем двухклавишный выключатель.

Для начала определимся для самих себя, как люстра должна работать? При включении одной клавиши выключателя должна зажечься одна лампа в люстре, при включении второй клавиши загорятся две другие.

На схеме можно видеть, что и на люстру и на выключатель идут по три провода, в то время как от сети идет всего лишь пара проводов.

Для начала, при помощи индикаторной отвертки, находим фазу и подсоединяем её к выключателю (ноль прерывать нельзя). То, что от фазы к выключателю идут два провода не должно нас смущать. Место соединения проводов мы выбираем сами. Провод мы привинчиваем к общей шине выключателя. От выключателя пойдут два провода и, соответственно, будут смонтированы две цепи. Один из этих проводов присоединяем к патрону лампы. Из патрона выводим второй провод, и соединяем его с нулем.

Цель одной лампы собрана. Теперь, если включить клавишу выключателя, лампа загорится.

Второй провод, идущий от выключателя соединяем с патроном другой лампы и, так же как и в первом случае, провод из патрона подключаем к нулю. При попеременном включении клавиш выключателя будут загораться разные лампы.

Осталось присоединить третью лампочку. Ее мы соединяем параллельно к одной из готовых цепей, т.е. из патрона подключенной лампы выводим провода и соединяем с патроном последнего источника света.

Из схемы видно, что один из проводов в люстре общий. Обычно он отличается от двух других проводов цветом. Как правило, не составляет труда, не видя проводов скрытых под штукатуркой, правильно подключить люстру.

Если все провода одинакового цвета, то поступаем следующим образом: соединим один из проводов с фазой, а другие поочередно прозваниваем индикаторной отвёрткой. Если индикатор светится по-разному (в одном случае ярче, а в другом более тускло), значит мы выбрали не «общий» провод. Меняем провод и повторяем действия. Индикатор должен светиться одинаково ярко при «прозвонке» обоих проводов.

Защита схем

Львиную долю стоимости любого агрегата составляет цена двигателя. Перегрузка двигателя приводит к его перегреву и последующему выходу из строя. Защите двигателей от перегрузок уделяется большое внимание.

Мы уже знаем, что при работе двигателя потребляют ток. При нормальной работе (работе без перегрузок) двигатель потребляет нормальный (номинальный) ток, при перегрузке двигатель потребляет ток в очень больших количествах. Мы можем контролировать работу двигателей с помощью устройств, которые реагируют на изменение тока в цепи, например, **реле максимального тока и теплового реле**. Реле максимального тока (его часто называют «магнитным расцепителем») представляет собой несколько витков очень толстого провода на подвижном сердечнике нагруженным пружиной. Реле устанавливается в цепь последовательно нагрузке.

Ток протекает по проводу обмотки и создает вокруг сердечника магнитное поле, которое пытается сдвинуть его с места. При нормальных условиях работы двигателя сила пружины, удерживающей сердечник, больше магнитной силы. Но, при увеличении нагрузки на двигатель (например, хозяйка положила в стиральную машину белья больше, чем того требует инструкция) ток увеличивается и магнит «пересиливает» пружину, сердечник смещается и воздействует на привод размыкающего контакта, сеть размыкается.

Реле максимального тока срабатывает при резком увеличении нагрузки на электродвигатель (перегрузке). Например, произошло короткое замыкание, заклинивает вал машины, и т.п. Но бывают случаи, когда перегрузка незначительна, но действует продолжительное время. В такой ситуации двигатель перегревается, изоляция проводов оплавляется и, в конце концов, двигатель выходит из строя (сгорает). Для предотвращения развития ситуации по описанному сценарию, используют тепловое реле, которое представляет собой электромеханическое устройство с биметаллическими контактами (пластинами), пропускающими через себя электрический ток.

При увеличении тока выше номинального значения нагрев пластин увеличивается, пластины изгибаются и размыкают свой контакт в цепи управления, прерывая ток к потребителю.

Для подбора аппаратуры защиты можно воспользоваться таблицей № 15.

ТАБЛИЦА № 15

Р ном	I ном	I пуск	I ном автомата	I магнитного расцепителя	I ном теплового реле	S алюм. жилы
0,37	0,93	4,18	1,6	17,6	1	2,5
0,55	1,33	6	2,5	27,5	1,6	2,5
0,75	1,7	9,35	4	44	2	2,5
1,1	2,5	13,75	4	44,5	2,5	2,5
1,5	3,3	21,4	6,4	70	4	2,5
2,2	4,7	30,6	10	110	5	2,5
3,0	6,1	39,6	10	110	6,3	2,5

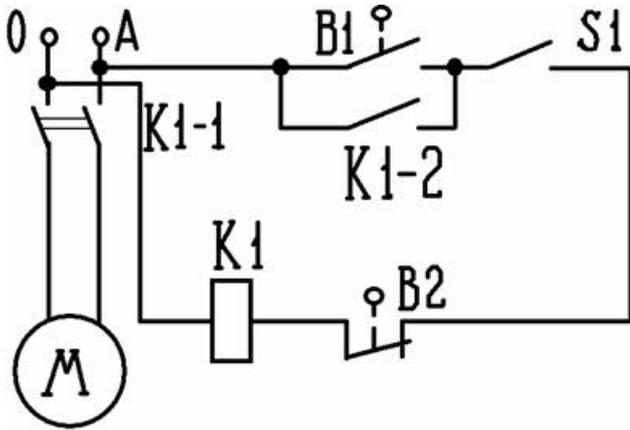
Автоматика

В жизни мы часто сталкиваемся с устройствами, название которых объединяется под общим понятием - «автоматика». И хотя такие системы разрабатывают очень умные конструкторы, обслуживают их простые электрики. Не следует пугаться этого термина. Оно означает всего лишь «БЕЗ УЧАСТИЯ ЧЕЛОВЕКА».

В автоматических системах человек дает только начальную команду всей системе и иногда отключает ее для обслуживания. Всю остальную работу на протяжении очень продолжительного времени система проделывает сама.

Если внимательно присмотреться к современной технике, то можно увидеть большое количество автоматических систем, которые ею управляют, сводя вмешательство человека в этот процесс к минимуму. В холодильнике автоматически поддерживается определенная температура, а в телевизоре заданная частота приема, свет на улице загорается с наступлением сумерек и гаснет на рассвете, дверь в супермаркете открывает перед посетителями, а современные стиральные машинки «самостоятельно» выполняют весь процесс стирки, полоскания, отжима и сушки белья. Примеры можно приводить бесконечно.

По своей сути, все схемы автоматике повторяют схему обычного магнитного пускателя, в той или иной степени улучшая его быстродействие или чувствительность. В уже известную схему пускателя вместо кнопок «ПУСК» и «СТОП» вставляем контакты В1 и В2, которые срабатывают от различных воздействий, например, температуры и получим автоматику холодильника.



При повышении температуры включается компрессор и гонит охладитель в морозилку. Когда температура опустится до нужного (заданного) значения, другая такая кнопка отключит насос. Выключатель S1 в этом случае играет роль ручного выключателя, для выключения схемы, например, на время технического обслуживания.

Эти контакты называются «датчиками» или «чувствительными элементами». Датчики имеют различную форму, чувствительность, возможности настройки и назначение. Например, если перенастроить датчики холодильника и, вместо компрессора подключить обогреватель, то получится система поддержания тепла. А, подключив светильники – получим систему поддержания освещенности. Таких вариаций может быть бесконечно много.

В целом, *назначение системы определяется назначением датчиков*. Поэтому в каждом отдельном случае применяются различные датчики. Изучение каждого конкретного чувствительного элемента не имеет большого смысла, так как они постоянно совершенствуются и изменяются. Целесообразнее понять принцип действия датчиков вообще.

Освещение

В зависимости от выполняемых задач освещение делится на следующие виды:

1. Рабочее освещение - обеспечивает нужную освещенность на рабочем месте.
2. Охранное освещение - устанавливается вдоль границ охраняемых участков.
3. Аварийное освещение - предназначается для создания условий безопасной эвакуации людей при аварийном отключении рабочего освещения в помещениях, проходах и лестницах, а также для продолжения работ там, где эти работы останавливать нельзя.

И что бы мы делали без обычной лампочки Ильича? Раньше, на заре электрификации нам светили лампы с угольными электродами, но они быстро перегорали. Позже стали применять вольфрамовые нити, при этом из колб ламп откачивался воздух. Такие лампы работали дольше, но были опасными из-за возможности разрыва колбы. Внутри колб современных ламп накаливания закачивают инертный газ, такие лампы безопаснее своих предшественниц.

Выпускаются лампы накаливания с колбами и цоколями разной формы. Все лампы накаливания имеют ряд преимуществ, обладание которыми гарантирует их использование еще долгое время. Перечислим эти преимущества:

1. Компактность;
2. Способность работать как при переменном, так и постоянном токе.
3. Не подверженность влиянию окружающей среды.

4. Одинаковая светоотдача в течение всего срока службы.

Наряду с перечисленными преимуществами эти лампы имеют очень малый срок службы (примерно 1000 часов).

В настоящее время, благодаря повышенной светоотдаче, широкое применение нашли галогенные лампы накаливания трубчатой формы.

Случается, что лампы перегорают неоправданно часто и, казалось бы, без всяких причин. Подобное может происходить из-за резких скачков напряжения в сети, при неравномерном распределении нагрузок в фазах, а также по некоторым другим причинам. Этому «безобразию» можно положить конец, если заменить лампу на более мощную и включить в цепь дополнительный диод, позволяющий снизить напряжение в цепи наполовину. При этом более мощная лампа будет светить так же, как и предыдущая, без диода, но срок её службы увеличится вдвое, а потребление электроэнергии, как и плата за неё, останутся на прежнем уровне.

Трубчатые люминесцентные ртутные лампы низкого давления по спектру излучаемого света делятся на следующие типы:

ЛБ - белая.

ЛХБ - холодно-белая.

ЛТБ - тепло-белая.

ЛД - дневная.

ЛДЦ – дневная, правильной цветопередачи.

Люминесцентные ртутные лампы имеют следующие преимущества:

1. Высокая светоотдача.
2. Большой срок службы (до 10 000 часов).
3. Мягкий свет
4. Широкий спектральный состав.

Наряду с этим люминесцентные лампы имеют и ряд недостатков, таких как:

1. Сложность схемы подключения.
2. Большие размеры.
3. Невозможность применения ламп, предназначенных для переменного тока, в сети постоянного тока.
4. Зависимость от температуры окружающего воздуха (при температуре ниже 10 градусов Цельсия зажигание ламп не гарантируется).
5. Снижение светоотдачи к концу службы.
6. Вредные для глаза человека пульсации (их можно снизить только совместным применением нескольких ламп и использованием сложных схем включения).

Дуговые ртутные лампы высокого давления обладают большей светоотдачей и применяются для освещения больших пространств и площадей. К преимуществам ламп можно отнести:

1. Большой срок службы.
2. Компактность.
3. Устойчивость к условиям внешней среды.

Перечисленные ниже недостатки ламп сдерживают их применение в бытовых целях.

1. В спектре ламп преобладают сине-зеленые лучи, что приводит к неправильному восприятию цвета.
2. Лампы работают только на переменном токе.
3. Лампу можно включить только через балластный дроссель.
4. Длительность загорания лампы при включении доходит до 7 минут.
5. Повторное зажигание лампы, даже после кратковременного отключения, возможно лишь после её, практически полного, остывания (т.е., примерно, через 10 минут).
6. Лампы имеют значительные пульсации светового потока (большие, чем у люминесцентных ламп).

Последнее время все чаще находят применение металлогалоидные (ДРИ) и металлогалоидные зеркальные (ДРИЗ) лампы, имеющие лучшую цветопередачу, а также натриевые лампы (ДНАТ), которые излучают золотисто-белый свет.

Электрическая проводка.

Различают три вида проводки.

Открытая – проложенная по поверхностям стен перекрытий и других элементов зданий.

Скрытая – проложенная внутри конструктивных элементов зданий, в том числе и под съемными панелями, полами и потолками.

Наружная – проложенная по наружным поверхностям зданий, под навесами, в том числе и между зданиями (не более 4 пролетов по 25 метров, вне дорог и линий электропередачи).

При открытом способе проводки необходимо соблюдать следующие требования:

- По сгораемым основаниям под провода кладут листовой асбест толщиной не менее 3 мм с выступанием листа из-за краев провода не менее 10 мм.
- Крепить провода с разделительной перегородкой можно гвоздями с подкладыванием под шляпку эбонитовых шайб.
- При повороте провода на ребро (т.е. на 90 градусов), вырезается разделительная пленка на расстоянии 65 – 70 мм и ближняя к повороту жила изгибается внутрь поворота.
- При креплении оголённых проводов на изоляторах, последние должны устанавливаться юбкой вниз, независимо от места их крепления. Провода в этом случае должны быть недосягаемы для случайного прикосновения.
- При любом способе прокладки проводов необходимо помнить, что линии проводки должны быть только вертикальными или горизонтальными и параллельными архитектурным линиям здания (исключение возможно для скрытой проводки, прокладываемой внутри конструкций толщиной более 80 мм).
- Трассы для питания розеток располагаются на высоте установки розеток (800 или 300 мм от пола) или в углу между перегородкой и верхом перекрытия.
- Спуски и подъемы к выключателям и светильникам выполняют только вертикально.

Электроустановочные устройства крепятся:

- Выключатели и переключатели на высоте 1,5 метра от пола (в школьных и дошкольных учреждениях 1,8 метра).
- Штепсельные соединители (розетки) на высоте 0,8 – 1 м от пола (в школьных и дошкольных учреждениях 1,5 метра)
- Расстояние от заземленных устройств должно быть не менее 0,5 метра.

- Надплинтусные розетки, устанавливаемые на высоте 0,3 метра и ниже должны иметь защитное устройство, закрывающее гнезда при вынудой вилке.

При подключении электроустановочных устройств, необходимо помнить, что ноль разрывать нельзя. Т.е. к выключателям и переключателям должна подходить только фаза, и подсоединяться она должна к неподвижным частям устройства.

Провода и кабели маркируются буквами и цифрами:

Первая буква обозначает материал жил:

А – алюминиевые; АМ – алюмомедные; АС – из алюминиевого сплава. Отсутствие буквенных обозначений означает, что жилы медные.

Следующие буквы обозначают тип изоляции жил:

ПП – плоский провод; Р – резина; В – поливинилхлорид; П – полиэтилен.

Наличие последующих букв говорит о том, что мы имеем дело не с проводом, а с кабелем. Буквы обозначают материал оболочки кабеля: А - алюминиевая; С – свинцовая; Н – найритовая; П - полиэтиленовая; СТ- стальная гофрированная.

Изоляция жил имеет обозначение, подобное проводам.

Четвертые буквы от начала говорят о материале защитного покрова: Г – без покрова; Б – бронированная (стальная лента).

Цифры в обозначениях проводов и кабелей обозначают следующее:

Первая цифра – число жил

Вторая цифра – сечение жилы в кв. мм.

Третья цифра– номинальное напряжение сети.

Например:

АМППВ 2х3-380 – провод с алюмомедными жилами, плоский, в поливинилхлоридной изоляции. Жилы две сечением по 3 кв. мм. каждая, рассчитан на напряжение 380 вольт, или

ВВГ 3х4-660 – провод с 3-мя медными жилами сечением по 4 кв. мм. каждая в поливинилхлоридной изоляции и такой же оболочке без защитного покрова, рассчитан на 660 вольт.

Оказание доврачебной помощи пострадавшему при поражении электрическим током.

При поражении человека электрическим током необходимо принять срочные меры для быстрого освобождения пострадавшего от его воздействия и немедленного оказания пострадавшему медицинской помощи. Даже малейшее промедление в оказании такой помощи может привести к летальному исходу. Если невозможно отключить напряжение, пострадавшего следует освободить от токоведущих частей. Если поражение человека произошло на высоте, перед отключением тока принимают меры для предотвращения падения пострадавшего (человека принимают на руки или натягивают под местом предполагаемого падения брезент, прочную ткань, или же подкладывают мягкий материал). Для освобождения пострадавшего от токоведущих частей при напряжении сети до 1000 Вольт используют сухие подручные предметы, такие как деревянный шест, доску, одежду, канат или другие непроводящие ток материалы. Оказывающий помощь должен применять электротехнические средства (диэлектрические коврик и перчатки) и браться только за одежду пострадавшего (при условии, что одежда сухая). При напряжении более 1000 Вольт для освобождения пострадавшего нужно пользоваться изолирующей штангой или клещами, при этом спасающий должен надеть диэлектрические боты и перчатки. Если

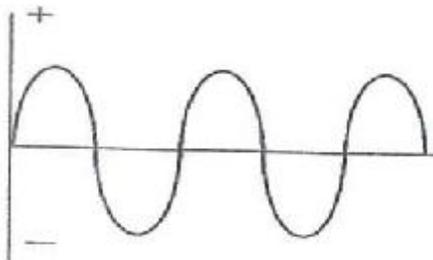
пострадавший находится в бессознательном состоянии, но с сохранившимся устойчивым дыханием и пульсом, его следует удобно уложить на ровную поверхность, расстегнуть одежду, привести в сознание, дав понюхать нашатырный спирт и обрызгав его водой, обеспечить приток свежего воздуха и полный покой. Незамедлительно и одновременно с оказанием первой медицинской помощи следует вызывать врача. Если пострадавший дышит плохо, редко и судорожно, или дыхание не отслеживается, следует незамедлительно приступить к СЛР (сердечно-лёгочной реанимации). Искусственное дыхание и непрямой массаж сердца следует производить непрерывно до прибытия врача. Вопрос о целесообразности или бесперспективности дальнейшего проведения СЛР решается ТОЛЬКО врачом. Вы должны уметь проводить СЛР.

УЗО.

Устройства защитного отключения предназначены для защиты человека от поражения электрическим током в групповых линиях, питающих штепсельные розетки. Рекомендованы для установки в цепях питания жилых помещений, а так же любых других помещений и объектов, где могут находиться люди или животные. Функционально, УЗО состоит из трансформатора, первичные обмотки которого подключены к фазным (фазному) и нейтральному проводникам. К вторичной обмотке трансформатора подключено поляризованное реле. При нормальной работе электрической цепи векторная сумма токов через все обмотки равна нулю. Соответственно равно нулю и напряжение на выводах вторичной обмотки. В случае возникновения утечки «на землю» сумма токов изменяется и во вторичной обмотке возникает ток, вызывающий срабатывание поляризованного реле, размыкающего контакт. Раз в три месяца рекомендуется проверять работоспособность УЗО, нажатием на кнопку «ТЕСТ». УЗО подразделяются на низкочувствительные и высокочувствительные. Низкочувствительные (токи утечки 100, 300 и 500 мА) для защиты цепей, не имеющих непосредственного контакта с людьми. Они срабатывают при повреждении изоляции электрооборудования. Высокочувствительные УЗО (токи утечки 10 и 30 мА) рассчитаны на защиту, когда возможно прикосновение к оборудованию обслуживающего персонала. Для комплексной защиты людей, электрооборудования и электропроводки, кроме того, выпускаются, дифференциальные автоматические выключатели, выполняющие функции, как устройства защитного отключения, так и автоматического выключателя.

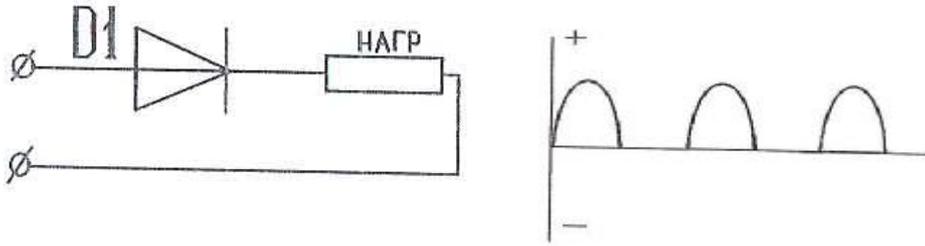
Схемы выпрямления.

В некоторых случаях возникает необходимость преобразовать переменный ток в ток постоянный. Если рассматривать переменный электрический ток в виде графического изображения (например, на экране осциллографа), увидим синусоиду, пересекающую ординату с частотой колебаний равной частоте тока в сети.

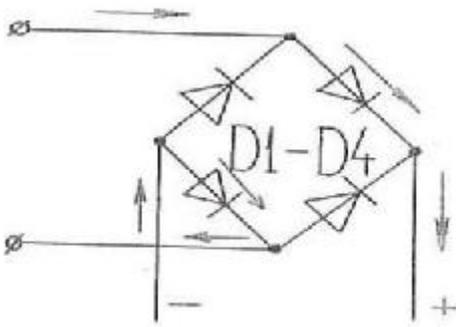


Для выпрямления переменного тока используют диоды (диодные мосты). Диод, обладает одним интересным свойством – пропускать ток только в одном направлении (он, как бы «срезает» нижнюю часть синусоиды). Различают следующие схемы выпрямления переменного тока. Однополупериодная

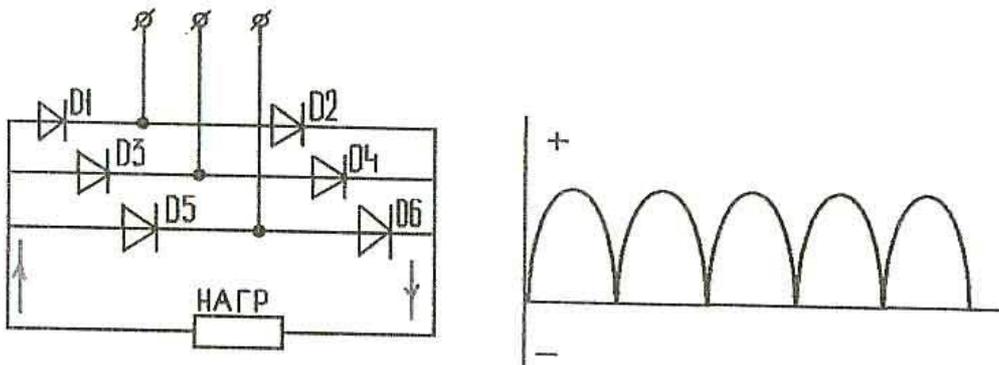
схема, на выходе которой получается пульсирующий ток равный половине напряжения сети.



Двухполупериодная схема, образуемая диодным мостом из четырёх диодов, на выходе которого мы будем иметь постоянный ток сетевого напряжения.

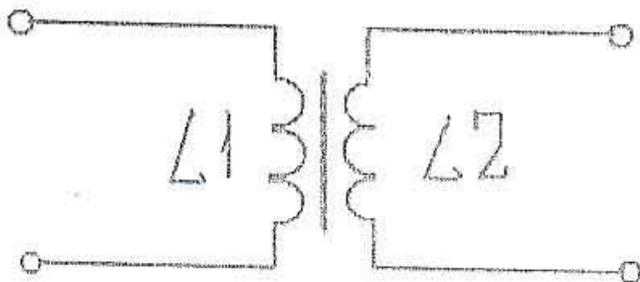


Трёхполупериодная схема, образуется мостом, состоящим из шести диодов в трехфазной сети. На выходе мы будем иметь две фазы постоянного тока с напряжением $U_{в} = U_{л} \times 1,13$.



Трансформаторы

Трансформатором является устройство, служащее для преобразования переменного тока одной величины в такой же ток другой величины. Преобразование происходит в результате передачи магнитного сигнала от одной обмотки трансформатора к другой по металлическому сердечнику. Для уменьшения потерь при преобразовании сердечник набирается пластинами из специальных ферромагнитных сплавов.



Расчет трансформатора прост и, по своей сути, представляет собой решение соотношения, основной единицей которого является коэффициент трансформации:

$K = U_{п}/U_{в} = W_{п}/W_{в}$, где $U_{п}$ и $U_{в}$ – соответственно, первичное и вторичное напряжение, $W_{п}$ и $W_{в}$ – соответственно, число витков первичной и вторичной обмоток.

Проанализировав данное соотношение можно увидеть, что нет никакой разницы в направлении работы трансформатора. Дело лишь в том, какую обмотку принять за первичную.

Если одну из обмоток (любую), подключить к источнику тока (в этом случае она будет первичной) то на выходе вторичной обмотки будем иметь большее напряжение, если число её витков больше, чем у первичной обмотки, либо меньшее, если число её витков меньше, чем у первичной обмотки.

Часто возникает необходимость изменить напряжение на выходе трансформатора. Если «не хватает» напряжения на выходе трансформатора, надо к вторичной обмотке добавить витков провода и, соответственно, наоборот.

Расчет дополнительного числа витков провода производится следующим образом:

Для начала необходимо узнать, какое напряжение приходится на один виток обмотки. Для этого разделим рабочее напряжение трансформатора на количество витков обмотки. Допустим, трансформатор имеет 1000 витков провода во вторичной обмотке и 36 вольт на выходе (а нам надо, например, 40 вольт).

$U = 36/1000 = 0,036$ вольт в одном витке.

Для того, чтобы получить на выходе трансформатора 40 вольт надо к вторичной обмотке добавить 111 витков провода.

$40 - 36 / 0,036 = 111$ витков,

Следует понимать, что разницы расчётов первичной и вторичной обмоток нет. Просто в одном случае обмотки добавляются, в другом, вычитаются.

Приложения. Выбор и применение защитной аппаратуры.

Автоматические выключатели обеспечивают защиту устройств от перегрузки или короткого замыкания и выбираются исходя из характеристик электропроводки, размыкающей способности выключателей, значения номинального тока и характеристики отключения.

Размыкающая способность должна соответствовать значению тока в начале защищаемого участка цепи. При последовательном включении допускается использование устройства с низким значением тока короткого замыкания, если до него ближе к источнику питания установлен автоматический выключатель с током отсечки мгновенного размыкателя ниже, чем у последующих устройств.

Номинальные токи выбираются таким образом, чтобы их значения были как можно ближе к расчетным или номинальным токам защищаемой цепи. Характеристики отключения определяются с учетом того, что кратковременные перегрузки, вызванные пусковыми токами, не должны вызывать их срабатывания. Кроме того, следует учитывать, что выключатели должны иметь минимальное время отключения в случае возникновения короткого замыкания на конце защищаемой цепи.

Прежде всего необходимо определить максимальное и минимальное значения тока короткого замыкания (КЗ). Максимальный ток КЗ определяется из условия, когда замыкание происходит непосредственно на контактах автоматического выключателя. Минимальный ток определяется из условия, что КЗ происходит в самом дальнем участке защищаемой цепи. КЗ может произойти как меж нулем и фазой, так и между фазами.

Для упрощенного расчета минимального тока КЗ следует знать, что сопротивление проводников в результате нагрева увеличивается до 50% от номинального значения, а напряжение источника питания снижается до 80%. Следовательно, для случая КЗ между фазами ток КЗ будет:

$I = 0,8 U / (1,5r + 2 L/S)$, где r – удельное сопротивление проводников (для меди – 0,018 Ом кв. мм/м) для случая короткого замыкания между нулем и фазой:

$I = 0,8 U_0 / (1,5 \rho (1+m)L/S)$, где m – соотношение площадей поперечного сечения проводов (если материал одинаковый), или соотношение сопротивлений нуля и фазы. Автомат нужно выбирать по величине номинального условного тока КЗ не меньше расчетного.

УЗО должно быть сертифицированным в России. При выборе УЗО учитывается схема подключения нулевого рабочего проводника. В системе заземления ТТ чувствительность УЗО определяется сопротивлением заземления при выбранном предельным безопасным напряжением. Порог чувствительности определяется по формуле:

$I = U/R_m$, где U – предельное безопасное напряжение, R_m – сопротивление заземления.

Для удобства можно воспользоваться таблицей № № 16

ТАБЛИЦА № 16

Чувствительность УЗО мА	Сопротивление заземления Ом	
	Предельное безопасное напряжение 25 В	Предельное безопасное напряжение 50 В
10	2500	5000
30	830	1660
100	250	500
300	83	166
500	50	100
650	38,5	77
1000	25	50
3000	8	16

Для защиты людей используются УЗО с чувствительностью 30 или 10 мА.

Предохранитель с плавкой вставкой

Ток плавкой вставки должен быть не меньше максимального тока установки с учетом длительности его протекания: $I_n = I_{\max} / a$, где $a = 2,5$, если T меньше 10 сек. и $a = 1,6$ если, T больше 10 сек. $I_{\max} = I_n K$, где $K = 5 - 7$ кратность пускового тока (из паспортных данных двигателя)

I_n – номинальный ток электроустановки длительно протекающий по защитной аппаратуре

$I_{макс}$ – максимальный ток, кратковременно протекающий по аппаратуре (например пусковой ток)

T – длительность протекания максимального тока по защитной аппаратуре (например, время разгона двигателя)

У бытовых электроустановок пусковой ток мал, при выборе вставки можно ориентироваться на I_n .

После расчетов выбирается ближайшее большее значение тока из стандартного ряда:

1,2,4,6,10,16,20,25А.

Тепловое реле.

Необходимо выбирать такое реле, чтобы I_n теплового реле оказался в пределах регулирования и больше тока сети.

ТАБЛИЦА № 16

Тип реле	Номинальные токи	Пределы коррекции
ТРН – 10	2,5 3,2 4,5 6,3 8 10.	-25%, +25%
ТРН –25	5,6 6,8 10 12,5 16 25	-25%, +25%
РТЛ – 1016	14	9,5 – 14 А
РТЛ - 1021	19	13,0 – 19 А
РТЛ - 1022	25	18,0 – 25 А

