



Основные принципы работы систем

**Электрические системы машин
компании Caterpillar**



Важная информация по технике безопасности

Большинство несчастных случаев при эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте изделия вызваны несоблюдением основных правил и предосторожностей техники безопасности. Часто несчастного случая можно избежать, распознавая возможную опасность до того, как произойдет авария. Будьте готовы к возможной опасности. Кроме того, следует иметь необходимую подготовку, навыки и средства для безопасного ведения всех работ.

Несоблюдение нормативного порядка эксплуатации, смазки, технического обслуживания или ремонта этого изделия может представлять опасность и приводить к несчастным случаям, в том числе и со смертельным исходом.

Не производите эксплуатацию, смазку, техническое обслуживание или ремонт этого изделия, прежде чем не прочтете и не усвоите сведения по эксплуатации, смазке, техническому обслуживанию и ремонту.

В этом Руководстве и на изделии приведены указания по технике безопасности. При несоблюдении предупреждений об опасности возможны несчастные случаи с вами и другими лицами.

Опасности обозначаются “предупреждающими знаками”, сопровождаемыми “предупреждением”, например словами “ОПАСНО”, “ОСТОРОЖНО” или “ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ”. Предупреждающий знак “ОСТОРОЖНО” показан ниже.



Значение этого предупреждения:

Внимание! Будьте осторожны! Речь идет о вашей безопасности.

Сообщение под предупреждением поясняет опасность и может быть в словесной или изобразительной форме.

Работы, которые могут привести к повреждению изделия, обозначаются табличками “ВНИМАНИЕ” на изделии и в данной публикации.

Компания Caterpillar не в состоянии предвидеть все возможные обстоятельства, представляющие потенциальную опасность. Поэтому предупреждения в этом Руководстве и на изделии не являются исчерпывающими. При применении инструмента, а также порядка или приемов работы, не рекомендованных конкретно компанией Caterpillar, убедитесь в их безопасности для себя и окружающих. Следует также удостовериться, что выбранный вами порядок эксплуатации, смазки, обслуживания или ремонта не грозит повреждением изделия или снижением безопасности для окружающих.

Сведения, технические характеристики и иллюстрации в данной публикации основаны на информации, имеющейся на момент составления оригинала на английском языке. Технические характеристики, моменты затяжки, значения давления, размеры, настройки регулируемых параметров, иллюстрации и прочие сведения могут в любой момент измениться. Указанные изменения могут повлиять на порядок технического обслуживания изделия. Заручитесь полной и свежей информацией перед началом любой работы. Дилеры компании Caterpillar располагают самыми последними сведениями.



При необходимости замены деталей данного изделия компания Caterpillar рекомендует использование фирменных запасных частей Caterpillar или запчастей с эквивалентными техническими характеристиками, включая физические размеры, тип, прочность, материал и другие позиции.

Пренебрежение данным предупреждением может привести к преждевременным отказам, повреждению изделия, а также травмам или гибели персонала.

Содержание

Основные принципы работы систем

Введение в электричество

Электричество - основные принципы	4
Магнитные явления	17

Электрические цепи

Закон Ома	23
Основы теории цепей	29
Электрические измерения	35
Напряжение цепи	47

Электрические элементы и обозначения

Основные составные части электрических цепей	53
Твердотельные электрические элементы	74
Электрическая схема	92

Электрические системы машины

Аккумуляторная батарея	95
Зарядная система	111
Пусковая система	132

Алфавитный указатель

Алфавитный указатель	144
----------------------------	-----

Основные принципы работы систем

Введение в электричество

i02127673

Электричество - основные принципы

Код SMCS (Код обслуживания): 1400; 1450

Основы электричества

Фонари, электрические дрели и электродвигатели - это электрические устройства. В отличие от них компьютеры и телевизионные устройства относятся к электронным устройствам.

Любые устройства, работающие от электричества, называются электрическими устройствами, как например, фонари и электрические дрели, но не все электрические устройства являются электронными. Термин "электронный" используется для полупроводниковых устройств, называемых соответственно электронными устройствами. Работа этих устройств зависит от протекающих в них потоков электронов.



Рис. 1

g01068921

Для лучшего понимания электрических явлений необходимо владеть основами атомарной структуры материи, или вещества. Вещество имеет массу и пространственный объем. Вещество может иметь несколько форм или состояний. Вещество может быть в твердом, жидком или газообразном состоянии. Предлагаемые лекции обеспечат основу для понимания теоретических принципов, необходимую для изучения и работы с электрическими цепями и устройствами специалистам компании Caterpillar.

Вещество и элементы

Вещество занимает объем в пространстве и имеет вес при наличии гравитации. Вещество состоит из чрезвычайно малых частиц, которые, группируясь друг с другом, образуют атомы. Существует приблизительно 100 отличающихся по природе атомов, называемых элементами. Элементом называется вещество, которое нельзя разделить химически. Большинство элементов существует в природе. Примерами природных элементов являются: медь, свинец, железо, золото и серебро. Другие элементы (приблизительно 14) были получены искусственно. Элементы можно изменить только в результате атомных, или ядерных реакций. Элементы могут соединяться с образованием химических соединений. Атом является самой малой частицей элемента, продолжающей сохранять свойства элемента. Атом - греческое слово, означающее самую малую, неделимую частицу.

Атомы

Хотя атомы невозможно увидеть невооруженным глазом, данные об их устройстве получены в результате точных измерений. По данным отклонения атомов под действием известных сил были определены размер и значение электрического заряда невидимых частиц в атоме. Существующая модель атома с центральным ядром была предложена Нильсом Бором в 1913 г. Модель атома подобна солнечной системе, в которой вокруг солнца, расположенного в центре, вращаются планеты.

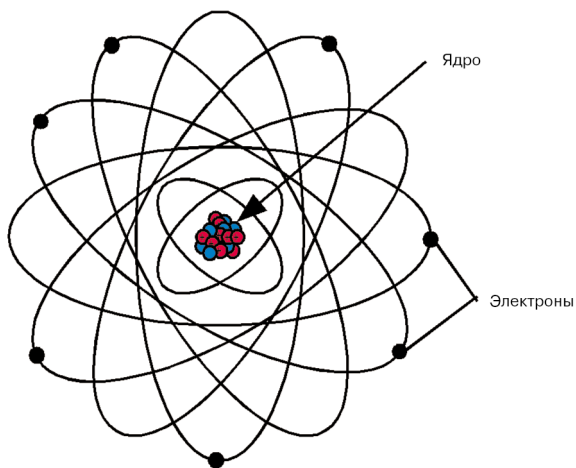


Рис. 2

g01068922

Центральная часть атома называется ядром. Ядро состоит из частиц, называемых протонами и нейтронами. Вокруг каждого ядра вращаются по орбите малые частицы, называемые электронами. Электроны значительно меньше по массе протона или нейтрона. Обычно количество электронов, вращающихся вокруг ядра атома, равно количеству протонов. Количество протонов или электронов называется атомным номером. Атомная масса элемента складывается из общей массы частиц, - протонов и нейтронов, находящихся в ядре.

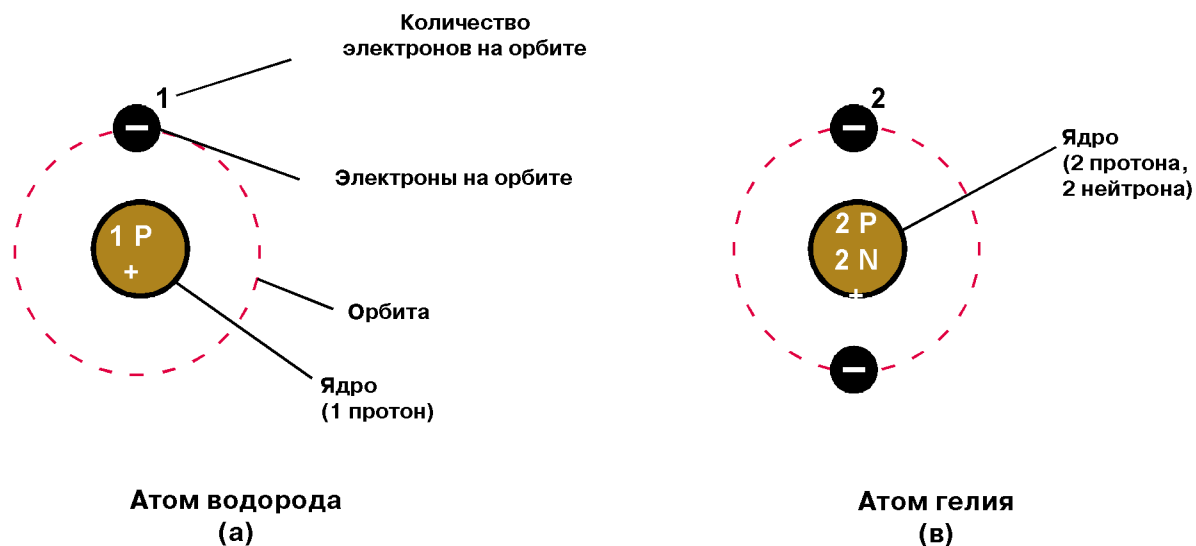


Рис. 3

g01068923

На рисунке 3 показано строение двух простейших атомов. На рисунке 3 (a) представлен атом водорода, ядро которого состоит из одного протона, уравновешенного одним электроном, находящимся на орбите, или оболочке. Атомная масса водорода равна 1. На рисунке 3 (b) показана модель атома гелия, имеющего 2 протона в своем ядре, уравновешенных двумя электронами, находящимися на орбите. Атомный номер гелия равен 2, а атомная масса должна равняться 4 (2 протона + 2 нейтрона).

Ученые открыли много частиц в атоме. Для пояснения основ электричества будут рассматриваться только три типа частиц: электроны, протоны и нейтроны. Для лучшего понимания основ электричества используем в качестве примера атом меди.

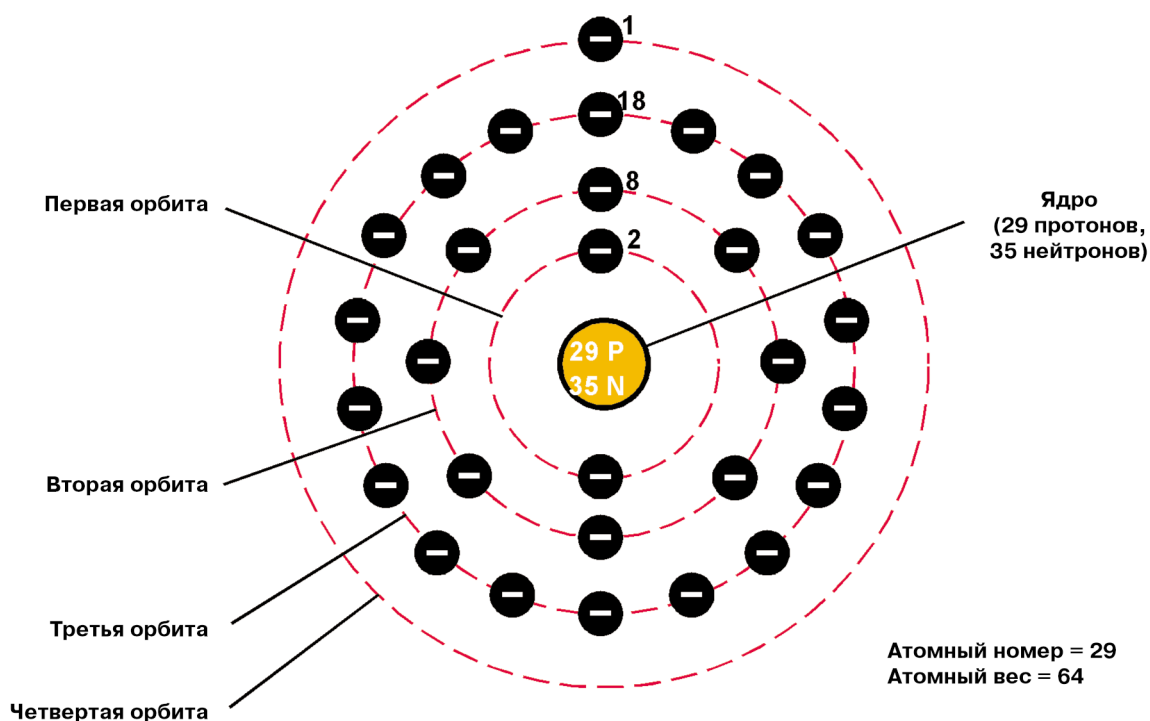


Рис. 4

g01068924

На рисунке 4 показана модель атома меди. Ядро атома не намного больше электрона. Ядро атома меди состоит из 29 протонов (+) и 35 нейтронов. Атом меди имеет 29 электронов (-), вращающихся вокруг ядра. Атомный номер меди равен 29, а атомная масса равна 64. При присоединении протяженного медного провода к положительной или отрицательной клемме электрического источника, например, батарее сухих гальванических элементов, происходит следующий процесс.

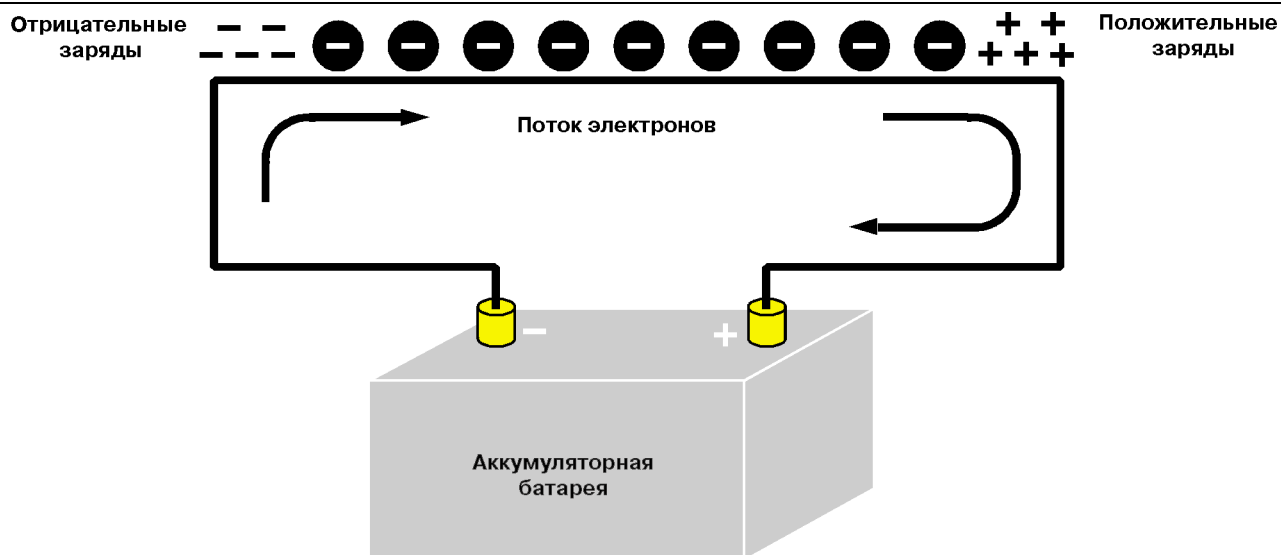


Рис. 5

g01068926

Электрон (-) вытесняется с орбиты и притягивается к положительному (+) выводу батареи. Атом становится положительно (+) заряженным из-за отсутствия электрона (-). Атом, в свою очередь, притягивает электрон от соседнего атома. Соседний атом, в свою очередь, притягивает электрон следующего атома, и так до тех пор, пока последний атом меди не получит электрон от отрицательного вывода батареи.

В результате этой цепной реакции электроны движутся через проводник от отрицательного к положительному выводу батареи. Поток электронов будет поддерживаться до тех пор, пока на концах проводника будут поддерживаться положительные и отрицательные заряды от батареи.

Электрическая энергия

В каждом атоме работают два типа сил. В обычных условиях эти две силы находятся в равновесии. Протоны и электроны взаимно притягиваются. Эта сила превышает силы гравитации или центробежные силы. Помимо массы, электроны и протоны имеют электрический заряд. Эти силы возникают из-за электрического заряда, который они несут на себе. Однако силы эти отличаются. Между массами всегда действует сила притяжения, тогда как электрические силы могут быть как силами притяжения, так и силами отталкивания. Протоны и электроны притягиваются друг к другу, тогда как протоны оказывают отталкивающее воздействие на другие протоны, а электроны оказывают отталкивающее воздействие на другие электроны.

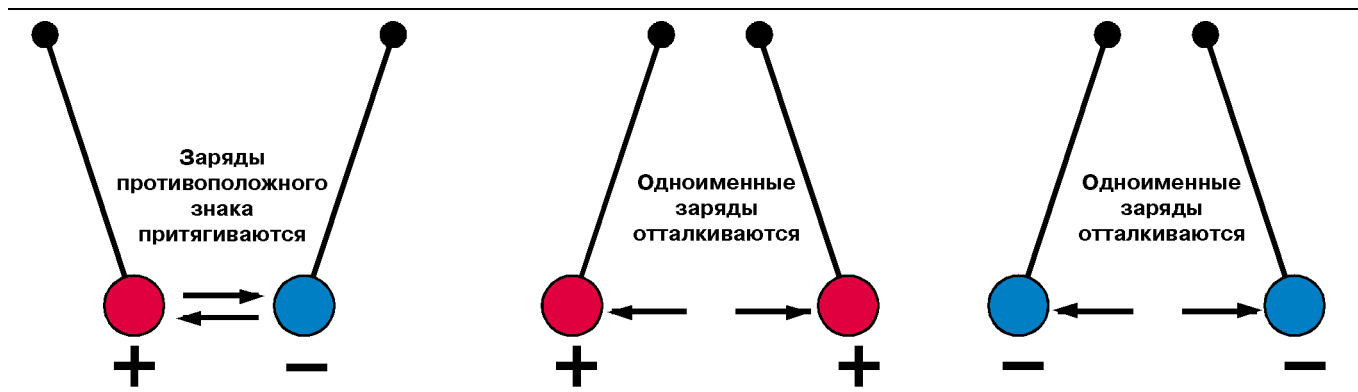


Рис. 6

g01068928

Различаются два типа электрических зарядов. Протоны имеют положительный (+) заряд. Электроны имеют отрицательный (-) заряд. Нейтроны несут нейтральный заряд. Полярность определяется по направлению потока электричества. Из этого вытекает основной закон электростатики, который гласит, что **РАЗНОИМЕННЫЕ** заряды притягиваются друг к другу, а **ОДНОИМЕННЫЕ** заряды отталкивают друг друга.

Заряды и электростатика

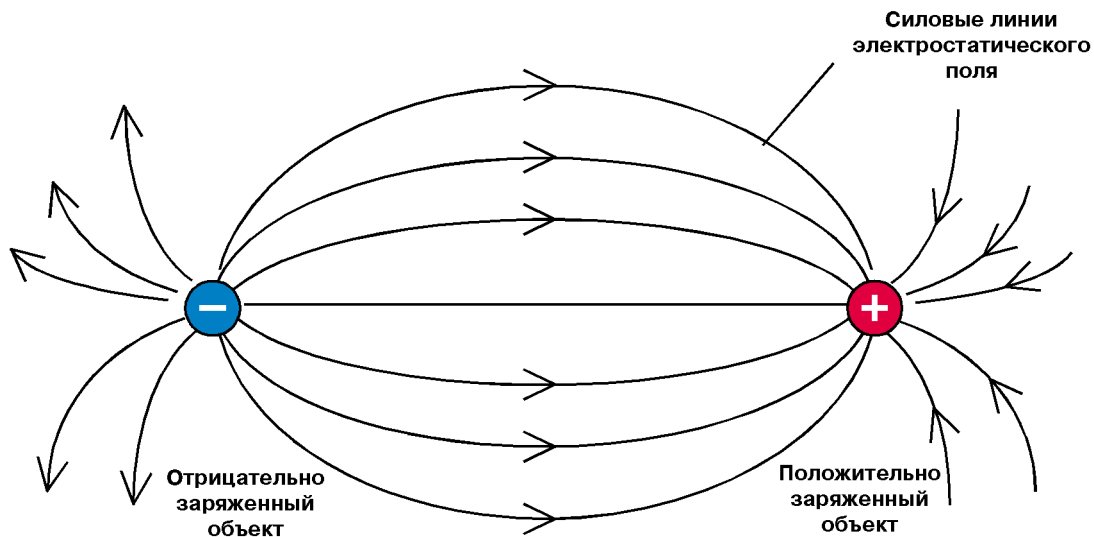


Рис. 7

g01068930

Притяжение или отталкивание электрически заряженных тел происходит в результате действия невидимой силы, называемой электростатическим полем, окружающим заряженное тело. На рисунке 7 показана сила, действующая между заряженными частицами, изображенная в виде воображаемых электростатических силовых линий, направленных от отрицательного заряда к положительному заряду.

Если два одноименных заряда находятся рядом, силовые линии отталкиваются друг от друга, как показано ниже.

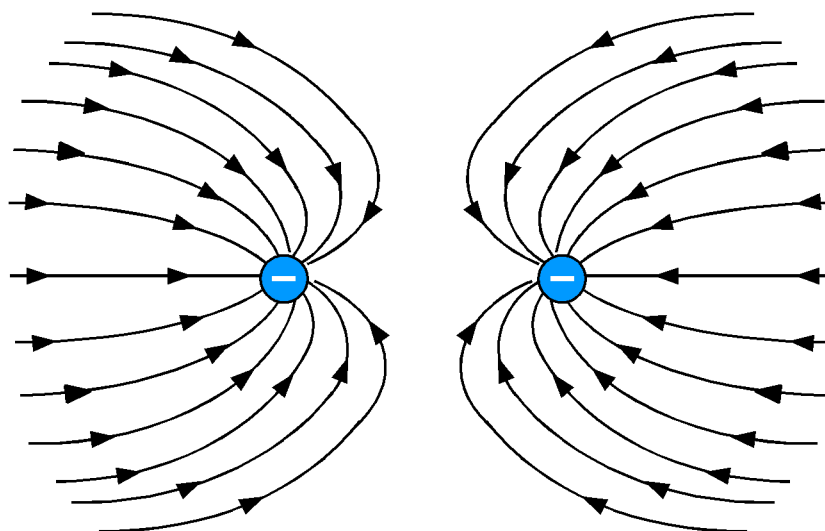


Рис. 8

g01068932

Разность потенциалов

В результате действия силы электростатического поля, электрический заряд способен перемещать другой заряд за счет его притяжения или отталкивания.

Способность притяжения или отталкивания называется потенциалом. Когда один заряд отличается от другого, между ними должна возникать разность потенциалов.

Суммарная разность потенциала всех зарядов в электростатическом поле называется электродвижущей силой (эдс). Основная единица разности потенциалов называется вольт (В). Единица названа в честь Александра Вольты, итальянского ученого. Вольт создал гальваническую пару, прообраз элемента аккумуляторной батареи. Потенциал обозначается символом V , что указывает на способность приводить электроны в движение. Поскольку в качестве единицы разности потенциалов используется вольт, разность потенциалов называется напряжением.

Напряжение вырабатывается в результате следующих условий: энергии трения, солнечной энергии, химической энергии и электромагнитной индукции. Фотоэлемент, используемый в калькуляторе, может служить примером получения напряжения от солнечной энергии.

Кулон

Необходима единица измерения электрического заряда. Ученый Чарльз Кулон, изучавший закон взаимодействия между заряженными телами, принял единицу измерения, названную в его честь Кулоном.

Заряд в 1 Кулон = $6,28 \times 10^{18}$ электронов или протонов. Иными словами, сила электрического тока в 1 А, протекающая через медный проводник, эквивалентна потоку 6,28 триллионов электронов, протекающих через сечение проводника за одну секунду.

Сила тока

Другая теория, которую необходимо пояснить, это теория движения в проводнике. Электрический ток представляет собой движение зарядов в проводнике. На электрон, как на любое отрицательно заряженное тело, действует электростатическое поле. Электрон отталкивается отрицательным зарядом и притягивается положительным зарядом. Поток, или движение электронов представляет собой электрический ток.

Значение или сила тока измеряется в амперах. Единица силы тока обозначается буквой А. Ампер является мерой оценки движения заряда через проводник. Один ампер равен потоку заряда в один кулон, пересекающему сечение проводника за одну секунду.

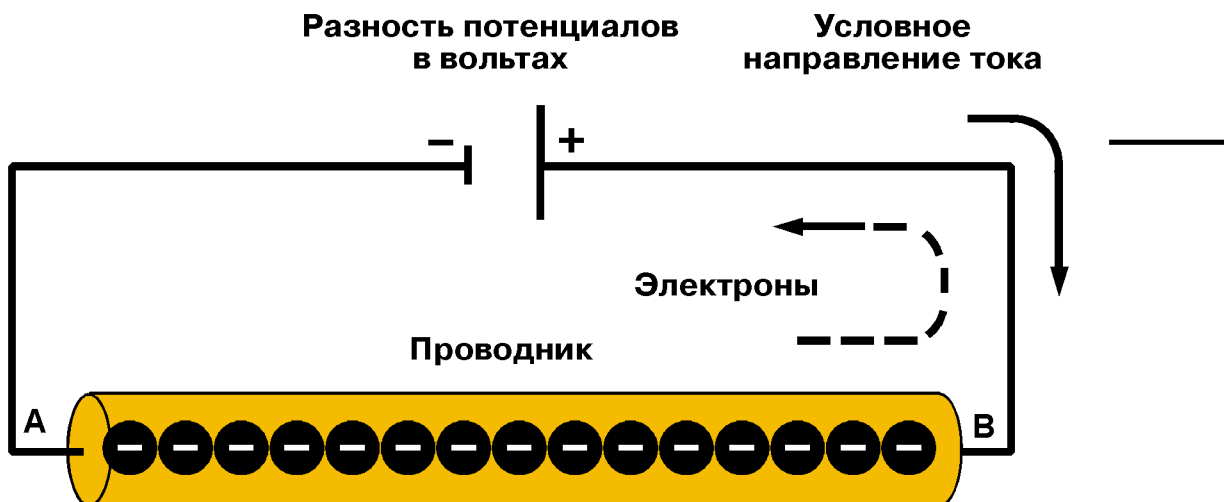


Рис. 9

Условный и электронный ток

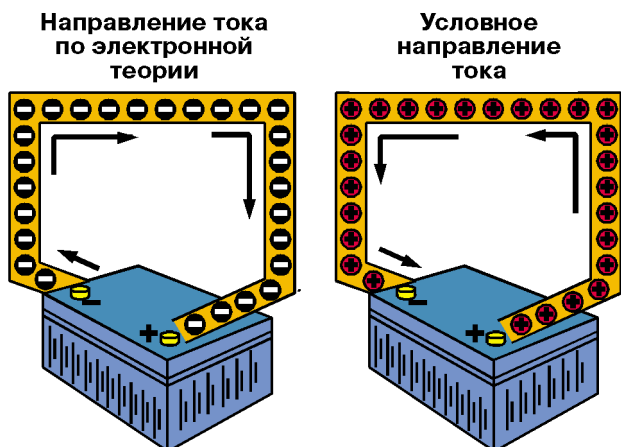


Рис. 10

g01068935

Существует два способа описания протекания электрического тока через проводник. До привлечения теории атомного строения материи ученые определяли электрический ток, как движение положительных зарядов через проводник, происходящий от точки с положительной полярностью к точке с отрицательной полярностью. Это решение до настоящего времени все еще широко используется в некоторых технических стандартах и учебниках. Примеры движения положительных зарядов встречаются при описании тока в жидкостях, газах и полупроводниках. Ток, описанный таким способом, называется условным током.

После открытий с использованием теории атомарного строения материи ток, протекающий через проводник стали считать потоком электронов (-), или отрицательных зарядов. Поэтому, так называемый электронный ток, противоположен по направлению условному току.

Может использоваться любой способ описания тока, но в этом курсе будет использоваться более популярное представление о протекании тока от положительного (+) заряда к отрицательному (-) заряду.

Сопротивление

Джордж Симон Ом открыл, что при постоянном напряжении сила тока, протекающего через материал, зависит от типа материала и физических размеров материала. Иными словами все материалы оказывают некоторое противодействие потоку электронов. Это противодействие называют сопротивлением. Если противодействие небольшое, материал называют проводником. Если противодействие большое, материал называют диэлектриком или изолятором.

Ом - единица электрического сопротивления. В качестве символа для обозначения Ома используется греческая буква омега, Ω . Материал имеет сопротивление 1 Ом, если при напряжении 1 В сила тока равна 1 А.

Важно помнить, что электрическое сопротивление присуще любой электрической цепи, будь то электрические устройства, соединительные провода и соединения. Электрические цепи и законы электрических цепей будут обсуждаться далее в настоящем разделе.

Поскольку сопротивление противодействует протеканию тока, оно преобразует электрическую энергию в другие формы энергии, например в тепло, свет или механическую энергию движения. Сопротивление проводника определяется четырьмя факторами:

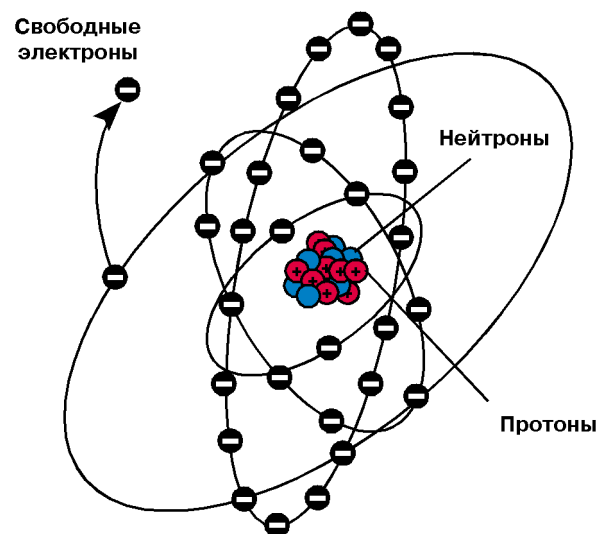


Рис. 11

g01068936

1. Количество свободных электронов зависит от строения атома. Чем больше свободных электронов имеется в материале, тем меньше сопротивление, оказываемое электрическому току.

2. **Длина.** Чем длиннее проводник, тем больше его сопротивление. Если увеличить длину проводника в два раза, как показано на рисунке 12 (а), соответственно увеличится сопротивление между его концами.
3. **Толщина (площадь поперечного сечения).** Чем больше площадь поперечного сечения проводника, тем меньше его сопротивление (аналогично, через трубу большего диаметра можно пропустить больший поток воды). Если площадь поперечного сечения уменьшена вдвое, как показано на рисунке 12 (b), сопротивление при данной длине увеличится в 4 раза.
4. **Температура.** Для большинства материалов, чем выше их температура, тем больше сопротивление. На рисунке 12 (с) представлен график увеличения сопротивления с повышением температуры. Просьба обратить внимание, что имеется несколько материалов, сопротивление которых уменьшается с повышением температуры.

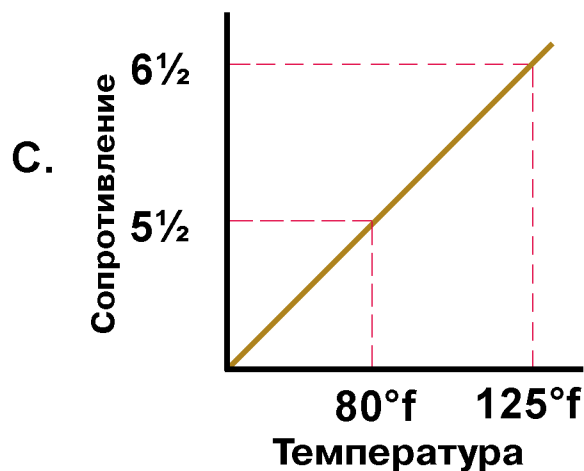
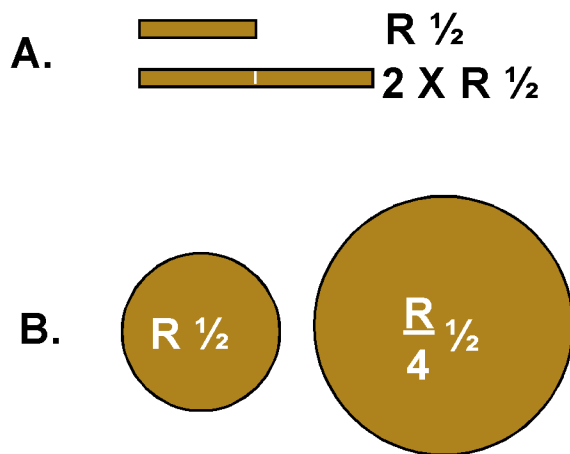


Рис. 12

Электрические цепи и законы электрических цепей

Электрическая цепь представляет собой путь или группу взаимосоединяющихся путей, которые могут пропускать электрические токи. Электрическая цепь представляет собой замкнутый контур, содержащий источник напряжения или несколько таких источников. Существует два основных типа электрических цепей: последовательные и параллельные. Основные последовательные и параллельные цепи могут соединяться с образованием более сложных цепей, но эти комбинированные цепи могут быть упрощены и проанализированы с применением этих двух основных типов цепей. Важно понимать законы, необходимые для анализа и диагностики электрических цепей. Это законы Кирхгофа и закон Ома.

Густав Кирхгоф разработал два закона для анализа цепей. Эти два закона приведены ниже:

- Первый закон Кирхгофа устанавливает, что алгебраическая сумма токов в любом узле электрической цепи равна нулю. Другими словами, сумма токов втекающих в узел, равна сумме токов, вытекающих из узла.
- Второй закон Кирхгофа устанавливает, что алгебраическая сумма электродвижущих сил и падений напряжений в любом замкнутом электрическом контуре равна нулю. Другими словами, сумма разностей потенциалов в замкнутом электрическом контуре равна нулю.

Джордж Симон Ом открыл один из важнейших законов электричества. Закон устанавливает взаимосвязь между тремя электрическими параметрами: напряжением, током и сопротивлением. Закон Ома гласит: сила тока в электрической цепи прямо пропорциональна напряжению и обратно пропорциональна сопротивлению. Зависимость можно выразить одним математическим равенством:

Сила тока = электродвижущая сила / сопротивление

или, выражая в электрических единицах: $I = \frac{V}{R}$

В математическом равенстве, выражающем соотношение электрических параметров, используются чаще всего одни и те же символы. Сопротивление обозначается символом R или омега (Ω). Напряжение или разность потенциалов обозначается символом E или V (электродвижущая сила). Величина тока обозначается символом I (сила тока). Применение этих законов для расчета электрических цепей обсуждается в последующих разделах настоящего курса.

Электрические проводники

В электрических устройствах электроны движутся по путям, называемым проводниками или проводами. Перемещение электронов происходит за счет перехода от одного атома к другому. В некоторых материалах условия перехода электронов легче. Такие материалы называют хорошими проводниками.

Примеры материалов, являющихся хорошими проводниками:

- серебро;
- медь;
- золото;
- хром;
- алюминий;
- вольфрам.

Материал называют хорошим проводником, если в нем много свободных электронов. Количество электронов, движущихся под действием электрических сил, или напряжения, зависит от степени свободы электронов.

Хотя серебро является наилучшим проводником, оно дорогое. Золото хороший проводник, но оно уступает в этом меди. Но золото превосходит медь по стойкости к коррозии. Алюминий не столь хорош, как медь, но он значительно дешевле и легче.

Проводимость определяет качество материала. На рисунке 13 представлены некоторые широко используемые проводники и их проводимость относительно меди.

ТАБЛИЦА ПРОВОДИМОСТИ МАТЕРИАЛОВ

Проводник	Проводимость (относительно меди)
Серебро	1,064
Медь	1,000
Золото	0,707
Алюминий	0,659
Цинк	0,288
Латунь	0,243
Железо	0,178
Олово	0,018

Рис. 13

g01068940

Другие материалы затрудняют движение электронов. Такие материалы называются диэлектриками или изоляторами. В хорошем изоляторе электроны жестко удерживаются на орбитах. Изоляторами являются: резина, дерево, пластмассы и керамика. Возможно вызвать протекание электрического тока через любой материал. Под действием достаточного большого напряжения происходит пробой даже наилучшего изолятора с протеканием через него тока. В представленной на рисунке 14 таблице перечислены наиболее широко применяемые изоляторы.

ИЗОЛЯТОРЫ

Резина	Пластики
Слюда	Стекло
Воск или парафин	Стекловолокно
Фарфор	Сухая древесина
Бакелит	Воздух

Рис. 14

g01068943

Грязь и влага способствуют обтеканию тока вокруг изолятора. Грязный изолятор или влага могут стать причиной неисправности. Изолятор при этом не пробивается, но грязь или влага обеспечивают пути протекания электронов. Поэтому важно поддерживать чистоту изоляторов и контактов.

Провода

Провода для электрической цепи изготавливаются из проводника и изолятора. Провод обычно делается из меди, а изолятор (наружное покрытие) из пластика или резины. Проводники могут быть из жесткого или витого провода. В большинстве случаев на машинах и технике используется медный витой провод с пластиковой изоляцией. Изоляция используется для покрытия проводника.

Провода бывают разного диаметра. Чем тоньше провод, тем больше его идентификационный номер, или калибр. Такая система нумерации используется в Американской системе обозначения проводников (AWG). На рисунке 15 представлен данные о проводах, толщина которых обозначена по AWG. В России провода обозначают согласно их сечения, выраженного в квадратных миллиметрах.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОВОДНИКОВ

Номер по Американской системе обозначения проводников (AWG)	Диаметр, 1/1000 дюйма	Удельное сопротивление, Ом/1000 футов
10	102.9	.9989
12	80.8	1.588
14	64.1	2.525
16	50.8	4.016
18	40.3	6.385
20	32.0	10.15
22	25.4	16.14
24	10.0	103.2
26	3.10	1049.0

Рис. 15

g01068945

Сопротивление может зависеть от других условий, например таких, как степень коррозии. Эти условия будут обсуждаться при описании измерения сопротивлений.

i02127675

Магнитные явления

Код SMCS (Код обслуживания): 1400; 1450

Введение в магнитные явления

Магнетизм представляет пример других сил, под действием которых возникает электрический ток. Понимание основ магнетизма необходимо для изучения электричества. Магнетизм обеспечивает связь между механической энергией и электричеством. В генераторе переменного тока за счет использования магнитных явлений происходит преобразование части механической энергии, производимой двигателем, в электродвижущую силу (эдс). За счет использования магнитных явлений становится возможным преобразовывать с помощью стартера электрическую энергию, получаемую от аккумуляторной батареи, в механическую энергию, используемую для проворачивания коленчатого вала для пуска двигателя.

Природа магнитных явлений

В большинстве электрического оборудования непосредственно или косвенно используются магнитные явления. Мало электрических устройств, где не используются магнитные явления.

Существует три основных типа магнитов:

- Природные
- Искусственные
- Электромагниты

Природные магниты

Китайцы открыли магниты приблизительно в 2637 до н. э. Магниты, применявшиеся в примитивных компасах, находили в природных рудных жилах. Они представляли собой кусочки железной руды. Эти кусочки называли магнитами. Поскольку магниты обладают магнитными свойствами в природном состоянии, они относятся к природным магнитам.

Искусственные магниты

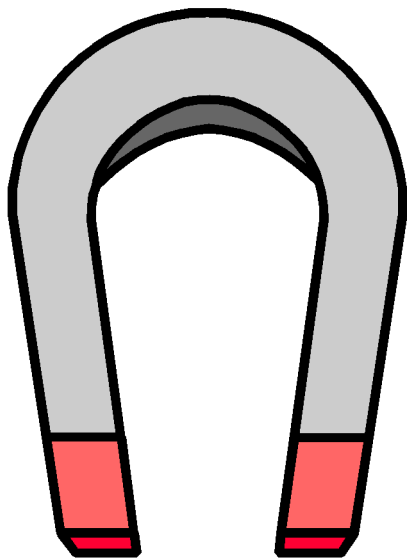


Рис. 16

g01069088

Искусственные магниты изготавливаются обычно в форме металлических брусков. Эти бруски подвергаются воздействию чрезвычайно сильных магнитных полей.

Электромагниты

Датский ученый Эрстед открыл зависимость между магнитными явлениями и электрическим током. Эрстед установил, что электрический ток, текущий через проводник, создает магнитное поле вокруг проводника.

Магнитные поля

Каждый магнит имеет две стороны, расположенные друг против друга, которые притягивают частички железа. Эти стороны называются полюсами магнита: северным полюсом и южным полюсом. Подобно тому, как одноименные электрические заряды отталкиваются, а разноименные притягиваются, так и одноименные магнитные полюсы отталкиваются, а разноименные притягиваются друг к другу.

Магнит притягивает кусочек железа, поскольку вокруг магнита действует некая сила. Эта сила называется магнитным полем. Несмотря на то, что оно не видно невооруженным глазом, эту силу можно обнаружить с помощью мелких железных опилок, рассыпанных на стекле или листе бумаги, помещенных над бруском магнита. На рисунке 17 показан кусок стекла, посыпанный железными опилками, и помещенный над магнитом. При мягком обстукивании стекла опилки выстраиваются в определенном порядке, показывающем напряженность поля вокруг магнита.

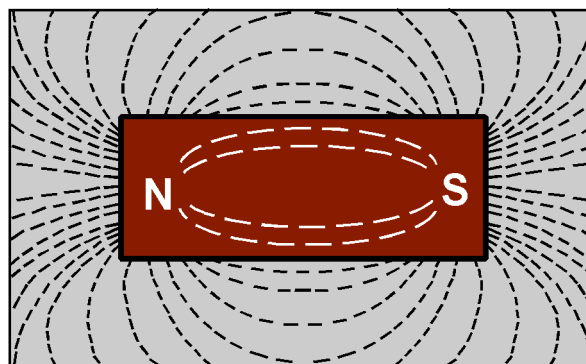


Рис. 17

g01069089

Поле представляется созданным из силовых линий, которые выходят из северного полюса магнита. Силовые линии проходят через воздух, окружающий магнит. Силовые линии продолжают в магните к южному полюсу, создавая замкнутый контур поля. Чем сильнее магнит, тем протяженней силовые линии и тем больше область, охваченная магнитным полем.

Силовые линии

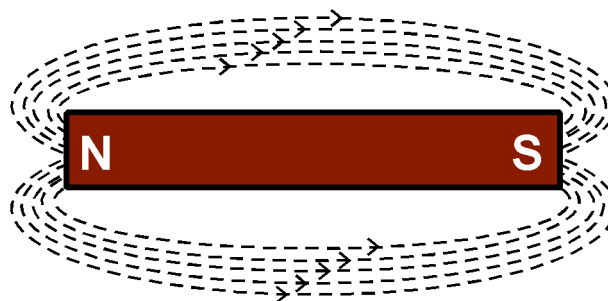


Рис. 18

g01069091

Для отображения магнитного поля без использования железных опилок на рисунке 18 поле представлено в виде силовых линий. Направление силовых линий за пределами магнита указывает путь, по которому бы следовал в магнитном поле северный полюс, оттолкнувшись от северного полюса магнита на пути притяжения к южному полюсу. Внутри магнита, создавшего магнитное поле, силовые линии идут от южного к северному полюсу.

Линии магнитного потока

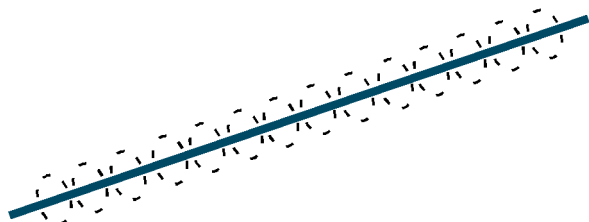
Совокупность силовых линий магнитного поля называется магнитным потоком. Плотность потока равна количеству силовых линий магнитного поля, приходящихся на единицу площади, перпендикулярной направлению потока. Плотность потока в английской системе единиц равна количеству линий на квадратный дюйм. В метрической системе плотность определяется по числу линий на квадратный сантиметр. Единица плотности потока, равная одной линии на квадратный сантиметр, называется гауссом.

Магнитная сила

Магнитные силовые линии проходят через все материалы. Неизвестны изоляторы от магнитного поля. Магнитный поток проходит легче через намагничиваемые материалы, чем через ненамагничиваемые материалы. О материалах, хуже пропускающих линии магнитного потока, говорят, что они обладают высоким магнитным сопротивлением. Воздух имеет высокое магнитное сопротивление. Железо имеет малое магнитное сопротивление.

Электрический ток, протекающий через проводник, создает магнитные силовые линии вокруг проводника. На рисунке 19 изображены небольшие круговые магнитные силовые линии, образующиеся вокруг проводника.

Поскольку линии потока круговые, магнитное поле не имеет ни северного, ни южного полюса. Отдельные круговые поля соединяются, если намотать провод в виде катушки. В результате образуется единое магнитное поле, имеющее северный и южный полюса, как показано на рисунке 20.



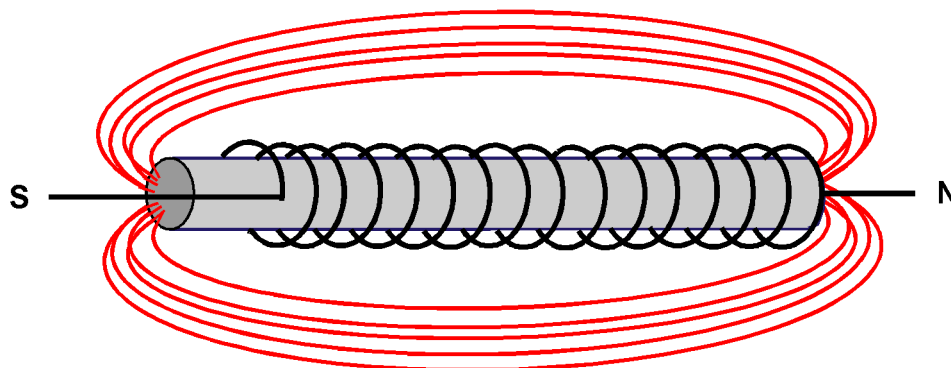


Рис. 20

g01069096

Пока ток протекает через провод, он выступает в роли брускового магнита. Электромагнитное поле сохраняется, пока ток течет через провод. Поле, создающееся вокруг прямого провода, не имеет достаточной силы для совершения работы. Для усиления электромагнитного поля необходимо намотать провод в виде катушки. Сила, или напряженность магнитного поля электромагнита, пропорциональна количеству витков провода в катушке и силе тока, протекающего через провод. Пока через катушку провода протекает электрический ток, вокруг катушки выстраивается магнитное поле или создаются силовые линии. Если намотать катушку вокруг металлического, например, железного сердечника, напряженность магнитного поля значительно увеличивается.

Реле и соленоиды

Типичные электромагниты, используемые в машинах компании Caterpillar - реле и соленоиды. Реле и соленоиды работают с использованием электромагнитного поля, но по-разному. Реле используются в качестве электроуправляемых переключателей. Реле состоят из электромагнитной катушки (обмотки), набора контактов и якоря. Якорь является подвижным устройством, с помощью которого размыкаются и замыкаются контакты. На рисунке 21 показаны типичные составные части реле.

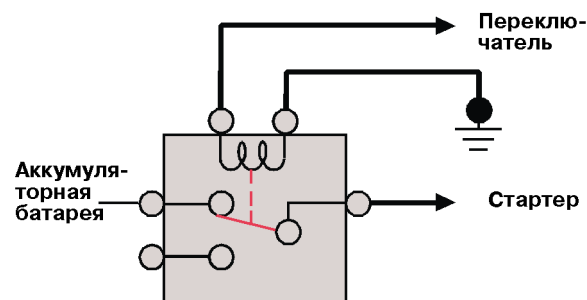


Рис. 21

g01069096

При протекании небольшого электрического тока через цепь катушки под действием электромагнитной силы контакты реле замыкаются. За счет этого становится возможным создать путь для протекания тока значительно большей силы для приведения в действие другой составной части, например такой, как стартер.

Соленоид представляет другое устройство, в котором используется электромагнитное явление. Как и реле, соленоид имеет катушку. На рисунке 22 показан типичный соленоид. При протекании тока через катушку электромагнитная сила выталкивает или втягивает сердечник в катушку, заставляя его двигаться прямолинейно, вперед или назад. Соленоиды используются для приведения в действие электромотора стартеров, или переключения передач в автоматических коробках передач.

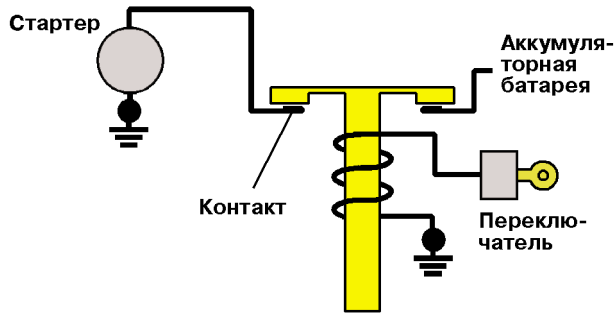


Рис. 22

g01069099

Электромагнитная индукция

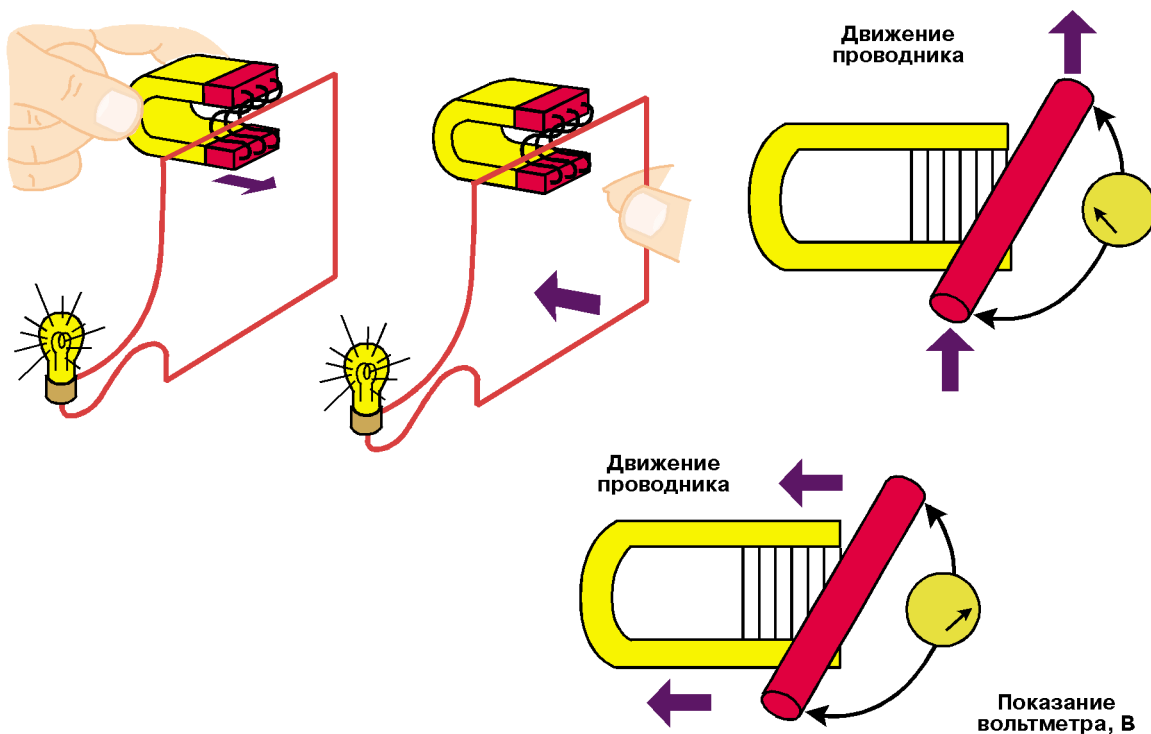


Рис. 23

g01069100

Эффект создания магнитного поля с помощью тока имеет обратную возможность. Можно создать ток с помощью магнитного поля, наводя напряжение в проводнике. Такой процесс называется электромагнитной индукцией. Электромагнитная индукция возникает, когда линии потока магнитного поля пересекают провод или другой проводник. При этом неважно, движется ли магнитное поле или провод. При наличии относительного движения между проводником и магнитным полем в проводнике наводится, или индуцируется напряжение. За счет наведенного напряжения начинается протекание тока. С прекращением движения прекращается и ток.

При пересечении проводом магнитного поля, в нем индуцируется напряжение. Индуцированное напряжение увеличится, если смотать провод в катушку. На этом принципе основана работа датчиков скорости, генераторов постоянного и переменного тока. В некоторых случаях при неподвижном проводе движется магнит. В других случаях при неподвижном магните движется обмотка возбуждения.

При изменении направления движения на противоположное ток потечет в обратном направлении. Постоянная смена направлений движения приводит к созданию переменного напряжения (тока).

На практике множество проводников сматывают в катушку. За счет этого усиливаются эффекты электромагнитной индукции и становится возможным генерировать полезную электрическую мощность с помощью относительно компактного устройства. В генераторе постоянного тока движется катушка (обмотка), а магнитное поле стационарно. В генераторе переменного тока вращается магнит в неподвижной обмотке.

Значение индуцированного напряжения зависит от нескольких факторов:

- силы магнитного поля;
- скорости относительного движения между полем и катушкой;
- количества проводников (витков) в обмотке.

Способы индуцирования

Существует три способа индуцирования напряжения с использованием электромагнитной индукции:

- генерирование напряжения
- самоиндукция
- взаимоиנדукция

Генерирование напряжения

На рисунке 24 представлен простейший генератор постоянного тока, на котором показано, как при пересечении движущимся проводником стационарного магнитного поля вырабатываются напряжение и ток. Единичная рамка из провода вращается между северным и южным полюсами магнитного поля.

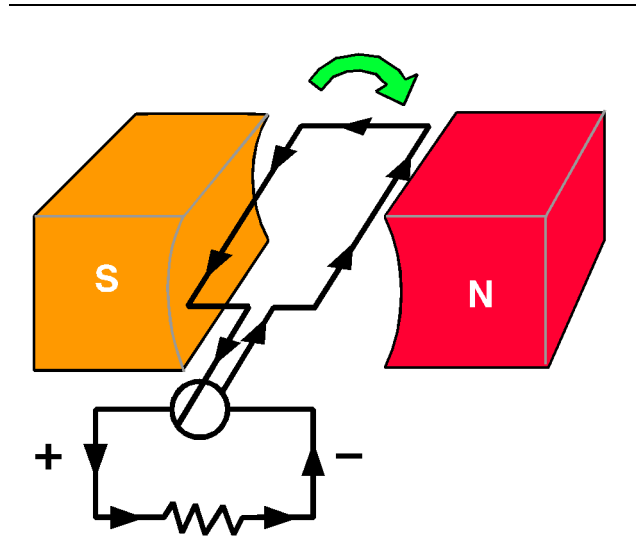


Рис. 24

g01069103

Самоиндукция

Самоиндукция возникает в проводе с током при изменении тока, текущего через провод. Поскольку ток, текущий через проводник, создает магнитное поле вокруг проводника, которое нарастает и уменьшается при изменениях тока, то в проводнике индуцируется напряжение. На рисунке 25 показано возникновение самоиндукции в катушке.

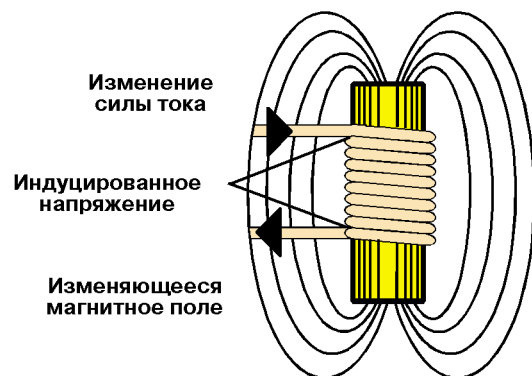


Рис. 25

g01069105

Взаимоиндукция

Взаимоиндукция происходит, когда при изменении тока в одной обмотке индуцируется напряжение в другой обмотке. Трансформатор представляет собой пример использования взаимной индукции. На рисунке 26 показаны две индукционные катушки, расположенные близко относительно друг друга. При протекании переменного тока через катушку L1 магнитное поле пересекает катушку L2, индуцируя напряжение и создавая ток в катушке L2.

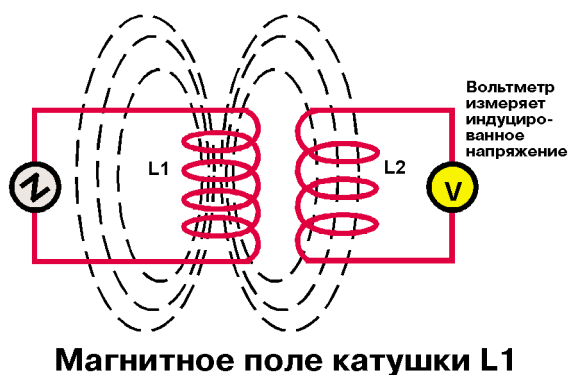


Рис. 26

g01069106

Электрические цепи

i02127670

Закон Ома

Код SMCS (Код обслуживания): 1400; 1450

Введение в закон Ома

В 1827 г Джорджем Симоном Омом было установлено математическое уравнение для объяснения электрических явлений, названное законом Ома. Закон Ома является основным законом электрических цепей, устанавливающим количественную взаимосвязь между напряжением, током и сопротивлением цепи.

Основные элементы цепи постоянного тока

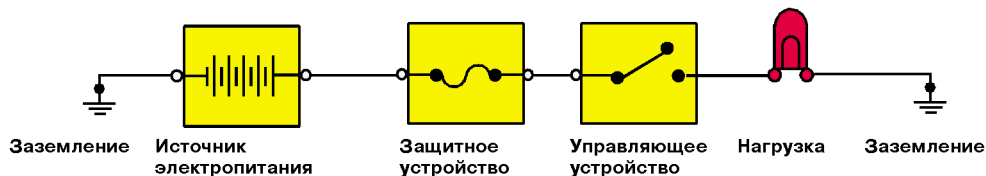


Рис. 27

g01070291

Цепь является путем протекания электрического тока. Ток протекает от одного конца к другому концу цепи, если концы присоединены к источнику разноименных зарядов. Эти концы называют обычно питающим и массовым, или заземленным, концами. Ток может протекать только в замкнутой цепи. Ток не может протекать, если есть разрыв в цепи. Любая электрическая цепь должна состоять из следующих составных частей:

- источника электропитания
- защитного устройства (плавкого предохранителя или автомата защиты)
- нагрузки (лампы)
- устройства управления (переключателя)
- заземления

Эти устройства соединяются между собой с помощью проводников, образуя замкнутую электрическую цепь.

Общие правила закона Ома

Согласно закону Ома сила тока в цепи прямо пропорциональна напряжению цепи и обратно пропорциональна сопротивлению цепи.

Это означает, что значение тока в цепи зависит от значений напряжения и сопротивления в цепи.

Поскольку в большей части электрических цепей, применяемых в машинах компании Caterpillar, используется источник электропитания с напряжением 12 или 24 В, значение тока будет определяться значением сопротивления цепи.

Помните, что при протекании тока совершается работа. Напряжение это как-бы давление, под действием которого протекает ток. Сопротивление оказывает противодействие течению тока.

Правила, которые необходимы для понимания, предвидения и расчета состояния электрических цепей, сгруппированы под названием закон Ома. Вы можете получить следующие общие правила, вытекающие из уравнения, выражающего закон Ома.

Предположим, что сопротивление неизменно:

- С увеличением напряжения ток увеличивается.
- С уменьшением напряжения ток уменьшается.

Предположим, что напряжение неизменно:

- С увеличением сопротивления ток уменьшается.
- С уменьшением сопротивления ток увеличивается.

Уравнение, выражающее закон Ома

Закон Ома может быть выражен следующим алгебраическим уравнением:

- E означает электродвижущую силу (напряжение).
- I означает силу тока (в Амперах).
- R означает сопротивление (в Омах).

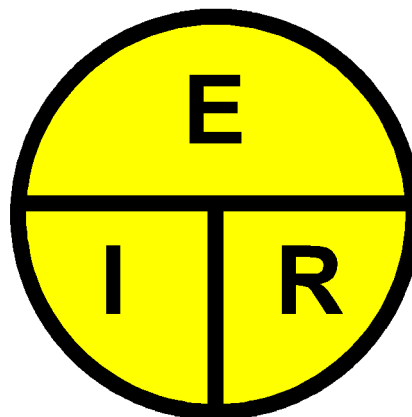
Если вам известны два члена уравнения закона Ома, вы можете рассчитать третий член уравнения. Например:

Для определения напряжения умножьте значение тока на значение сопротивления.

Для определения силы тока разделите значение напряжения на значение сопротивления.

Для определения сопротивления разделите значение напряжения на значение тока.

Круг-шаблон для решения закона Ома



Круг-шаблон для решения закона Ома помогает запомнить, как определить любой член уравнения. Для использования круга-шаблона (рисунок 28) закройте обозначение параметра, значение которого вы хотите определить. Оставшиеся обозначения дадут вам уравнение для определения неизвестного значения.

Неизвестно напряжение

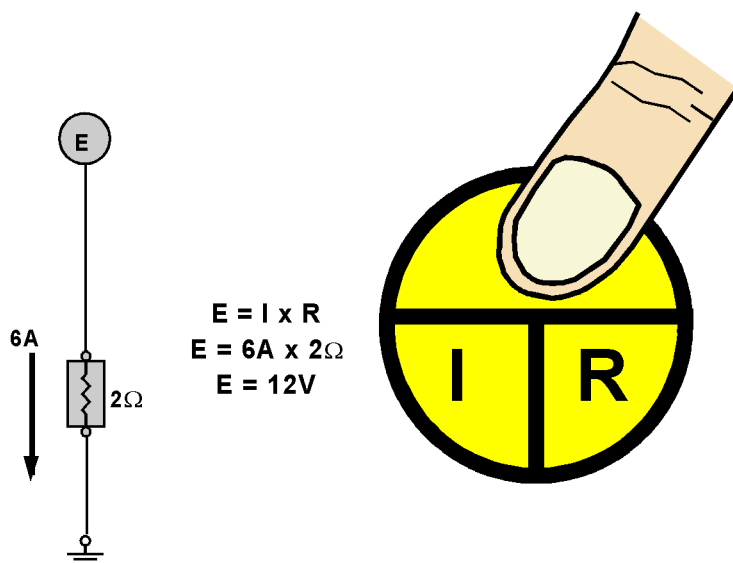


Рис. 29

g01070300

Для данной цепи неизвестно значение напряжения. Сопротивление нагрузки равно 2 Ом. Значение тока, протекающего в цепи, равно 6 А. Поскольку напряжение неизвестно, уравнение для определения напряжения представляет произведение силы тока на сопротивление. Итак, умножая 6 А на 2 Ом, получим 12 В. Поэтому напряжение источника питания этой цепи равно 12 В.

Неизвестно сопротивление

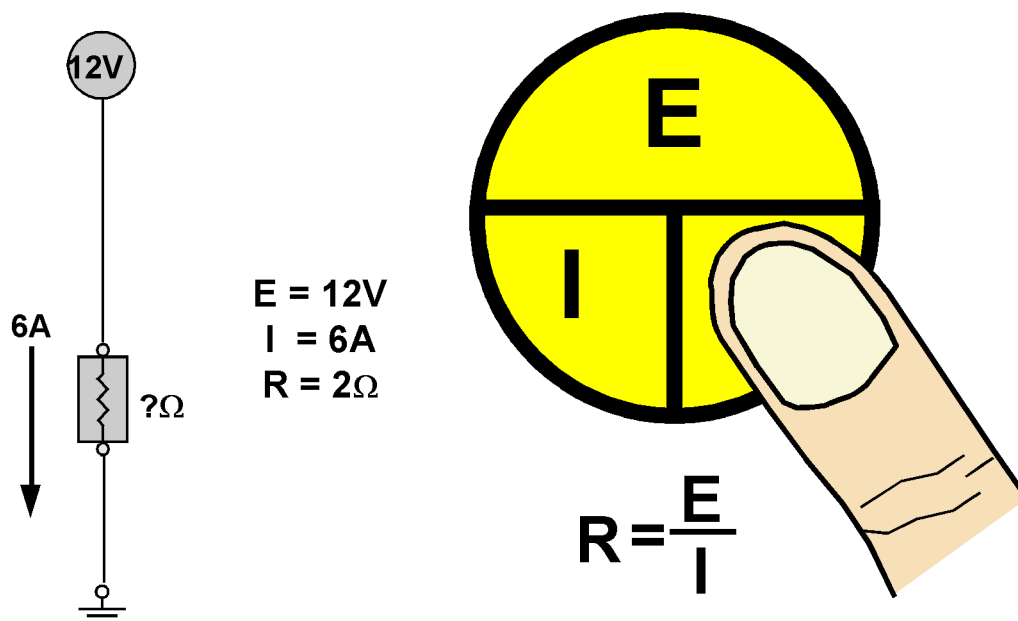


Рис. 30

g01070303

Для данной цепи неизвестно значение сопротивления. Значение тока, протекающего в цепи, равно 6 А, а напряжение источника питания этой цепи равно 12 В. Поскольку неизвестно сопротивление, уравнение для определения сопротивления представляет частное от деления напряжения на силу тока. Итак, деля 12 В на 6 А, получим 2 Ом. Поэтому сопротивление этой цепи равно 2 Ом.

Неизвестна сила тока

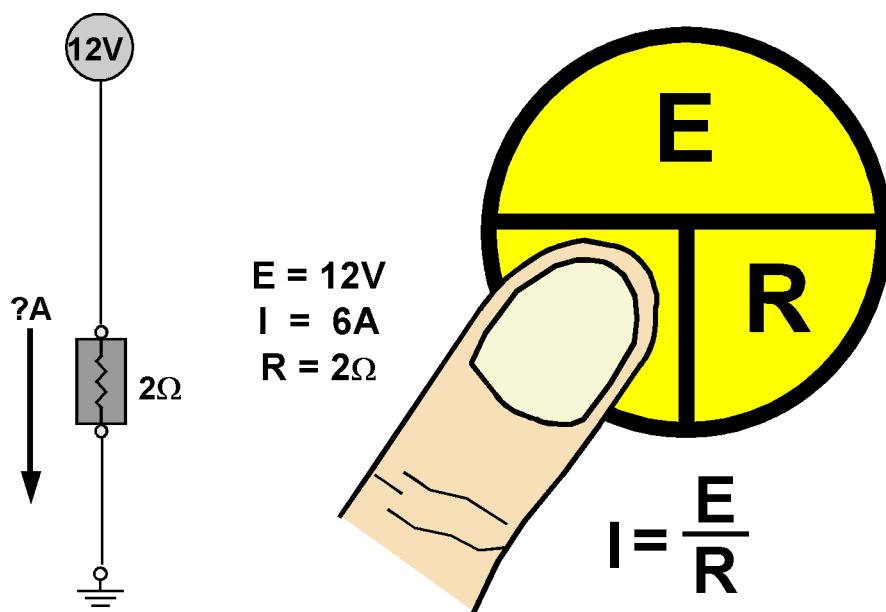


Рис. 31

g01070307

Для данной цепи неизвестно значение тока. Сопротивление нагрузки равно 2 Ом, напряжение источника питания равно 12 В. Поскольку неизвестна сила тока, уравнение для определения сопротивления представляет частное от деления напряжения на сопротивление. Итак, деля 12 В на 2 Ом получим 6 А. Следовательно, сила тока в цепи равна 6 А.

Метрическая система измерения

При измерении какой либо величины Вы определяете число, выражающее размер или количество измеряемой величины. Для выражения результатов простых вычислений Вы используете числа. Помимо числа всегда используется наименование единицы или выражение, описывающее, что означает число. При изучении электрических систем используются единицы метрической системы измерений.

При использовании метрической системы необходимо знать только несколько базовых единиц измерения. В основном Вам необходимо просто умножать или делить базовую единицу измерения на коэффициент с десятичным основанием, если необходима более крупная или мелкая единица измерения. Эти степени десятичного основания, или десятичные коэффициенты имеют специальное название в метрической системе. Это название используется в качестве приставки. Приставки присоединяются к наименованию базовых единиц измерения.

Ниже приводятся примеры приставок к метрическим единицам измерения.

- 1500 В можно записать в метрической системе как 1,5 кВ.
- Уравнение с использованием степени десятичного основания будет выглядеть как $1,5 \times 10^3$ или $1,5 \times 1000 = 1500$.
- Приставка "к" равна 1000, поэтому уравнение для записи 1500 В будет выглядеть как 1,5 кВ.

Работая с электрическими или электронными устройствами, приходится иметь дело с очень большими или очень малыми значениями. Эти значения можно выразить с помощью приставок, применяемых в метрической системе.

Единицы метрической системы образуют международную систему измерения, используемую повсеместно во всем мире. Эта система измерения называется международной системой единиц (SI). Наиболее широко применяются при изучении основ теории электричества следующие единицы: мега (миллионы), кило (тысячи), милли (тысячные доли) и микро (миллионные доли).

В следующей таблице перечислены некоторые из наиболее часто используемых приставок. В таблице перечислены стандартные аббревиатуры и степени десятичного основания.

Приставка	Обозначение	Значение
Мега	М	10^6
Кило	к	10^3
Милли	м	10^{-3}
Микро	мк	10^{-6}

Рис. 32

g01070311

Предлагаемый курс не охватывает всю метрическую систему. В настоящем курсе используются только метрические приставки, широко используемые при измерении электрических и электронных характеристик.

Базовые единицы

Базовые единицы стандартизованы. Эти единицы используются без приставок. Вольты, омы и амперы относятся к основным базовым единицам, используемым в электронике. Приставки добавляются к базовым единицам для изменения единицы измерения.

Мега

Мега означает один миллион и сокращенно обозначается заглавной буквой М. Один МОм равен 1 миллиону Ом. Для преобразования любого значения, выраженного в мегомах, в омы, сместите десятичную точку в числе на шесть позиций вправо. Например, 3,5 МОм равно 3 500 000 Ом.

Кило

Приставка кило означает тысячу и сокращенно обозначается буквой к. 1 кОм равен 1000 Ом. Для преобразования любого значения, выраженного в килоомах, в омы, сместите десятичную точку в числе на три позиции вправо. Например, 0,657 кОм равно 657 Ом.

Милли

Приставка милли означает одну тысячную долю и сокращенно обозначается буквой м. 1 миллиампер равен одной тысячной доле ампера. Для преобразования любого значения, выраженного в миллиамперах, в амперы, сместите десятичную точку в числе на три позиции влево. Например, 0,355 мА равен 0,000355 А.

Микро

Приставка микро означает одну миллионную долю и сокращенно обозначается греческой буквой μ . Один микроампер равен одной миллионной доле ампера. Для преобразования любого значения, выраженного в микроамперах, в амперы, сместите десятичную точку в числе на шесть позиций влево. Например, 355 микроампер равны 0,000355 А.

Мощность

Мощность представляет собой меру скорости, или интенсивности, с которой вырабатывается или поглощается энергия. Выходная номинальная мощность двигателя определяет меру способности совершать механическую работу. В электронных устройствах мощность представляет собой меру скорости, с которой электрическая энергия преобразуется в тепло резистивными элементами проводника. В электрической цепи сопротивление потребляет электрическую мощность. Помните, что многие разновидности устройств имеют сопротивление. К устройствам, обладающим сопротивлением, относятся проводники, изоляторы, резисторы, катушки и электродвигатели. Работа многих электрических устройств оценивается по тому, какую электрическую мощность они потребляют, а не по тому, какую мощность они производят. Потребляемая мощность выражается в ваттах.

746 Вт = 1 л.с.

Единицей измерения мощности является ватт (Вт). Мощность определяется произведением силы тока и напряжения. Один Вт равен произведению силы тока в один ампер на напряжение в один вольт. В электрической цепи с увеличением напряжения или тока увеличивается и мощность. С уменьшением силы тока мощность уменьшается. Сотношение между мощностью, напряжением и силой тока определяется по формуле расчета мощности. Основное уравнение для расчета мощности:

$$P = I \times E, \text{ или } \text{Вт} = \text{ампер} \times \text{вольт}$$

Умножив напряжение на силу тока в любой цепи, вы определите потребляемую в ней мощность. Например, типичный фен потребляет электрический ток около 5 А. Напряжение в электрической сети вашего дома равно приблизительно 220 В. Умножив 5 А на 220 В, вы определите, что мощность потребляемая феном, равна приблизительно 1100 Вт.

В большинстве случаев номинальная мощность используется для характеристики ламп накаливания. Лампы накаливания классифицируются по потребляемой мощности. Наиболее общие примеры использования номинальной мощности - применение для характеристики таких изделий как акустические громкоговорители, некоторые электродвигатели и большинство бытовых электрических устройств.

Номинальные характеристики резисторов

Резисторы характеризуются по тому, какое сопротивление они создают в единицах Ом и какую номинальную мощность они могут потреблять. Наиболее распространенные значения номинальной мощности для угольных резисторов - 1/4, 1/2, 1 и 2 Вт.

Резистор преобразует электрическую энергию в тепло. Если резистор работает, он всегда выделяет какое-то количество тепла. Если заставить резистор работать с мощностью, превышающей его номинальную мощность, он будет выделять повышенную тепловую мощность. При значительной перегрузке резистор может преждевременно выйти из строя.

i02127669

Основы теории цепей

Код SMCS (Код обслуживания): 1400; 1450

Введение в теорию основных цепей

Излагаемые сведения относятся к теории основных цепей постоянного тока, касающейся трех основных типов электрических цепей и законов, применимых к каждому типу перечисленных цепей:

- последовательные цепи;
- параллельные цепи;
- последовательно-параллельные цепи

Последовательная цепь

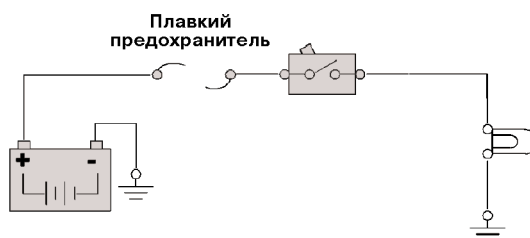


Рис. 33

g01070312

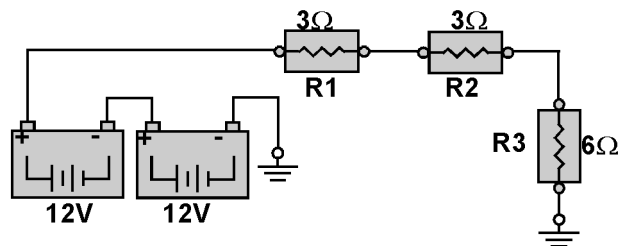
Последовательная цепь относится к простейшему типу цепей. В последовательной цепи каждое электрическое устройство соединено с другими электрическими устройствами. В такой цепи только один путь протекания тока. Как показано на рисунке 33, ток течет от положительного (+) вывода аккумуляторной батареи через плавкий предохранитель (защитное устройство) и переключатель (устройство управления) к лампе (нагрузке) и возвращается через заземление рамы. Все устройства и составные части цепи соединены последовательно. Ко всем последовательным цепям применимы следующие правила:

- Через любую точку цепи протекает один и тот же ток.
- Общее сопротивление цепи равно сумме отдельных сопротивлений. Оно называется эквивалентным сопротивлением.
- Падение напряжения на всех нагрузках цепи равно приложенному напряжению источника питания.

К последовательной цепи применимы следующие правила:

- Напряжение равно сумме всех падений напряжения.
- Через любую точку цепи протекает один и тот же ток.
- Сопротивление цепи равно сумме всех отдельных сопротивлений.

Применение правил



На рисунке 34 показано, что цепь состоит из различных устройств и различных составных частей. В ней имеется источник электропитания 24 В. Поскольку два параметра цепи известны (напряжение и сопротивление), определить значение неизвестного параметра просто.

Первым шагом при расчете показанной выше цепи является определение полного сопротивления цепи.

Для определения полного сопротивления используется следующее уравнение:

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 \text{ или } R_t = 3 \text{ Ом} + 3 \text{ Ом} + 6 \text{ Ом}, \text{ или } R_t = 12 \text{ Ом}.$$

Поскольку значение напряжения источника электропитания равно 24 В, а сопротивление цепи, как было рассчитано, равно 12 Ом, остается только рассчитать значение тока. Общий ток в цепи рассчитывается с помощью кругового шаблона, использующего закон Ома, то есть следующего уравнения:

$$I = E/R, \text{ или } I = 24 \text{ В}/12 \text{ Ом}, \text{ или } I = 2 \text{ А}.$$

Остается использовать значение тока для каждой из резистивных нагрузок. Одно из правил для последовательных цепей гласит, что ток в любой точке цепи одинаков. С помощью уравнения $E = I \times R$ для каждого резистора можно определить падение напряжения на каждой нагрузке. Следующие уравнения используются для определения падений напряжения:

$$E_1 = 2 \text{ А} \times 3 \text{ Ом} = 6 \text{ В}$$

$$E_2 = 2 \text{ А} \times 3 \text{ Ом} = 6 \text{ В}$$

$$E_3 = 2 \text{ А} \times 6 \text{ Ом} = 12 \text{ В}$$

Теперь рассчитаны значения всех параметров цепи. Проверьте все результаты, применяя круговой шаблон с использованием закона Ома.

Параллельная цепь

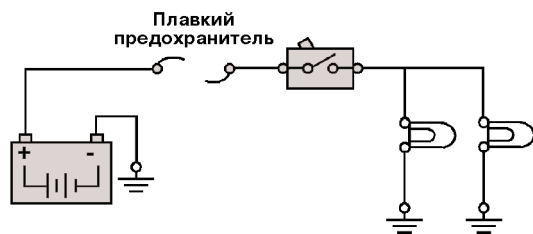


Рис. 35

g01071099

Параллельная цепь сложнее последовательной цепи, поскольку в ней больше путей протекания тока. Каждый путь протекания тока называется ветвью. Все ветви соединяются на одной положительной и одной отрицательной клемме. Поэтому все ветви имеют одно и то же напряжение. Падение напряжения в каждой ветви одинаковое, независимо от сопротивления ветви.

Сила тока в каждой ветви может быть разной. Сила тока зависит от сопротивления. Суммарный ток в цепи равен сумме токов в ветвях.

Суммарное сопротивление всегда меньше минимального сопротивления ветвей.

В цепи, показанной на рисунке 35, ток вытекает из аккумуляторной батареи через плавкий предохранитель и переключатель. Ток разделяется по двум ветвям. В каждой ветви имеется лампа. Каждая ветвь соединена с заземлением рамы.

К параллельным цепям применимы следующие правила:

- Каждая параллельная ветвь находится под одним и тем же напряжением.
- Суммарный ток равен сумме токов, протекающих через отдельные ветви.
- Эквивалентное сопротивление, равное частному от деления приложенного напряжения на суммарный ток, всегда меньше минимального сопротивления ветвей.

К параллельным цепям применимы следующие правила:

- Напряжение во всех ветвях одинаковое.
- Ток равен сумме токов в отдельных ветвях.

- Эквивалентное сопротивление меньше минимального сопротивления ветвей.

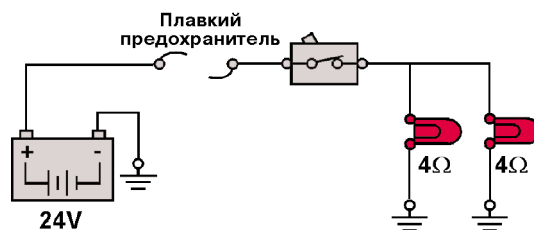


Рис. 36

g01070318

Цепь на рис. 36 состоит из различных устройств и составных частей. В ней имеется источник электропитания 24 В. Сопротивление каждой лампы известно, как и напряжение источника питания. Перед тем, как использовать основные законы для параллельных цепей, необходимо определить эквивалентное сопротивление, чтобы заменить две параллельные ветви, сопротивление каждой из которых равно 4 Ом.

Первым шагом для построения эквивалентной цепи является применение основных правил по определению общего сопротивления двух параллельных ветвей. Общее сопротивление объединенных ветвей должно быть меньше минимального сопротивления ветвей. Цепь, приведенная выше, имеет две параллельные ветви, в каждой из которых установлена лампа, имеющая сопротивление 4 Ом, следовательно общее сопротивление должно быть меньше 4 Ом.

Для расчета общего сопротивления используется следующее уравнение.

$$1/R_t = 1/R_1 + 1/R_2$$

$$1/R_t = 1/4 + 1/4 \text{ или}$$

$$1/R_t = 0,25 + 0,25 = 0,50 \text{ или}$$

$$R_t = 1/0,50 \text{ или } R_t = 2 \text{ Ом}$$

Согласно одному из правил для параллельных цепей напряжение во всех параллельных ветвях одинаковое. С учетом того, что к каждой ветви приложено напряжение 24 В, можно рассчитать токи в отдельных ветвях, используя закон Ома. Согласно уравнению $I = E/R$, используемому для расчета тока в каждой ветви, сила тока в каждой ветви равна 6 А. В данном частном случае сила тока в каждой ветви одинакова, поскольку значения сопротивлений одинаковые.

Расчет тока в параллельной цепи

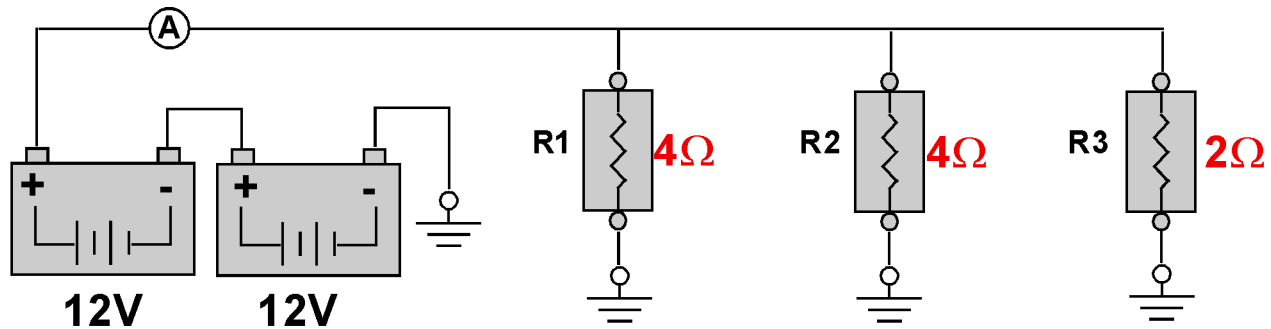


Рис. 37

g01070320

Цепь, изображенная на рисунке 37, представляет собой типичную цепь постоянного тока с тремя параллельными ветвями. В цепи имеется также амперметр, соединенный последовательно с параллельными ветвями (весь ток, протекающий через цепь, должен протекать через амперметр).

Использование правил для параллельных цепей позволяет решить эту задачу очень просто. Напряжение источника питания известно (24 В), как и сопротивление каждой ветви ($R_1 = 4 \text{ Ом}$; $R_2 = 4 \text{ Ом}$; $R_3 = 2 \text{ Ом}$). Используя правило напряжения для параллельных цепей (напряжение во всех ветвях **ОДИНАКОВО**), вы можете определить неизвестное значение тока в каждой ветви, с помощью шаблона с использованием закона Ома, согласно которому $I = E/R$.

$$I_1 = E_1/R_1 \text{ или } I_1 = 24/4 \text{ или } I_1 = 6 \text{ A}$$

$$I_2 = E_2/R_2 \text{ или } I_2 = 24/4 \text{ или } I_2 = 6 \text{ A}$$

$$I_3 = E_3/R_3 \text{ или } I_3 = 24/2 \text{ или } I_3 = 12 \text{ A}$$

Поскольку ток, протекающий в параллельных ветвях, равен сумме токов, протекающих через отдельные ветви цепи, уравнение для общего тока выражается как $I_t = I_1 + I_2 + I_3$ или $6 + 6 + 12 = 24 \text{ A}$. При напряжении источника питания 24 В и общем токе 24 А (полученном расчетом) полное сопротивление цепи согласно расчету равно 1 Ом. ($R_t = E_t/I_t$).

Последовательно-параллельные цепи

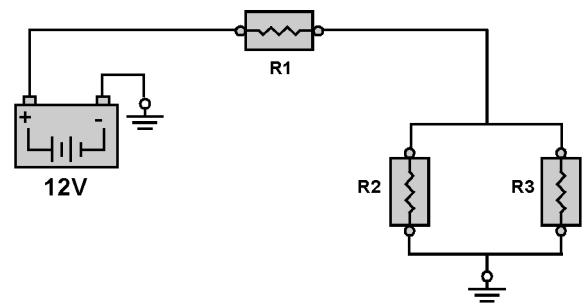


Рис. 38

g01070324

Последовательно-параллельная цепь состоит из последовательной и параллельной секции. Все обсуждавшиеся ранее правила относительно последовательных и параллельных цепей применимы для определения неизвестных параметров цепи.

Хотя некоторые последовательно-параллельные цепи могут выглядеть весьма сложными, расчет последовательно-параллельных цепей достаточно прост при использовании логического подхода. Приведенные ниже советы помогут упростить расчет последовательно-параллельных цепей:

- Внимательно рассмотрите цепь. Затем определите путь или пути, по которым может протекать ток от одного вывода источника к другому.
- Перерисуйте сложную цепь для упрощения ее вида.

- Начинайте упрощать последовательно-параллельную цепь с самой дальней точки от источника напряжения. Замените комбинации параллельных резисторов за один шаг.
- Нарисуйте цепь, эквивалентную последовательно-параллельной цепи, которая содержала бы в итоге ТОЛЬКО ОДИН последовательный резистор.
- Используйте простые правила для определения неизвестных параметров последовательной цепи.
- Вернитесь к начальной цепи и подставьте известные значения. Используйте закон Ома для расчета остальных параметров.

Расчет последовательно-параллельной цепи

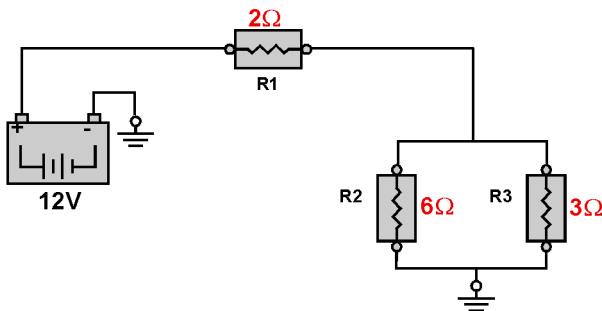


Рис. 39

g01070325

Последовательно-параллельная цепь, изображенная на рисунке 39, состоит из резистора 2 Ом, соединенного последовательно с параллельной ветвью, состоящей из резистора 6 Ом и резистора 3 Ом. Для решения этой задачи необходимо определить эквивалентное сопротивление параллельной ветви. Используя указанное ниже уравнение, определите эквивалентное сопротивление (R_e) параллельной ветви:

$$1/R_e = 1/R_2 + 1/R_3$$

$$1/R_e = 1/6 + 1/3 \text{ или}$$

$$1/R_e = 0,1666 + 0,3333 = 0,50 \text{ или}$$

$$1/R_e = 1/0,50 \text{ или } R_e = 2 \text{ Ома}$$

На рисунке 40 показана перерисованная схема 39 с эквивалентным сопротивлением параллельной ветви. Рассчитайте полностью цепь, используя простые правила на основе закона Ома для последовательных цепей.

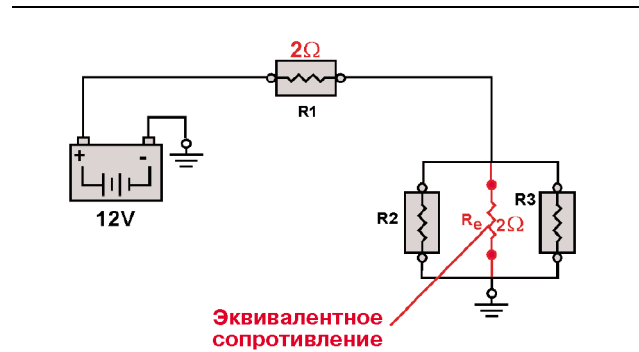


Рис. 40

g01070328

В соответствии с правилами для последовательных цепей теперь можно рассчитать полное сопротивление цепи с помощью уравнения $R_t = R_1 + R_e$ или $R_t = 2 + 2$ или 4 Ом.

Остается неизвестной сила тока. Используя вновь закон Ома, можно рассчитать силу тока с помощью уравнения:

$$I = E/R \text{ или}$$

$$I = 12/4 \text{ или}$$

$$I = 3 \text{ А}$$

На рисунке 41 нанесены все определенные значения.

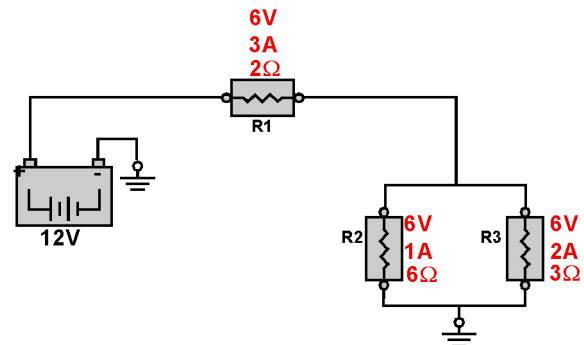


Рис. 41

g01070330

Расчет цепи показывает, что общий ток в цепи равен 3 А. Поскольку весь вытекающий ток должен возвращаться обратно, понятно, что ток силой 3 А должен протекать через сопротивление R_1 . Теперь можно рассчитать падение напряжения на сопротивлении R_1 , используя уравнение $E = I \times R$, или $E = 3 \text{ А} \times 2 \text{ Ом}$, или $E = 6 \text{ В}$.

Если падение напряжения на резисторе R1 равно 6 В, оставшееся напряжение источника питания (6 В) приложено к обеим параллельным ветвям. Применяя закон Ома для параллельной ветви, найдем, что через сопротивление R2 протекает ток 1 А, а через сопротивление R3 протекает ток 2 А, которые соединяясь, дают суммарный ток цепи 3 А, возвращающийся к отрицательному выводу источника электропитания.

Другие способы и рекомендации по расчету сложных последовательно-параллельных цепей

Как было сказано ранее, сложные цепи легко рассчитать, внимательно проследив пути протекания тока и перерисовав их для упрощения. Какой бы сложной не выглядела цепь, ее можно упростить до эквивалентной простейшей цепи (последовательной цепи), из которой можно извлечь необходимую информацию для подстановки в первоначальную цепь.

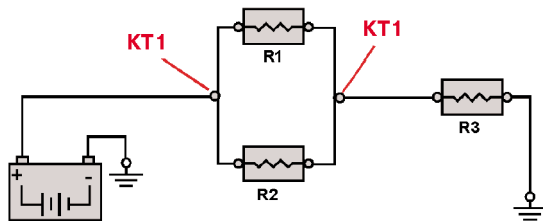


Рис. 42

g01070333

1. Проследите за путем протекания тока от положительного (+) вывода аккумуляторной батареи к отрицательному (-) выводу аккумуляторной батареи. Весь ток, вытекающий из источника, приходит в контрольную точку (узел) "КТ1" (контрольная точка 1). В точке "КТ1" ток распределяется между двумя параллельными ветвями и затем вновь сливается в точке "КТ2" перед тем как вернуться к заземлению через последовательный резистор "R3". Следующим шагом после определения пути протекания тока является замещение параллельных ветвей цепи эквивалентной цепью и ее прорисовка.

2. Используйте закон Ома для расчета эквивалентного сопротивления для параллельной ветви. Для расчета сопротивления параллельной ветви можно использовать одно из двух уравнений. Для расчета сопротивлений используются следующие уравнения.

- $1/R_e = 1/R_1 + 1/R_2$

- $R_e = R_1 \times R_2 / R_1 + R_2$

Второе уравнение, называемое уравнением произведения и суммы, используется для подбора двух параллельных сопротивлений. Это наиболее удобное уравнение для случаев, когда цепь содержит только две параллельные ветви.

3. Перечертите схему, заменив ветви эквивалентным рассчитанным сопротивлением R_e . Цепь теперь содержит два последовательных резистора, обозначенных R_e и R3. Упростите далее цепь, сложив два значения R_e и R3 и получив одно сопротивление, названное R_t . Приведенные ниже цепи отображают указанную последовательность шагов.

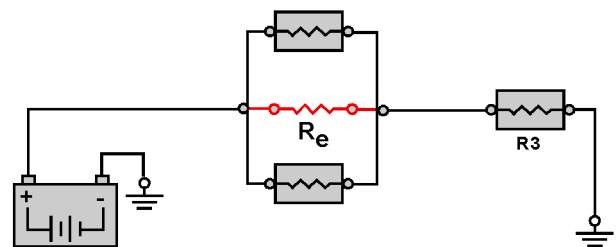


Рис. 43

g01070335

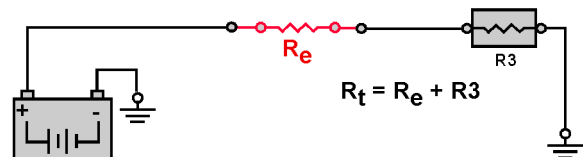


Рис. 44

g01070336

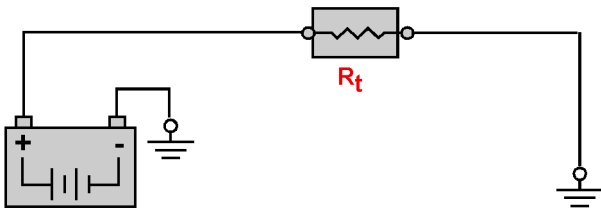


Рис. 45

g01070337

i02127671

Электрические измерения

Код SMCS (Код обслуживания): 1400; 1450

Цифровой универсальный измерительный прибор

Ниже приведены сведения об основных функциях и устройстве цифрового универсального измерительного прибора, или цифрового мультиметра. Хотя техники при обслуживании устройств могут использовать аналоговые мультиметры и световые пробники, с помощью цифрового мультиметра можно выполнить более сложные измерения, особенно на новых электронных системах. В цифровых мультиметрах для облегчения работы с большими числами используется метрическая система мер.

Цифровой мультиметр



Рис. 46

g01070520

Цифровой мультиметр обладает высокой точностью. Цифровой мультиметр используется для точного измерения разных напряжений, токов и сопротивлений. Мультиметр питается от аккумуляторной батареи 9 В. Прибор герметизирован для обеспечения защиты от грязи, пыли и влаги.

На мультиметре можно выделить четыре основных секции: жидкокристаллический дисплей, секция кнопок, круглый поворотный функциональный переключатель и входы для измерительных выводов.

Жидкокристаллический дисплей

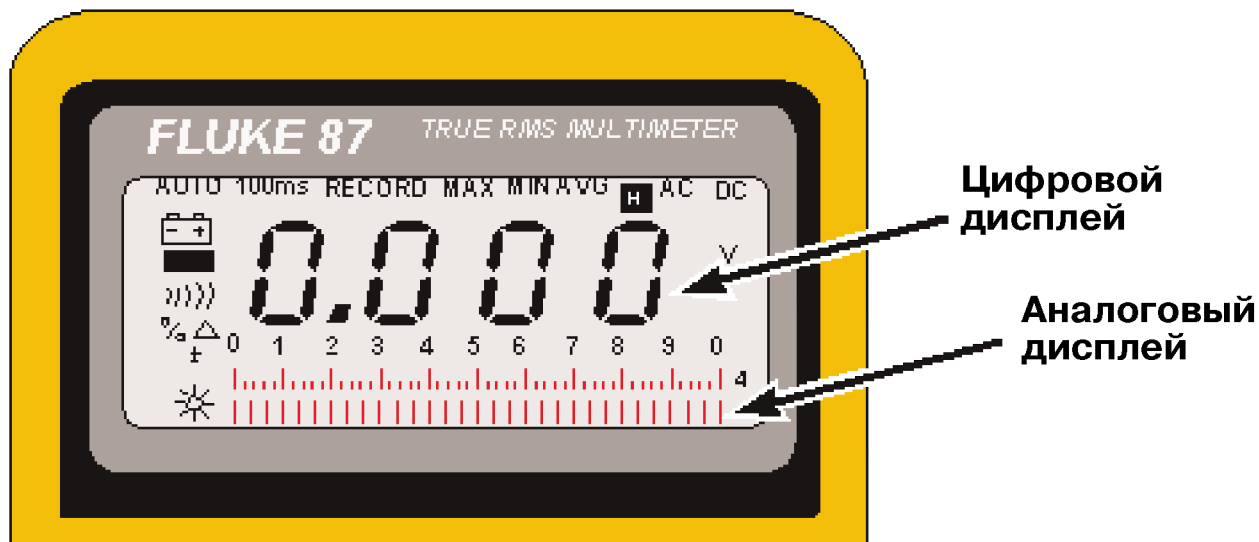


Рис. 47

g01070522

В жидкокристаллическом дисплее мультиметра используются отображающие сегменты и индикаторы. Цифровые показания отображаются на дисплее с разрешением 4000 точек, с индикацией полярности ($\pm$) измеряемого параметра и с автоматическим смещением десятичной точки. При установке мультиметра в положение ВКЛЮЧЕНО на короткое время включаются, самопроверяясь, все сегменты дисплея. Показания цифрового дисплея (1) обновляются при измерениях частоты четыре раза в секунду.

Аналоговый дисплей (2) представляет собой 32-сегментный указатель, показания которого обновляются 40 раз в секунду. Сегменты дисплея имеют указатель, который пробегает по сегментам, указывая изменение измеряемого значения. В дисплее используются также индикаторы для отображения различных режимов работы дисплея и функций измерения.

Кнопки

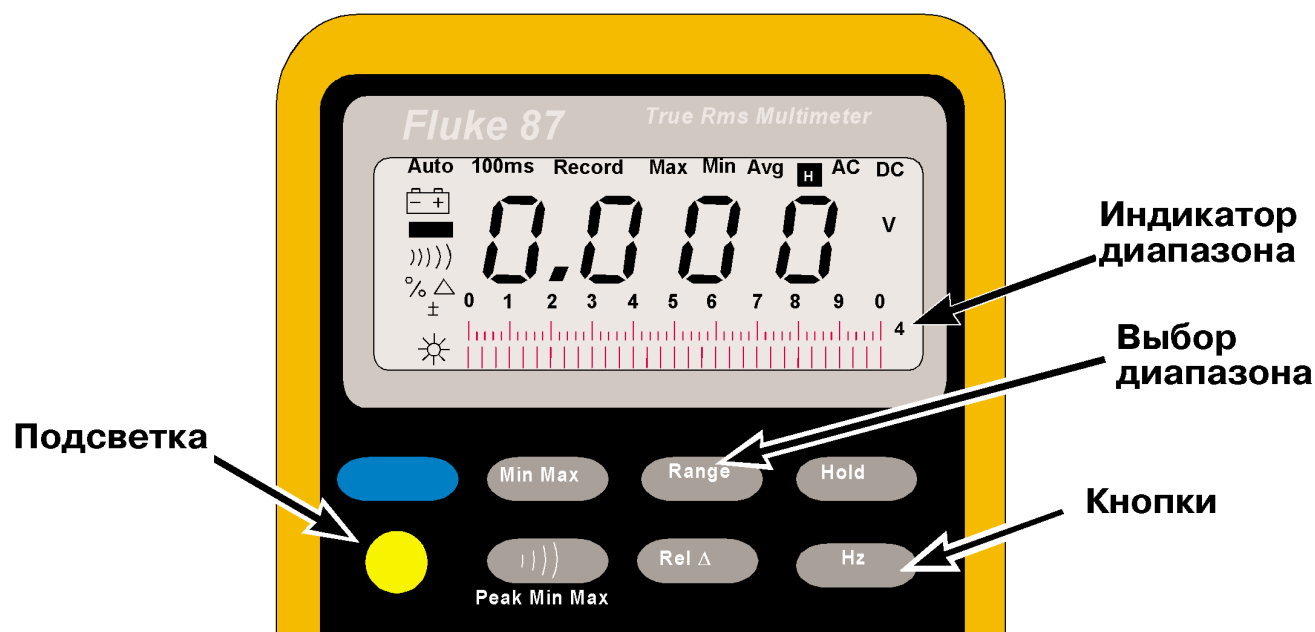


Рис. 48

g01070524

Кнопки мультиметра предназначены для выполнения дополнительных функций. О дополнительных кнопках будет сказано ниже при их использовании для разных типов измерений.

При первом включении мультиметра автоматически выбирается диапазон измерения. В верхнем левом углу дисплея будет отображаться слово "AUTO" (АВТОМАТИЧЕСКИЙ РЕЖИМ). При нажатии кнопки выбора диапазона мультиметр перейдет в режим ручного выбора диапазона измерений. Шкала диапазона будет отображаться в нижнем правом углу дисплея. При каждом последующем нажатии кнопки выбора диапазона будет отображаться следующий коэффициент. Нажмите и удерживайте кнопку выбора диапазона для перехода в режим автоматического выбора диапазона измерений. Желтая кнопка предназначена для включения подсветки дисплея мультиметра.

Поворотный переключатель

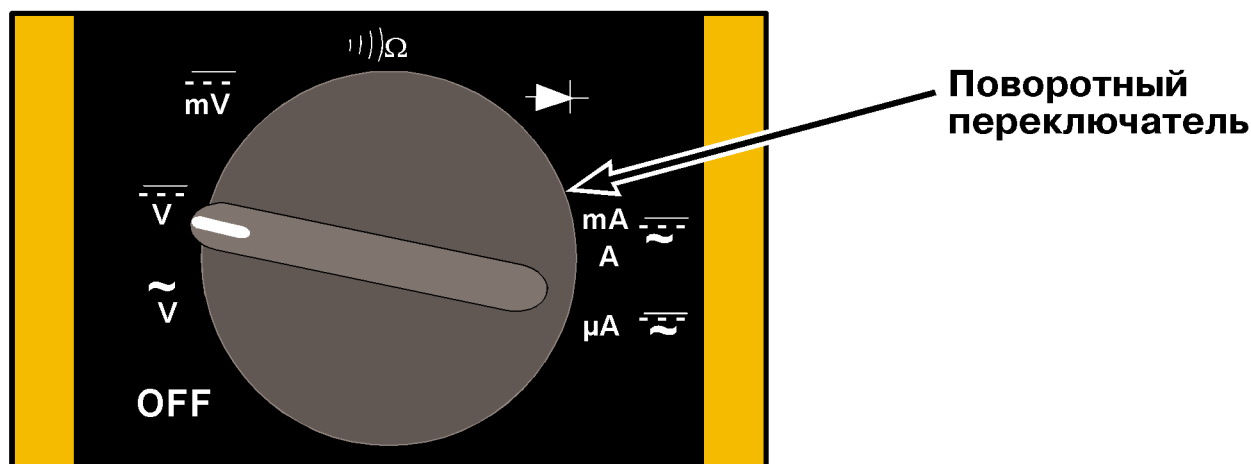


Рис. 49

g01078604

Выбор различных режимов работы мультиметра осуществляется поворотным переключателем. При каждом перемещении поворотного переключателя из положения OFF (ОТКЛЮЧЕНО) в положение выбора функционального режима включаются все сегменты дисплея и индикаторы для самопроверки. Первые три положения поворотного переключателя при повороте его по часовой стрелке из положения OFF (ОТКЛЮЧЕНО) используются для измерения напряжения переменного тока, напряжения постоянного тока и измерения постоянного напряжения в диапазоне мВ. Верхнее положение переключателя используется для измерения сопротивления. Следующее положение предназначено для проверки диодов. Последние два положения используются для измерения силы постоянного и переменного тока в амперах, миллиамперах и микроамперах.

Входы измерительных выводов

Входные гнезда измерительных выводов

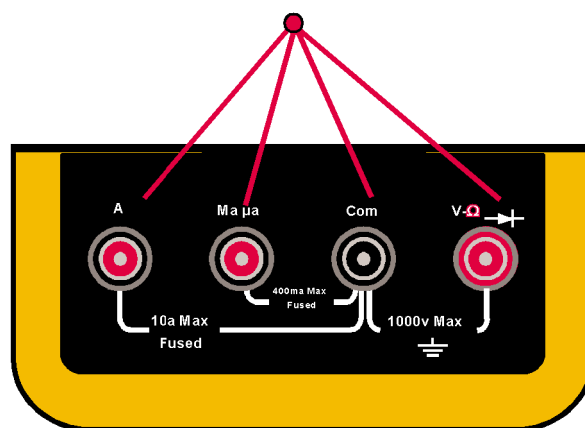


Рис. 50

g01070529

В зависимости от типа измерений необходимо установить выводы мультиметра в соответствующие входы. Обратите внимание, что входы помечены цветовым кодом, красным или черным. Положительный вывод можно вставлять в любой из красных входов.

Вход “Com”, или общий вход, используется для большей части измерений. Черный вывод должен всегда оставаться во входе “Com” (общий вход).

Первый вход, находящийся с левой стороны мультиметра, предназначен для измерения токов, А. Вход защищен плавким предохранителем, рассчитанным на номинальный ток 10 А (20 А в течение 30 с).

Следующий вход, расположенный правее, предназначен для измерения малых токов, мА или мкА. Если поворотный переключатель находится в соответствующем положении, допускается измерять токи не более 400 мА. Если вы не знаете о величине тока в цепи, начинайте измерение, установив красный вывод мультиметра в красное входное гнездо на 10 А (максимальный диапазон).

Вход с правой стороны мультиметра предназначен для измерения напряжений, сопротивлений и проверки диодов.

Индикатор перегрузки дисплея

При проведении некоторых измерений вы можете увидеть сообщение на дисплее “OL” (перегрузка). Сообщение “OL” указывает, что измеряемое значение находится за пределами выбранного диапазона. Причиной перегрузки дисплея могут быть следующие условия:

- При измерении в режиме автоматического выбора диапазона измерений показание высокого сопротивления указывает на разрыв цепи.
- При измерении в режиме ручного выбора диапазона измерений показание высокого сопротивления указывает на разрыв цепи или неверный выбор диапазона измерений.
- При измерении в режиме ручного выбора диапазона измерений показание напряжения превышает верхнюю границу выбранного диапазона.
- При проверке диодов измеренное значение напряжения больше трех вольт, или разрыв (выход из гнезда) измерительных выводов.

Предельные значения параметров во входных гнездах

В приведенной ниже таблице указаны измерительные функции, минимальные и максимальные показания дисплея, а также максимально допустимые значения измеряемых параметров на входе цифрового мультиметра 9U7330.

Таблица 1

Функция	Мин. показание	Макс. показание	Макс. допустимое значение на входе
Переменное напряжение, В	0,01 мВ	1000 В	1000 В
Постоянное напряжение, В	0,0001 В	1000 В	1000 В
Напряжение, мВ	0,01 мВ	400,0 мВ	1000 В
Сопротивление, Ом	0,01 Ом	40,00 МОм	1000 В
Ток, А	1,0 мА	10,0 А (продолжительно)	600 В
Ток, мА/мкА	0,01 мА	400,0 мА	600 В
	0,1 мкА	4000 мкА	600 В

Измерение постоянного/переменного напряжения

Используя мультиметр для измерения напряжений, помните, что вольтметр следует всегда присоединять параллельно измеряемой нагрузке или проверяемой цепи. Погрешность мультиметра 9U7330 равна приблизительно $\pm 0,01\%$ в пяти диапазонах напряжений переменного/постоянного тока при входном сопротивлении приблизительно 10 МОм, при параллельном соединении.

Для измерения напряжения выполните следующие операции:

1. Убедитесь в том, что цепь ВКЛЮЧЕНА.
2. Вставьте черный вывод мультиметра во входное гнездо “Com” (Общий), а красный вывод во входное гнездо VOLT/OHM (ВОЛЬТЫ/ОМЫ).
3. Установите поворотный переключатель в необходимое положение AC или DC (измерение переменного или постоянного напряжения).

4. Присоедините черный вывод мультиметра к точке с меньшим потенциалом или к точке заземления измеряемого элемента или цепи.
5. Присоедините красный вывод мультиметра к точке с большим потенциалом или к положительной стороне измеряемого элемента или цепи.

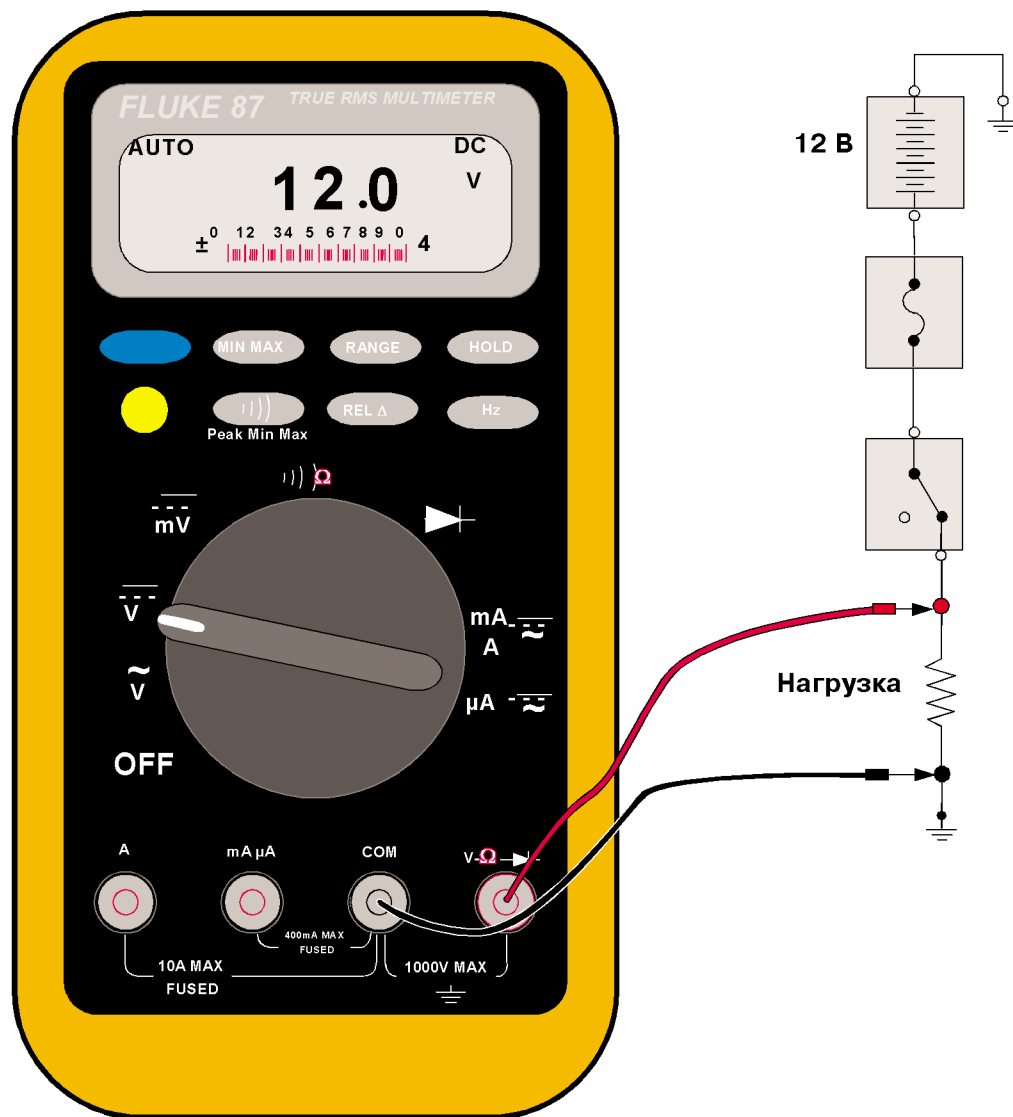


Рис. 51

g01070559

Смотрите цепь, показанную на рисунке 51. Измерительные выводы присоединены параллельно нагрузке цепи. При напряжении источника питания 12 В, присоединенного к нагрузке, мультиметр должен показывать падение напряжения, равное напряжению источника питания, т.е. 12 В.

Если мультиметр показывает падение напряжения меньше 12 В, возможно, он указывает на наличие нежелательного сопротивления в цепи. Было бы логично измерить падение напряжения на замкнутых контактах выключателя. Если прибор покажет напряжение, это может означать, что контакты выключателя подверглись коррозии. Необходимо сменить выключатель.

Примечание: В реальных измерениях показания мультиметра не будут точно равны напряжению источника питания, поскольку соответствующие провода имеют некоторое небольшое сопротивление. На практике, в большинстве случаев считают приемлемым падение напряжения 0,1 В на проводах.

Цифровой мультиметр 9U7330 имеет высокое внутреннее сопротивление. Это означает, что мультиметр может лишь незначительно увеличить ток в измеряемой цепи. Измерения напряжения всегда проводятся в цепи, находящейся под напряжением. Цифровой мультиметр 9U7330 идеален для использования в цепях, управляемых твердотельными устройствами, т.е. электронными элементами, компьютерами и микропроцессорами.

Измерение переменного/ постоянного тока



Рис. 52

g01070561

Используя мультиметр для измерения токов, следует присоединять выводы последовательно с нагрузкой или проверяемой цепью. Для переключения режимов измерения переменного и постоянного токов используйте «синюю» кнопку.

При измерении силы тока внутренние шунтирующие резисторы создают напряжение на выводах мультиметра. Оно называется измерительным напряжением. Измерительное напряжение очень мало, но оно может повлиять на точность измерений.

Мультиметр Fluke 87 при измерении токов имеет малое внутреннее сопротивление, чтобы не оказывать влияния на ток в цепи. При измерении силы тока в цепи всегда начинайте измерения, вставив красный вывод мультиметра в гнездо для измерения больших токов, A (защищенное плавким предохранителем 10 A). Вставляйте красный вывод мультиметра во входное гнездо mA/ мкA только убедившись, что сила тока меньше максимального номинального тока для входа mA/ мкA (400 mA).

Мультиметр имеет буферное устройство, позволяющее провести мгновенное измерение силы тока, превышающей 10 А. Буферное устройство предназначено для подавления броска тока при начальном включении цепи. Мультиметр может измерять ток до 20 А не дольше 30 с.

Для измерения силы тока выполните следующие операции:

1. Вставьте черный входной конец измерительного вывода мультиметра в гнездо "Com" (общий вход), а красный вывод в гнездо "А" (амперы).
2. Разорвите цепь, вынув плавкий предохранитель или разомкнув переключатель.
3. Присоедините выводы последовательно с цепью, чтобы ток, протекающий через цепь, протекал через мультиметр.
4. Подайте электропитание в цепь.

ВНИМАНИЕ

Если сила тока превысит номинальный ток плавкого предохранителя в мультиметре, произойдет разрыв предохранителя.

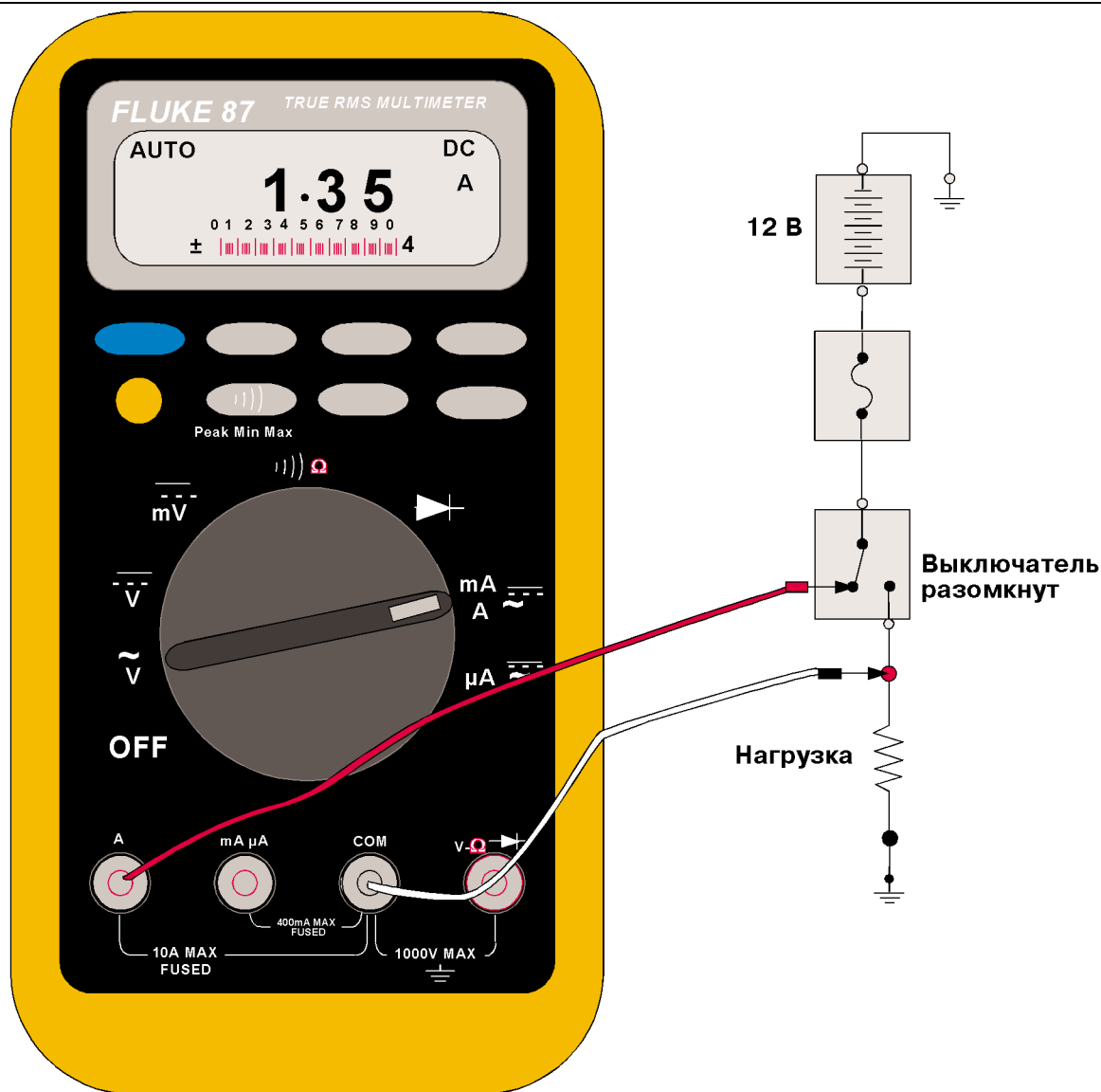


Рис. 53

g01070563

Измерение сопротивления

При использовании мультиметра для измерения сопротивлений перед тем, как начать измерения в цепи, необходимо выключить электропитание цепи и разрядить все конденсаторы. При наличии внешнего напряжения на проверяемом элементе невозможно зарегистрировать результат точного измерения.

Цифровой мультиметр измеряет сопротивление посредством пропускания через внешнюю цепь или элемент цепи известного значения тока. Цифровой мультиметр измеряет при этом соответствующее падение напряжения. Далее мультиметр рассчитывает сопротивление, используя уравнение закона Ома $R = E/I$. Важно помнить, что сопротивление, отображаемое на мультиметре, представляет собой полное сопротивление всех возможных путей протекания тока между двумя выводами мультиметра. Для точного измерения большинства цепей или элементов необходимо изолировать цепь или элемент от других путей протекания тока.

Сопротивление измерительных выводов может повлиять на точность измерений, если мультиметр используется в диапазоне измерения наименьших сопротивлений (400 Ом). Ожидаемая ошибка равна приблизительно от 0,1 до 0,2 Ом для стандартной пары измерительных выводов. Для определения фактической ошибки соедините накоротко друг с другом измерительные выводы и прочитайте показания мультиметра. Используйте режим “REL” (УЧЕТ СОПРОТИВЛЕНИЯ ВЫВОДОВ) мультиметра 9U7330 для автоматического вычитания сопротивления выводов при текущих измерениях.

Для точного измерения сопротивления выполните следующие операции:

1. Убедитесь в том, что выключатель электропитания цепи или элемента находится в положении OFF (ОТКЛЮЧЕНО).
2. Вставьте красный вывод в гнездо с маркировкой Volt/Ohms (вольты/омы), а черный вывод в гнездо с маркировкой “Com” (общий вход).
3. Установите поворотный переключатель в положение Ω .
4. Присоедините выводы мультиметра к концам проверяемого элемента или цепи.

Примечание: Важно не прикасаться пальцами к наконечникам выводов мультиметра при измерении сопротивления. Внутреннее сопротивление тела может повлиять на результат измерения.



Рис. 54

g01070568

Примечание: В цепи, показанной на рисунке 53, источник электропитания изолируется от цепи с помощью выключателя. Выключатель разрывает связь резистора с любыми другими путями протекания тока, которые могли бы повлиять на точность измерения.

i02127672

Напряжение цепи

Код SMCS (Код обслуживания): 1400; 1450

Повреждения цепей

Ниже приводится описание неисправностей последовательных, параллельных и последовательно-параллельных цепей.

Неисправности цепей

Цепь может стать неисправной по разным причинам. Причиной большинства электрических неисправностей являются: обрывы, короткие замыкания, замыкания на землю, чрезмерное сопротивление или пропадающие неисправности.

Обрывы

Обрыв в любой части цепи представляет чрезвычайно большое сопротивление, в результате чего прекращается электрический ток в цепи. Обрыв может быть вызван неисправностью одного из следующих элементов цепи:

- переключателя;
- плавкого предохранителя;
- оборванного провода;
- разъема;
- одного из элементов (нагрузки)

Место обрыва определяется по поведению цепи. В последовательной цепи в результате обрыва любого соединения прекращается электрический ток в цепи. На рисунке 55 показан пример разрыва в последовательной цепи. Выключатель разрывает цепь. Поэтому, когда выключатель разомкнут, перестает протекать ток через две нагрузки.

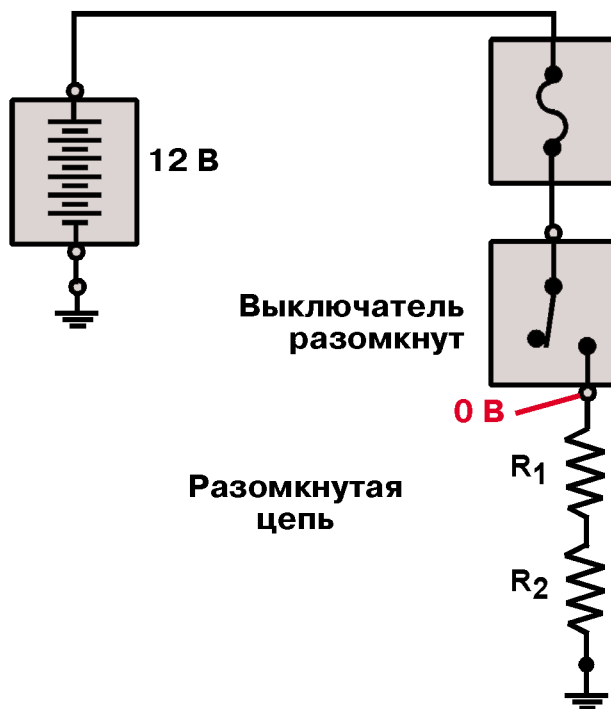


Рис. 55

g01070634

Поиск и устранение неисправности разорванной цепи производится легко с помощью мультиметра при измерении напряжения источника электропитания. Если имеется напряжение источника электропитания в соединении перед выключателем и отсутствует на стороне выключателя, соединяющегося с нагрузкой, то контакты выключателя разомкнуты. Если на стороне выключателя, соединяющегося с нагрузкой, напряжение имеется, может потребоваться продолжить проверку цепи до выявления места разрыва.

В параллельной цепи выявление места обрыва зависит от того, где оно произошло. Если обрыв произошел в основном проводе, то ни одна из нагрузок или составных частей работать не будет. Не будут работать все параллельные ветви. Кроме того, обрыв на пути к заземлению будет проявляться также, как обрыв в основном проводе. Обрыв на пути к заземлению можно рассматривать как обрыв заземления.

Если обрыв происходит в любой ветви за основным проводом, он влияет только на нагрузку, установленную именно в этой ветви. Все остальные нагрузки в других ветвях будут работать нормально. На рисунке 56 представлен пример обрыва в главном проводе и в параллельной ветви.

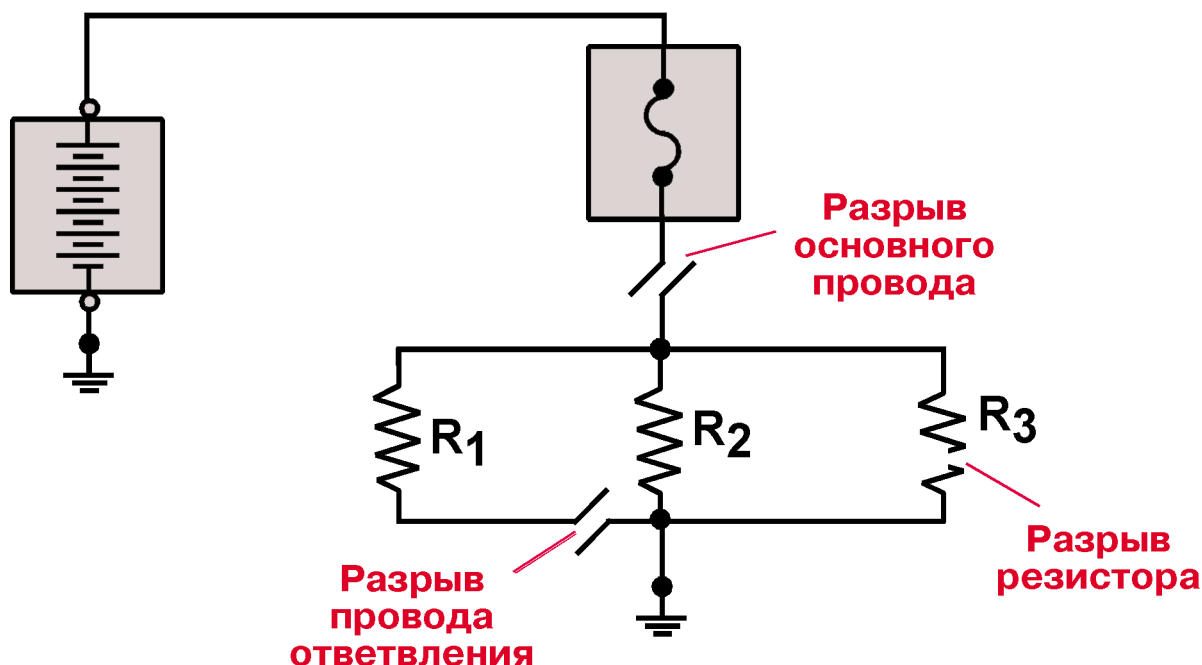


Рис. 56

g01070636

При выявлении или диагностировании обрыва в цепи результатом поиска становится обычно составная часть, переставшая работать или выполнять какую-то функцию. Поскольку большинство цепей защищены различными плавкими предохранителями или устройствами защиты цепей, рекомендуется осматривать плавкие предохранители или устройства защиты. Если при визуальной проверке обрыв не обнаружен, снимите устройство и проверьте его на целостность для того, чтобы убедиться в его работоспособности. Другим наиболее вероятным местом, нуждающимся в проверке, может быть элемент цепи. Используя мультиметр и электрическую схему, определите, есть ли напряжение системы или напряжение источника электропитания. Если напряжение на элементе отсутствует, следующий шаг заключается в определении того, имеются ли на участке цепи какие-то другие электрические устройства типа переключателей или разъемов. Удалите такие устройства, начиная с ближайшего, и продолжайте проверку в сторону источника напряжения.

Короткие замыкания

Короткое замыкание в цепи представляет собой непосредственное электрическое соединение между двумя точками цепи. Обычно оно имеет очень малое сопротивление или противодействует протеканию тока. Короткое замыкание в цепи часто представляет собой нежелательное или неправильное электрическое соединение. В результате может потребляться ток, превышающий ожидаемую силу тока. При описании неисправности, вызванной электрическими короткими замыканиями, обычно определяют тип коротких замыканий, как короткое замыкание на землю или короткое замыкание на шину питания.

Короткое замыкание на землю происходит, если электрический ток уходит на заземление до заданного места заземления. Это происходит обычно при нарушении изоляции провода и провод входит в контакт с заземлением машины. Влияние короткого замыкания на землю зависит от устройства цепи и от места относительно других элементов цепи (защитных устройств, переключателей и нагрузок).

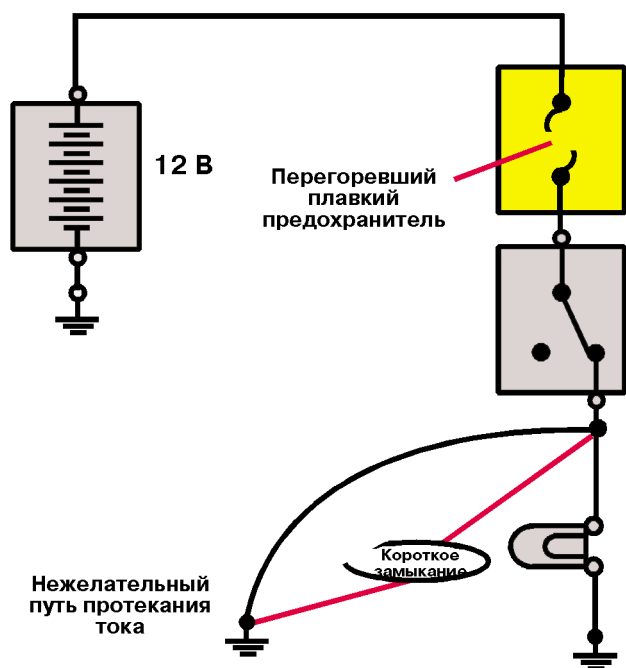


Рис. 57

g01070638

На рисунке 57 показан пример короткого замыкания, произошедшего после защитного устройства и выключателя, но перед нагрузкой цепи (лампой). В этом примере путь к заземлению с низким сопротивлением возник при включенном выключателе при наличии напряжения источника электропитания. В результате возникшего нежелательного пути протекания тока перегорает предохранитель при включенном выключателе.

На рисунке 58 показан пример короткого замыкания на землю, произошедший перед выключателем. Такое короткое замыкание часто называют глухим коротким замыканием. В этом случае плавкий предохранитель перегорает во всех случаях при подаче напряжения к цепи.

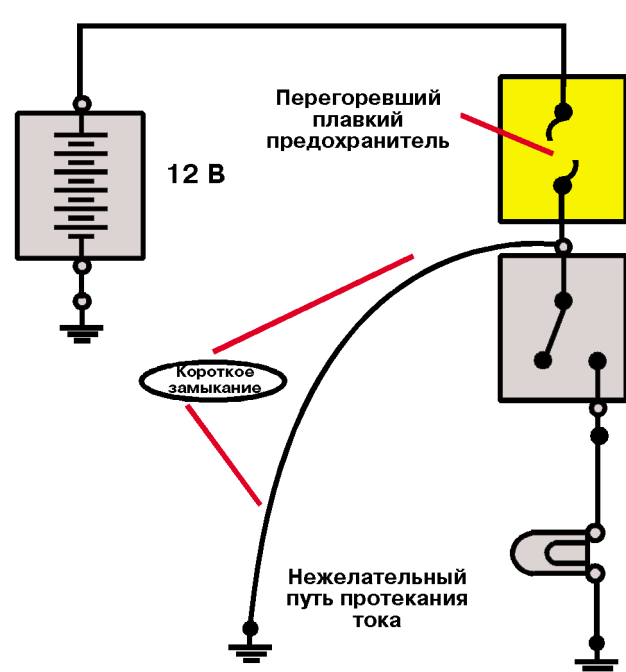


Рис. 58

g01070640

Короткое замыкание на шину питания происходит, когда одна цепь замыкается накоротко на другую цепь. Признаки короткого замыкания на шину питания зависят от места короткого замыкания. В результате возникших условий обычно одна или обе цепи перестают работать должным образом. Например, может происходить подача электропитания на элемент, которая не должна происходить. Основной причиной такой неисправности может стать поврежденная электропроводка. Кроме того, в этих условиях редко срабатывают защитные устройства или наносится повреждение другим элементам.

На рисунке 59 приведен пример короткого замыкания на шину питания, возникшего перед управляющими устройствами (выключателями). В возникших условиях оба переключателя могут управлять обеими нагрузками.

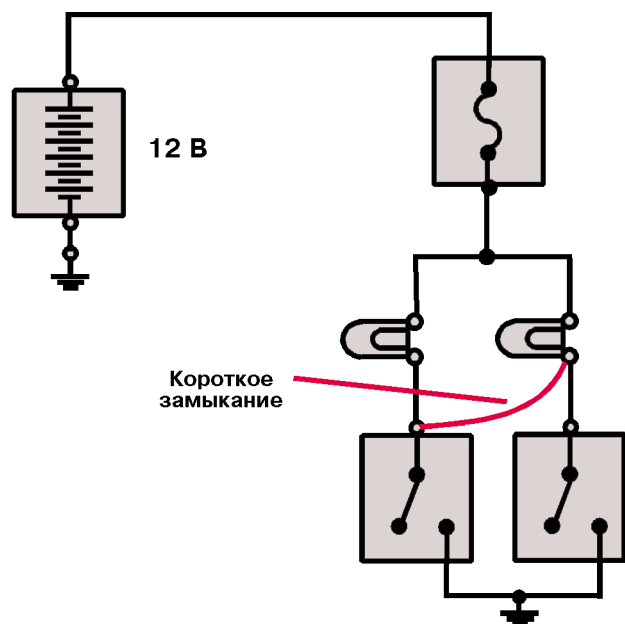


Рис. 59

g01070643

На рисунке 60 приведен пример короткого замыкания на шину питания, возникшего после нагрузки в одной ветви и перед нагрузкой в другой ветви. В этом случае при включении выключателя, управляющего цепью № 2, лампа загорается, но при включении выключателя, управляющего цепью № 1, происходит прямое короткое замыкание на землю, в результате чего перегорает плавкий предохранитель.

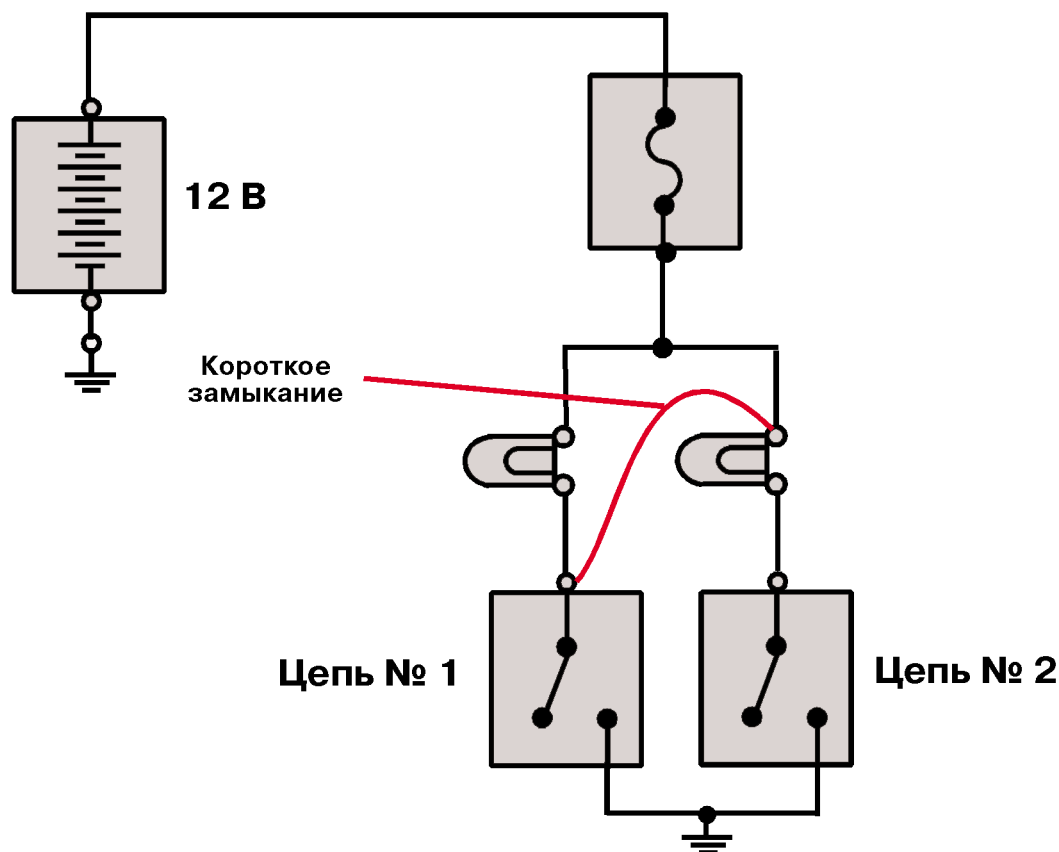


Рис. 60

g01070646

Замыкания на землю

В результате заземления цепи обычно перестает работать соответствующий элемент цепи. При заземлении возникает нежелательный путь протекания тока на раму машины. Характер влияния на цепь зависит от места заземления.

Чрезмерное сопротивление

Неисправности цепей возникают также при резком увеличении сопротивления. Результат воздействия на цепь может проявиться отказом элемента или отклонением его характеристик от заданных техническими условиями. Причиной повышенного сопротивления может стать коррозия в соединениях или грязь на соединениях или контактах.

Пропадающая неисправность

Пропадающая неисправность возникает при ослаблении контактов или соединений или при внутренней поломке деталей составной части. В результате таких неисправностей может происходить мигание осветительных приборов или хаотичная смена исправного и неисправного состояния составных частей. Такая неисправность возникает обычно при вибрации или движении машины. Такие неисправности трудно поддаются диагностике, поскольку причина неисправности может исчезать самопроизвольно при остановке машины.

Электрические элементы и обозначения

i02127674

Основные составные части электрических цепей

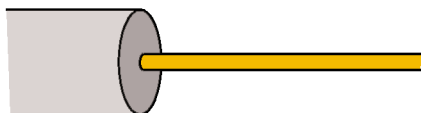
Код SMCS (Код обслуживания): 1400; 1450

Краткие сведения об основных составных частях электрических цепей

В электрических цепях используются составные части, или элементы, разного типа.

Провода

Провод
с монолитной
жилкой
(жесткий)



Провод
с многопро-
волочной
жилкой
(гибкий)

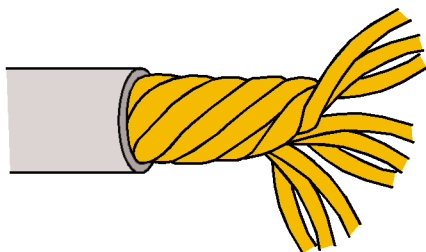


Рис. 61

g01072288

Провода служат проводниками в электрических цепях. Провода могут называться также выводами. В основном используются гибкие многопроволочные провода. Гибкие провода изготавливаются из нескольких проводов меньшего диаметра, свитых вместе, и покрытых общей изолирующей оболочкой.

На машинах компании Caterpillar могут использоваться следующие провода:

- Наиболее широко используются медные провода. Медные провода обычно многопроволочные.
- Плавкие перемычки, используемые для защиты цепей, изготавливаются из провода с меньшим сечением, чем провода защищаемой цепи.

- Витой/экранированный провод представляет собой пару проводов небольшого сечения, защищенных от воздействия радиочастотных и электромагнитных помех. Такой провод используется для передачи сигналов компьютеризованных устройств.

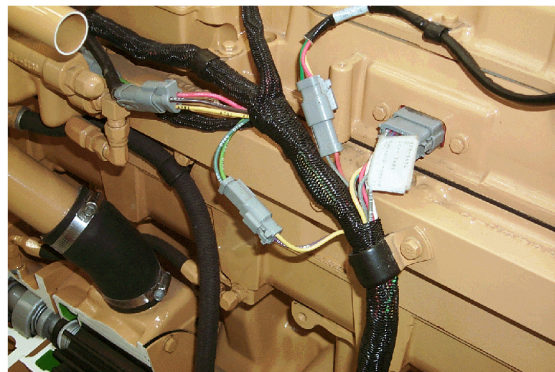


Рис. 62

g01072291

Многие провода связываются вместе в одну группу с одним или несколькими общими разъемами на концах. Такие группы проводов называют жгутами проводов. Жгут проводов может содержать в себе провода от различных цепей и систем. Примером может служить жгут проводов, присоединяемый к переключателю фар. На переключателе фар имеются провода для следующих осветительных приборов: стояночных фонарей, задних фонарей, фар дальнего света и фар ближнего света.

Некоторые жгуты проводов закрываются пластиковой оболочкой. Эти оболочки имеют продольный разрез, облегчающий доступ к проводам жгута. Другие жгуты проводов обертываются лентой. Жгуты проводов крепятся к машине с помощью фиксаторов (пластиковых) или скоб (металлических).

На электрических схемах компании Caterpillar указаны места прокладки жгутов проводов для облегчения поиска конкретного жгута проводов на машине. Об особенностях электрических схем компании Caterpillar будет сказано далее в настоящем курсе.

Сечение провода

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОВОДНИКОВ

Номер по Американской системе обозначения проводников (AWG)	Диаметр, 1/1000 дюйма	Удельное сопротивление, Ом/1000 футов
10	102.9	0.9989
12	80.8	1.588
14	64.1	2.526
16	50.8	4.016
18	40.3	6.385
20	32.0	10.15
22	25.4	16.14
30	10.0	103.2
40	3.10	1049.0

Рис. 63

g01072292

Для электрических и электронных цепей выбираются проводники определенного сечения и длины, обеспечивающие необходимые пути протекания тока. Размер провода определяет его пропускную способность для токов. Толщину провода можно характеризовать двумя разными способами. Американская система обозначения проводников (AWG) дает простой способ калибровки толщины провода. Толщина провода может быть охарактеризована также в метрической системе.

При ремонте электропроводки машины или ее замене следует использовать провода необходимой толщины и длины. На рисунке 63 представлены типичные сопротивления для проводов разной толщины.

Пользуясь американским сортаментом проводов, помните, что меньший калибр соответствует большей толщине провода, а провод меньшей толщины обозначается большим номером. В метрической системе провода стандартизованы по диаметру, приведенному в мм, так что больший размер провода соответствует проводу большего сечения.

Пайка

Электрическое соединение, выполняемое обжатием соединяемых проводов, может оказаться недостаточным или стать неисправным. При пайке образуется жесткое и надежное электрическое соединение.

Процесс пайки зависит от свойств расплавленного припоя, который проникает во все щели между спаиваемыми металлическими поверхностями. Когда два кусочка металла припаиваются друг к другу, тонкая пленка припоя проникает между металлическими поверхностями, образуя электрическое соединение.

Припой представляет собой сплав олова и свинца. Припой содержит обычно флюс для припоя. Флюс для припоя используется для предотвращения окисления в процессе пайки. Флюс также уменьшает поверхностное натяжение расплавленного припоя. За счет этого расплавленный припой легче растекается и обволакивает поверхность. В качестве флюса при ремонте электропроводки чаще всего используется канифоль. Канифоль не оказывает коррозионного воздействия, в меру не токсична и легко плавится при нагревании. При ремонте электропроводки электронных устройств следует пользоваться только припоем с канифольным сердечником. Запрещается использовать припой с кислотным флюсом или другие припои, содержащие агрессивный флюс. Такой флюс может быстро нарушить способность соединения проводить электрический ток.

Во время пайки соблюдайте следующие рекомендации:

- Паяльник используется для нагревания контакта или клеммы. При этом будет происходить передача тепла за счет теплопроводности к проводу, который станет достаточно горячим, чтобы расплавить припой. Не нагревайте непосредственно припой.
- Следите, чтобы припой заполнял поверхности между проводом и контактом или клеммой, не попадая на изолятор.
- При пайке клеммы следите, чтобы припой покрывал оголенный провод и всю клемму.
- Если вы оплавляете контакт, следите за тем, чтобы припой покрывал провод. Следите также, чтобы припой не выступал над проводом. При ремонте провода полезно наклонить конец провода, входящий в контакт, чтобы предотвратить втекание припоя в контакт.
- Не наносите слишком много припоя, когда перестают быть видны отдельные жилы провода.
- Не допускайте перегрева паяльником контакта или изолятора.

- Не оставляйте острых кромок припоя. Острые кромки могут проколоть изоляцию, используемую для изоляции места ремонта.
- Не допускайте выступания отдельных жил с места ремонта. Не допускайте также выступания отдельных жил провода над изолятором.
- Не оплавляйте провода в цепи под током. Всегда предварительно отключайте электропитание от провода и только тогда приступайте к ремонту.

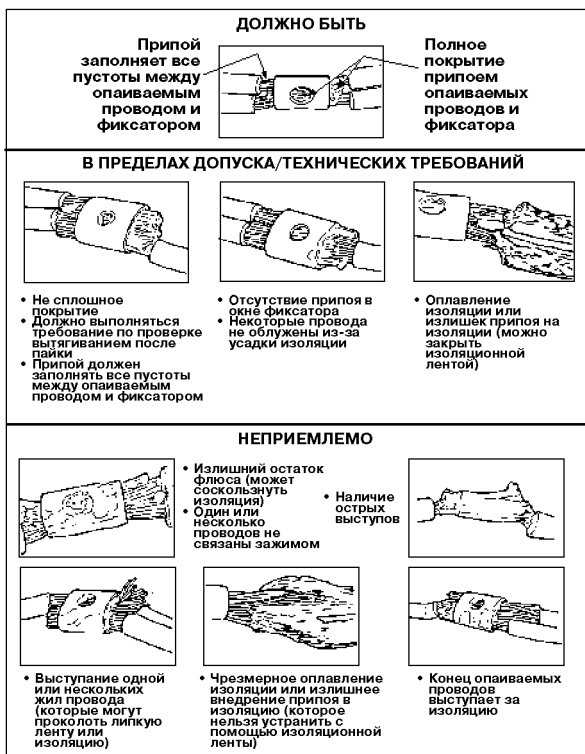


Рис. 64

g01072293

Инструменты для пайки и подготовка

Инструмент

Для ремонта проводов и соединений рекомендуется использовать следующие инструменты. Они же используются при пайке проводов и соединений:

- Диагональные клещи, называемые обычно кусачками, используемые для отрезания мягкого провода и выводов элементов. Кусачки не должны использоваться для резки твердых металлов, таких как железо или сталь.
- Длинноносые плоскогубцы или круглогубцы, используемые для удержания провода во время скручивания оголенного конца вокруг контакта или вставки его в гнездо контакта.
- Инструмент для снятия изоляции с провода. Используются инструменты разного типа. Это могут быть простые кусачки, но могут использоваться автоматические устройства для съема изоляции, которые могут обрабатывать провода разного диаметра.
- Паяльник - стандартный инструмент, используемый в технике для соединения проводов пайкой. Паяльники классифицируются по мощности потребления. Поэтому паяльники непосредственно разделяются по тепловой мощности, которую они развивают. Наиболее распространены паяльники мощностью 100 или 125 Вт. Мощность паяльника следует подбирать в зависимости от типа выполняемой работы.
- Для предотвращения перегрева во время пайки используются теплоотводы. Теплоотводы используются для предотвращения отпайки электронных элементов, чувствительных к перегреву. Теплоотвод представляет собой зажим, прикрепляемый к выводу между корпусом элемента и местом контакта, к которому подводится тепло. Теплоотвод поглощает тепло. Теплоотвод уменьшает количество тепла, переносимое элементом.
- После того, как выводы элемента будут выведены из гнезд, где они находились, следует использовать инструменты для отпайки и очистки от припоя распаянных гнезд в платах (например в материнской плате компьютера). Перед установкой контактных выводов нового элемента эти гнезда должны быть очищены от припоя.

Подготовка провода

Два или больше проводов, которые обеспечивают путь протекания электрического тока, должны быть соединены с обеспечением электрического контакта. Это означает, что неизолированная поверхность одного провода должна быть механически присоединена к неизолированной поверхности другого провода. Для обеспечения надежности или предотвращения коррозии соединения провода должны быть спаяны в месте соединения.

Перед соединением и пайкой проводов их необходимо подготовить надлежащим образом. Подготовка включает удаление изоляции с концов провода, подготовку контактных концов, которые могут быть присоединены друг к другу или к выводу источника питания или к контакту разъема.

Удалив изоляцию, проверьте нет ли на проводе надразов, срезов или цветов побежалости. Если провода имеют хорошую поверхность без надразов или повреждений, дальнейшая подготовка не требуется. Если поверхность провода тусклая, темная на вид, провод следует очистить перед припаиванием.

Последней операцией перед припаиванием провода является его облуживание. При использовании многопроволочных проводов они должны быть скручены и уложены на наконечник нагретого паяльного устройства. Нагрейте провод настолько, чтобы от провода расплавился припой.

Механические соединения

Наиболее распространенными соединителями являются контактные стойки, контактные выводы и соединения внахлестку. На рисунке 65 показано соединение на контактной стойке. Провод должен быть прикреплен к стойке на три четверти оборота. Не накручивайте провод вокруг стойки несколько раз. Это неэффективно и может вызвать затруднения, если потребуется распайка соединения.

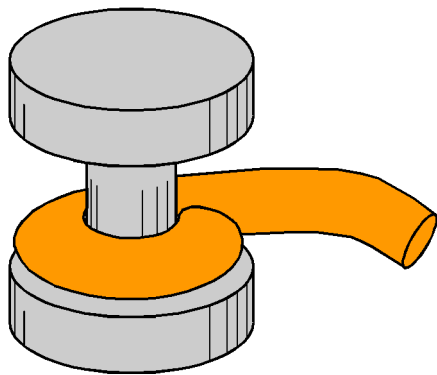


Рис. 65

g01072294

На рисунке 66 показан типичный пример соединения к контактному выводу. Скрутите провод в форме крючка. Затем вставьте крючок в отверстие контактного вывода.

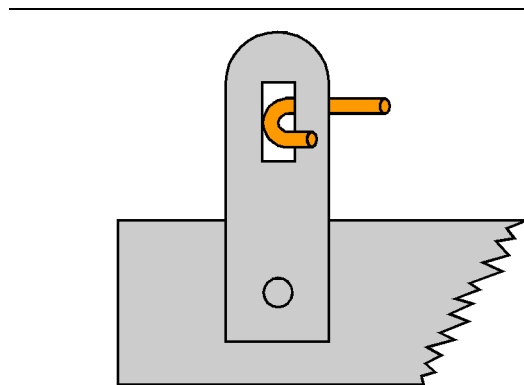


Рис. 66

g01072295

Если предполагается соединить два провода внахлестку, рекомендуется скрутить конец каждого провода в форме крючка. Соедините оба крючка и нанесите припой на место соединения. Нет необходимости скручивать провода вместе перед припаиванием. На рисунке 67 показан пример соединения внахлестку крючков.

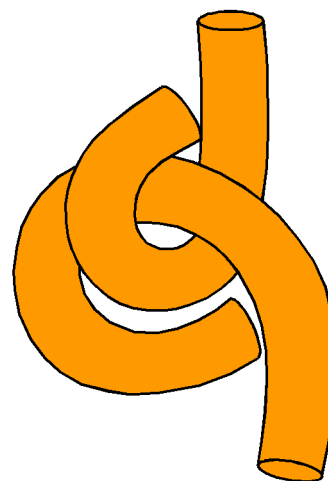


Рис. 67

g01072298

При присоединении чувствительного к перегреву элемента к клеммной стойке или к контактному выводу рекомендуется использовать теплоотводящее устройство. На рисунке 68 показан теплоотвод, присоединенный между диодом и контактной стойкой. Теплоотвод работает как тепловая нагрузка, уменьшающая передачу тепла к диоду.

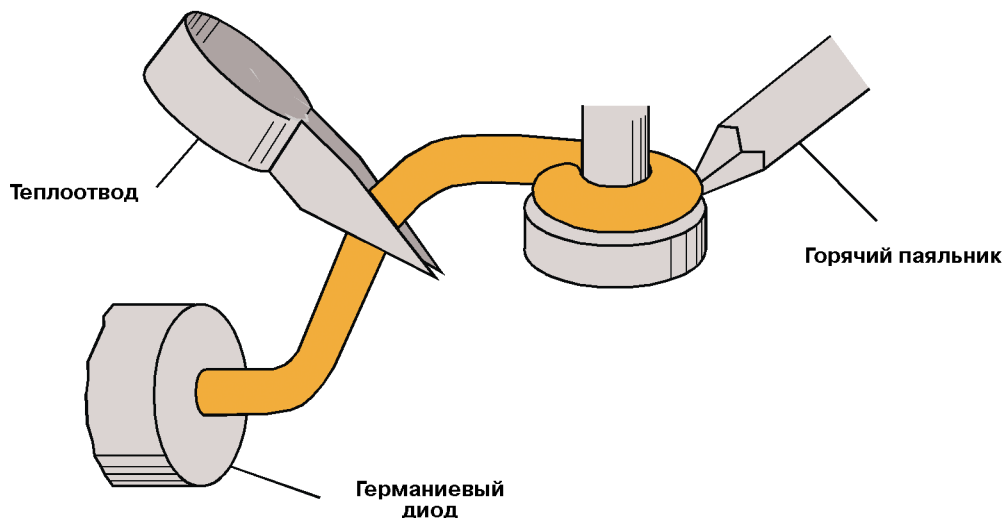


Рис. 68

g01072299

Меры предосторожности

Паяльный пистолет или паяльник нагревается до температуры, достаточной для причинения серьезных ожогов. Соблюдайте следующие меры предосторожности:

1. Не допускайте разбрызгивания припоя, встряхивая горячий паяльный пистолет, паяльник или не остывшее припаянное соединение.
2. Всегда берите паяльный пистолет или паяльник за изолированную ручку. Не касайтесь оголенной металлической части.
3. Не кладите и не допускайте соприкосновения металлической части паяльного пистолета или паяльника с горючими материалами. Неиспользуемый паяльник должен всегда лежать на паяльной подставке.

Полезные советы

Хороший техник должен уметь хорошо паять. Паяные соединения должны быть механически прочными и должны выдерживать вибрацию. Слабые соединения могут стать причиной различных неисправностей. Паяные электрические контакты должны иметь малое сопротивление, обеспечивая хорошую передачу сигналов.

Ниже перечислены основные правила надежной пайки:

1. Наконечник паяльника должен быть облуженным и чистым.
2. Перед соединением металлические поверхности должны очищаться.
3. Удерживайте по возможности соединение механически.
4. Большие спаиваемые поверхности следует предварительно облуживать перед пайкой.
5. Прикладывайте припой к соединению, а не к паяльному пистолету или к наконечнику паяльника. Припой должен свободно растекаться с образованием блестящей гладкой поверхности.

6. Используйте только достаточное для создания жесткого соединения количество припоя.
7. При использовании дополнительного флюса наносите его на соединение. При пайке электрических соединений допускается использовать только канифолевый флюс.
8. Паяйте быстро, не допуская подгорания или перегрева элементов или изоляции.
9. Используйте припой с канифолевым сердечником или эквивалентный способ. Запрещается использовать припой с кислотным сердечником при пайке электрических соединений.

С расширением применения электронных систем на машинах компании Caterpillar, обслуживание разъемов стало одной из важнейших задач. Широкое применение электронных систем повлекло необходимость расширения ухода за электропроводкой, разъемами, штыревыми и розеточными контактами. Другим важным фактором, влияющим на расширение работ по ремонту, являются жесткие условия, в которых работают разъемы. Разъемы должны оставаться работоспособными в следующих чрезвычайных условиях: повышенная температура, низкая температура, грязь, пыль, повышенная влажность и наличие химических воздействий.

Электрические разъемы



Рис. 69

g01072301

Электрический разъем, или просто разъем, предназначен для передачи тока от одного провода к другому. Для выполнения этой задачи разъем должен состоять из сопрягаемых половин (вилки и розетки). В одной части размещен штыревой контакт, а в другой розетка. При соединении двух половин через них может протекать ток.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ РАЗЪЕМЫ

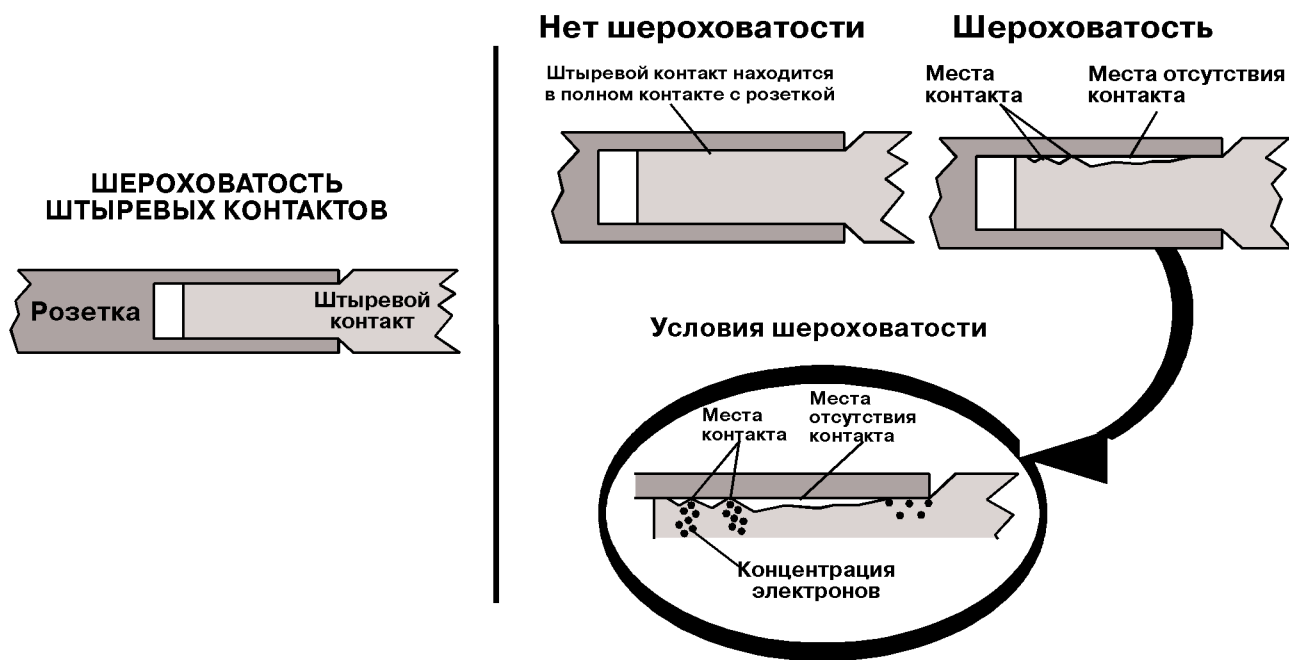


Рис. 70

g01072303

Штыревые контакты и розетки обладают сопротивлением и оказывают противодействие протеканию тока. Поскольку поверхность штыревых контактов и розеток не идеально гладкая (имеет выступы и углубления), ей присуща шероховатость (грубость поверхности). При соединении сопрягаемых, или ответных половин приблизительно фактически лишь один процент ответных поверхностей соприкасаются друг с другом.

Электроны вытесняются к контактирующим выступам, создавая сопротивление между контактирующими половинами разъема. Хотя этот процесс, как представляется, не оказывает значительного влияния на работу устройств электронного управления, тем не менее повышенное сопротивление через разъем может вносить неисправность в работу электронных средств управления.

Покрытие

Для достижения минимального сопротивления в штыревых и розеточных контактах необходимо учитывать степень обработки, давление и тип металла в конструкции штыревых и розеточных контактов. Луженый слой достаточно мягкий и может стираться, но он имеет достаточно большое удельное сопротивление. Медь обладает малым удельным сопротивлением, но она твердая. Поэтому для достижения минимального сопротивления и уменьшения шероховатости медные контакты, имеющие малое сопротивление, часто лудят.

Луженые слои штыревых и розеточных контактов притираются. При стыковке штыревых и розеточных контактов они притираются друг к другу. При этом штыревые и розеточные контакты сглаживают выступы и углубления, создающие шероховатость. Золото и серебро являются наилучшими материалами для покрытий, но они слишком дороги в применении.

Загрязнения

Загрязнение является одним из факторов, повышающих сопротивление контактов. Условия повышенного загрязнения окружающей среды химическими реагентами могут стать причиной возникновения неисправностей из-за увеличения сопротивления.

Примечание: Разъемы могут усложнять условия диагностики. Может потребоваться измерение сопротивления между ответными частями разъема при диагностике неисправных электронных средств управления. Кроме того, разъединение и повторное соединение разъемов при диагностике может привести к ложной диагностической информации. Осторожно обращайтесь с кабельными разъемами при диагностике неисправностей пропадающего характера в электрических цепях.

Типы разъемов

В электрической и электронных системах машин компании Caterpillar могут использоваться разъемы разного типа. Каждый тип разъема может отличаться по способу обслуживания и ремонта.

Будут подробно обсуждаться следующие типы разъемов.

- Разъемы для землеройных машин, спроектированные с учетом требований по охране окружающей среды (разъемы VE)
- Разъемы Sure-Seal
- Разъемы типа Deutsch HD10 DT CE и серии DRC

Разъемы типа VE



Рис. 71

g01072305

Разъем типа VE использовался в основном на электрических жгутах проводов прежних машин компании Caterpillar, где требовались такие качества, как стойкость к повышенным температурам, большое количество контактов или повышенная токовая нагрузка.

Разъем требует использования специального металлического разборного приспособления для извлечения контактов, который может повредить фиксирующий механизм разъема, если приспособление было повернуто при съеме стопорного фиксатора.

Примечание: Не используйте металлические разборные приспособления, перечисленные в Руководстве SEHS8038, для электрических разъемов другого типа.

После обжатия провода в контакте рекомендуется его опаять, чтобы обеспечить надежный электрический контакт. Для любого электрического соединения используйте припой только с канифольевым сердечником.

Конкретные сведения по установке контактов разъема типа VE (штыревых и розеточных контактов) содержатся в Специальной инструкции - Применение приспособления для разъемов типа VE, SEHS8038.

Разъемы типа VE больше не используются в современных изделиях, но такие разъемы могут все еще встречаться при обслуживании разъемов техниками в полевых условиях и в мастерских.

Разъемы типа Sure-Seal



Рис. 72

g01072308

Разъемы типа Sure-Seal широко применяются на машинах компании Caterpillar. Корпуса разъемов имеют конструкцию, обеспечивающую точное сопряжение ответных частей. Вместо применения направляющих пазов или канавок, корпуса разъемов изготовлены таким образом, что не допускают неверного соединения ответных частей.

Разъемы типа Sure-Seal ограничены по числу контактов (не более 10 штыревых и розеточных контактов).

Примечание: Каталожные номера запасных корпусов для вилочной и розеточной частей разъема, а также контактов приведены в Специальной инструкции - Применение ремонтного комплекта 6V3000 для разъемов Sure-Seal, SMHS7531.

Используйте специальное приспособление 6V3001 для обжатия контактов и снятия изоляции с проводов.

Разъемы типа Sure-Seal требуют использования специального приспособления 6V3008 для установки контактов. Используйте денатурированный спирт в качестве смазки при установке контактов. Для снятия контактов не требуется специального приспособления.

Все отверстия в корпусах, не используемые для контактов, должны герметизироваться с помощью герметизирующей пробки 9G-3695. Герметизирующая пробка поможет предотвратить проникание влаги в корпус разъема.

Разъемы Deutsch для тяжелого режима эксплуатации серии HD10



Рис. 73

g01072309

Разъем HD10 представляет собой термопластичный цилиндрический разъем, в котором используются быстро и легко съемные контакты обжимного типа. В термопластичных корпусах, предлагаемых в резьбовом и безрезьбовом исполнении, используется вставная арматура с 3, 5, 6 и 9 контактами. Используются контакты 16 калибра, в которые вставляются провода 14, 16 и 18 калибра по американскому сортаменту проводов.

В разьеме HD10 используются обжимные, твердые контакты из медного сплава (16 калибра), которые способны выдерживать продолжительную повышенную токовую нагрузку без перегрева. Для обжима контактов используется обжимное приспособление Deutsch и приспособление для съема провода 1U-5805.

По окончании надлежащего обжима контактов разъем Deutsch не требует опайки.

Порядок подготовки провода и обжима контакта, одинаковый для всех разъемов Deutsch, приведен в Специальной инструкции - Обслуживание разъемов DT, SEHS9615. Порядок разборки отличается в зависимости от разъема и поясняется в соответствующем подразделе.

Разъемы Deutsch серии (DT) для транспортных машин



Рис. 74

g01072432

Разъем типа DT представляет собой термопластичный корпус, в котором используются быстро и легко съемные контакты обжимного типа. Эти разъемы не требуют специальных приспособлений. Предлагаются термопластичные корпуса, предназначенные для использования со вставной арматурой на 2, 3, 4, 6, 8 и 12 контактов. Используются контакты 16 калибра, в которые вставляются провода 14, 16 и 18 калибра по американскому сортаменту проводов.

В разьеме DT используются обжимные, твердые контакты из медного сплава (16 калибра) или штампованные и отформованные контакты (более дешевые), которые способны выдерживать без перегрева продолжительную повышенную токовую нагрузку. Для обжима контактов используется обжимное приспособление Deutsch компании Caterpillar, каталожный номер 1U5804.

Разъем DT отличается от других разъемов Deutsch как по внешнему виду, так и по конструкции. Разъемы DT имеют прямоугольную или треугольную форму и содержат держатель штыревых или розеточных контактов и силиконовые уплотнения.

Для очистки контактов всех разъемов типа Deutsch рекомендуется использовать денатурированный спирт.

Примечание: Более подробные сведения по обслуживанию разъемов DT смотрите в Специальной инструкции - Обслуживание разъемов DT, SEHS9615.

Разъемы компании Caterpillar, спроектированные с учетом требований по охране окружающей среды (разъемы SE)

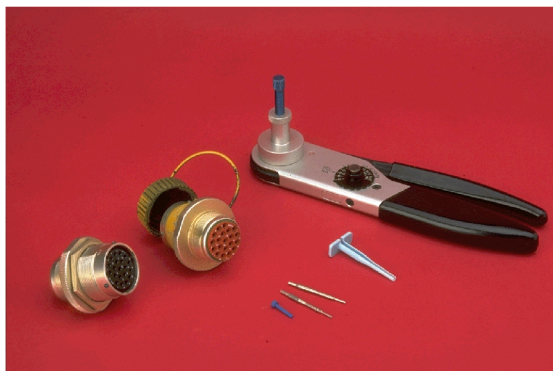


Рис. 75

g01072310

Разъем SE предназначен для специального применения. Разъем серии SE может содержать от 7 до 37 контактов. Разъем с 37-контактами используется в различных электронных блоках управления.

Для разъемов SE используются два разных обжимных приспособления. Для контактов калибра с 4 по 10 используется ручное обжимное приспособление 4C4075, а для контактов калибра с 12 по 18 используется приспособление 1U5804, применяемое для разъемов серии HD и DT.

Примечание: Более подробные сведения по обслуживанию разъемов SE смотрите в Специальной инструкции - Использование приспособлений разъемов SE/VE, SEHS9065.

Прямоугольный разъем Deutsch (DRC)

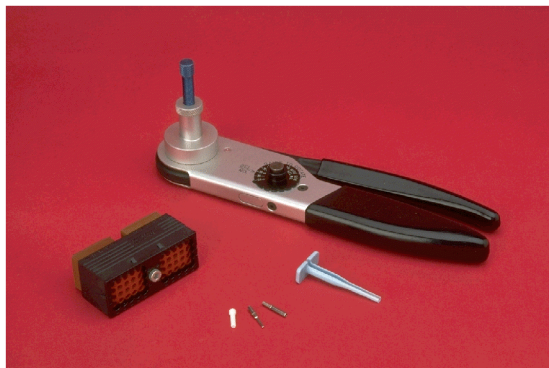


Рис. 76

g01072311

Разъем DRC отличается прямоугольным термопластичным корпусом. Разъем DRC полностью герметизирован для защиты от влияния окружающей среды. Разъем DRC представляет собой наилучший выбор для электронных блоков управления наружной и внутренней установки.

Разъем разработан с учетом установки большого количества контактов. Предлагается вставная арматура на 24, 40 и 70 контактов. Используются контакты 16 калибра, в которые вставляются провода 16 и 18 калибра по американскому сортаменту проводов.

В разьеме используются обжимные, твердые контакты из медного сплава (16 калибра) или штампованные и отформованные контакты (более дешевые), которые способны выдерживать без перегрева продолжительную повышенную токовую нагрузку. Для обжима контактов используется обжимное приспособление Deutsch и приспособление для съема провода 1U-5805.

Разъем содержит ориентирующий ключ и надежно фиксируется винтовым стопором из нержавеющей стали. Для взаимного соединения ответных частей разъема используется ключ 4 мм (5/32 дюйма) "HEX". Рекомендуемый момент затяжки винтового стопора равен 25 фунто-дюймов.

Примечание: Для разъемов DRC используется тот же порядок установки и снятия, что и для разъемов серии HD10.

Переключатели



Рис. 77

g01072313

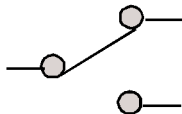
Переключатели представляют собой устройства, предназначенные для обеспечения или прерывания пути протекания тока. Переключатели устанавливаются между двумя проводниками (проводами).

Наиболее распространенные переключатели, устанавливаемые на машинах компании Caterpillar, перечислены ниже:

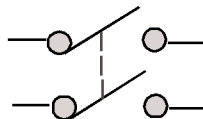
- Однополюсный переключатель на одно направление (выключатель) (SPST)
- Однополюсный на два направления (SPDT)
- Двухполюсный на одно направление (выключатель) (DPST)
- Двухполюсный на два направления (DPDT)



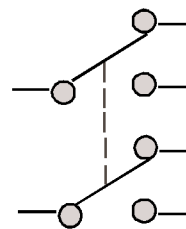
Однополюсный переключатель на одно направление (выключатель)



Однополюсный переключатель на два направления



Двухполюсный переключатель на одно направление (выключатель)



Двухполюсный переключатель на два направления

Рис. 78

g01072314

Существует много способов приведения в действие переключателей. Переключатели, показанные выше, приводятся в действие механически, перемещением ручки выключателя или тумблера. Иногда переключатели связывают таким образом, что переключатели всегда одновременно отключены или включены. На схемах эта связь указывается пунктирной линией.

Другие контактные переключатели механического действия - это концевые выключатели и пороговые датчики давления. Контакты переключателя замыкаются или размыкаются от внешнего воздействия. Пороговый выключатель может приводиться в действие, например от давления.

Некоторые из наиболее распространенных переключателей, устанавливаемых на машинах компании Caterpillar, перечислены ниже:

- Тумблерный
- Кнопочный
- Замковый пусковой
- Поворотный
- Пороговый датчик давления
- Концевой
- Роковый
- Магнитный контактный датчик
- Прерывательный

Одни переключатели могут быть сложнее, чем другие. На машинах компании Caterpillar используются магнитные контактные датчики для измерения сигналов частоты вращения. Электронные переключатели компании Caterpillar содержат внутренние электронные элементы, такие как транзисторы, для дистанционного включения и выключения сигналов.

Примером более сложного переключателя, применяемого на машинах компании Caterpillar, может служить пусковой замковый переключатель двигателя. На рисунке 79 показана внутренняя схема "замкового пускового переключателя двигателя". Переключатель такого типа имеет следующие положения для управления вспомогательного оборудования "ACC", рабочее положение "RUN", положение пуска "START" и положение отключено "OFF". С помощью переключателя такого типа можно управлять другими устройствами. Кроме того, замковый пусковой переключатель может одновременно распределять электропитание между несколькими устройствами.

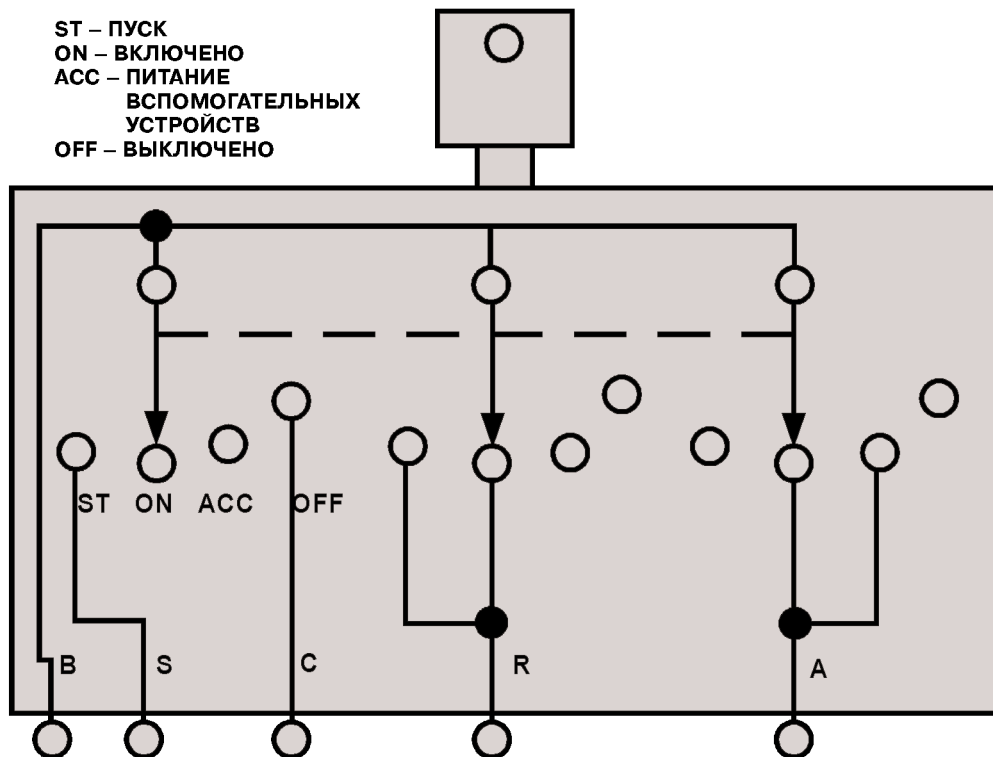


Рис. 79

g01072316

Устройства защиты цепей

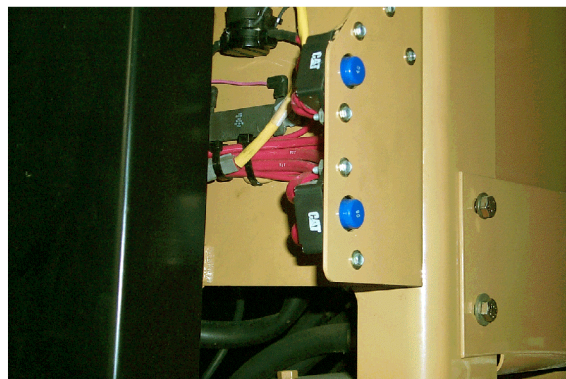


Рис. 80

g01072317

Плавкие предохранители, плавкие перемычки и автоматы защиты являются устройствами защиты цепей. При протекании излишнего тока в цепи выделяется тепло. Именно под действием тепла, а не тока размыкается устройство защиты цепи до момента повреждения электропроводки. В результате происходит действие, аналогичное установке выключателя в положение “ОТКЛЮЧЕНО”.

Примечание: Устройства защиты цепи предназначены для защиты электропроводки, а также компонентов оборудования.

Плавкие предохранители и автоматы защиты могут помочь при диагностике неисправностей цепей. Если устройство защиты цепи периодически размыкается, это является признаком серьезной неисправности электрической системы, которая требует ремонта.

Плавкие предохранители



Рис. 81

g01072319

Плавкие предохранители являются наиболее распространенными устройствами защиты цепей. Плавкий предохранитель изготавливается из тонкой металлической полоски или провода, установленного внутри стеклянного или пластикового держателя. Если ток в цепи превысит номинальный ток плавкого предохранителя, металл расплавится и цепь разомкнется. Плавкий предохранитель подлежит замене после перегорания.

Номинальным током плавкого предохранителя является значение тока, который выдерживает плавкий предохранитель перед размыканием. Пластиковые держатели плавких предохранителей отличаются цветом для обозначения номинального тока плавкого предохранителя. Номинальный ток плавкого предохранителя указан также на верхнем торце плавкого предохранителя.

Плавкая перемычка (не показана) представляет короткий кусок изолированного провода, сечение которого меньше сечения защищаемого провода в цепи. При излишнем токе провод перемычки плавится. Подобно плавким предохранителям плавкие перемычки подлежат замене после их перегорания.

Вы можете проверить, перегорела ли плавкая перемычка, потянув ее за концы. Если она растягивается как резиновая лента, это указывает, что провод ее расплавился и перемычка стала негодной. Изоляция плавкой перемычки толще изоляции обычных проводов. Она делается толще для того, чтобы удерживать расплавленный металл после перегорания.

Примечание: При замене плавкой перемычки устанавливайте новую перемычку длиной не более 225 мм (9 дюймов).

Автоматы защиты



**Нормальное
состояние**



**Разомкнутое
состояние**

Рис. 82

g01072321

Автомат защиты, или прерыватель цепи, подобен плавкому предохранителю. Под действием большого тока он отключается. При этом цепь размыкается. Автомат можно установить в исходное состояние вручную после того, как восстановятся условия протекания нормального тока.

Некоторые автоматы защиты возвращаются в исходное состояние автоматически. Такие автоматы защиты называются самовосстанавливающимися автоматами защиты. Автоматы защиты встроены в некоторые устройства компании Caterpillar.

Имеются также несамовосстанавливающиеся автоматы защиты. Автомат защиты такого типа работает от нагретого элемента, который размыкает контакты, тем самым разрывая цепь.

Самовосстанавливающийся автомат защиты содержит биметаллическую пластинку. При токе, превышающем ток настройки автомата защиты, пластинки из разных металлов расширяются неодинаково. Пластинка изгибается и набор контактов размыкается, прерывая протекание тока. После остывания металлов пластинка возвращается в прежнее положение. При этом контакты замыкаются. Восстанавливается протекание тока. Автоматически возвращающиеся в исходное состояние автоматы защиты также называются самовосстанавливающимися. Автомат защиты циклирует из разомкнутого состояния в замкнутое, пока не восстановится нормальный уровень тока.

Отдельный тип автоматов защиты представляют устройства на основе РТС (автоматы на основе термистора или терморезистора с положительным температурным коэффициентом). Автоматы на основе РТС изготовлены с применением проводящего полимера. Этот материал в виде плотного кристаллического вещества, содержит множество частиц углерода, расположенных близко друг от друга. Частицы углерода обеспечивают необходимую проводимость для тока. При нагревании материала полимер расширяется, отделяя друг от друга цепочки углерода. В расширенном состоянии остается мало путей для протекания тока.

Устройство на основе РТС это твердотельное устройство. В устройстве на основе РТС нет подвижных частей. При отключении РТС устройство остается в разомкнутом состоянии до тех пор, пока остается приложенным к цепи напряжение. Устройство на основе РТС возвращается в исходное состояние только после снятия напряжения и остывания полимерного материала.

Резисторы

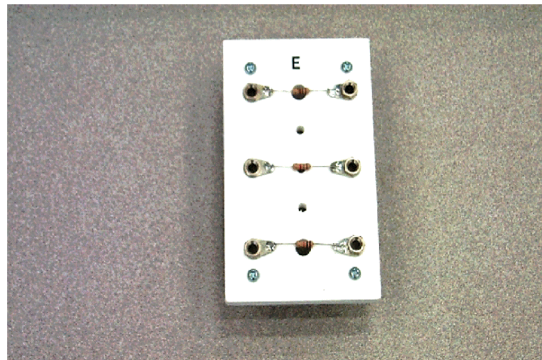


Рис. 83

g01072322

Иногда необходимо уменьшить напряжение или силу тока на определенном участке цепи. Наиболее простым способом уменьшения напряжения или тока на нагрузке является увеличение сопротивления. Это выполняется путем добавления резисторов. Резисторы могут быть двух типов: переменные и постоянные. Пример широкого использования резисторов в электрических цепях - аудиосистемы и цепи управления климатом (кондиционеры). Эти устройства используют несколько резисторов, присоединенные проводами к точкам с различным напряжением.

Сопротивление резисторов приведено в омах, указывая, какое сопротивление обеспечит резистор в цепи. На резисторах приводится также мощность в Вт, указывающая номинальную рассеиваемую мощность.

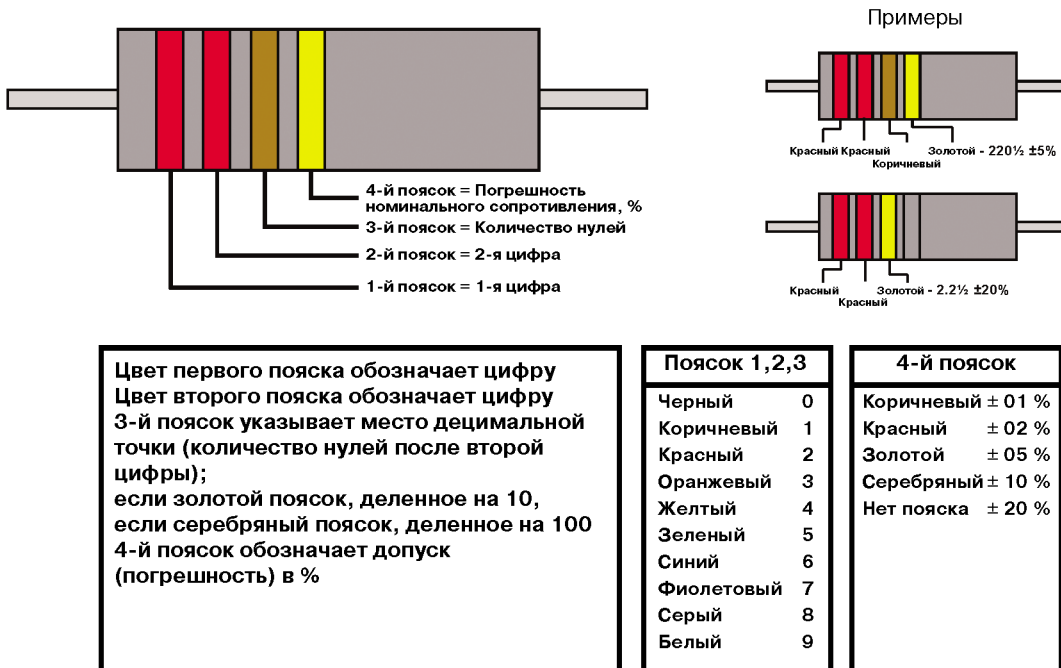


Рис. 84

g01072454

На рисунке 84 приведена таблица идентификации резисторов по цветовому коду. Номинальное сопротивление резистора можно определить по цветным пояскам, нанесенным на резисторе. Пояски наносятся ближе к одному из концов резистора. При считывании конец с цветными поясками должен быть слева. Пояски следует считывать слева направо.

Последний цветной пояска указывает погрешность номинального сопротивления резистора. Она указывает насколько действительное сопротивление резистора может отличаться от промаркированного номинального значения. Погрешность приводится в процентах относительно номинального значения. На некоторых резисторах пояска на этой позиции не ставится. Такие резисторы имеют погрешность 20 % относительно значения сопротивления.

Для некоторых цепей необходимы очень точные сопротивления, иначе они не работают. По этой причине никогда не следует заменять резистор другой, имеющий большую погрешность.

Резисторы и их рассеиваемая мощность, Вт

Поскольку резистор оказывает сопротивление току, происходит электрическое трение. За счет этого выделяется тепло, которое резистор способен рассеять. При сильном нагревании резистор может измениться таким образом, что его сопротивление выйдет за пределы диапазона погрешности.

Активная мощность - это мощность, рассеиваемая резистором. Чем больше мощность, тем большую тепловую нагрузку может выдерживать резистор. На рисунке 85 показаны примеры резисторов разной мощности.

Мощности резисторов

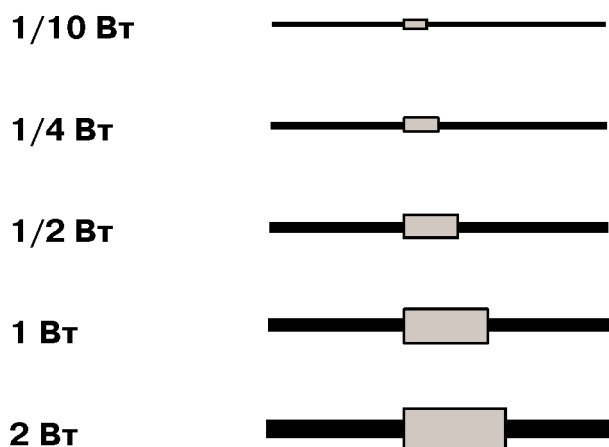


Рис. 85

g01072324

Для нормальной работы цепи необходимо, чтобы резисторы обладали достаточной номинальной мощностью, так же как и номинальным сопротивлением. При некорректном выборе номинального сопротивления или мощности резисторы и другие элементы могут оказаться поврежденными из-за повышенного тока и перегрева.

Вы можете определить рассеиваемую мощность угольных резисторов по их размеру. Наиболее распространены резисторы с номинальной мощностью 1/10, 1/4, 1/2, 1 и 2 Вт.

Переменные резисторы

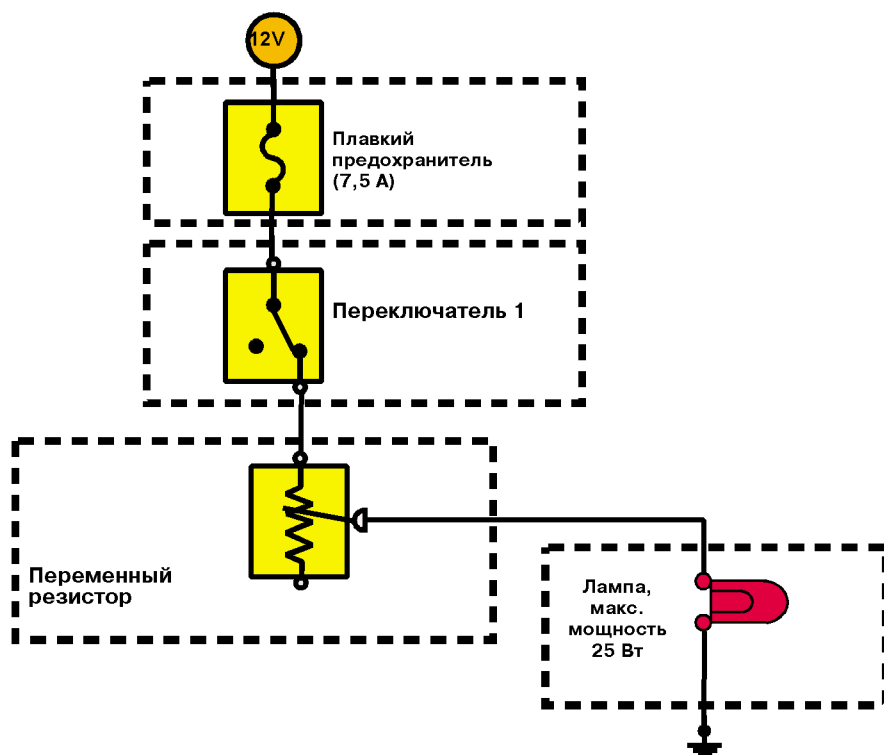


Рис. 86

g01072325

Выше обсуждались так называемые постоянные резисторы. Это означает, что их номинальное сопротивление нельзя отрегулировать. Резисторы другого типа - переменные (смотрите рисунок 86). Это означает, что сопротивление резистора может быть изменено с помощью регулирующего устройства. Регулирующее устройство перемещает контакт над поверхностью сопротивления. При протекании тока через большую длину материала резистора ток уменьшается. Если пропускать ток через меньшую длину материала резистора, ток увеличится.

Пределы изменения сопротивления и количество положений зависит от конструкции переменного резистора. Некоторые переменные резисторы имеют всего два номинальных значения сопротивления. Другие переменные резисторы имеют непрерывный диапазон регулирования между минимальным и максимальным значениями.

Переменные резисторы могут быть линейными и нелинейными. Сопротивление линейного резистора увеличивается равномерно. Когда регулирующее устройство устанавливается на одну четверть хода, сопротивление увеличивается на одну четверть. Когда регулирующее устройство устанавливается на половину хода, сопротивление увеличивается на половину от максимального значения.

Переменные резисторы могут быть разного типа. Некоторые переменные резисторы называются реостатами, потенциометрами или термисторами. На рисунке 87 показано схемное обозначение реостата.

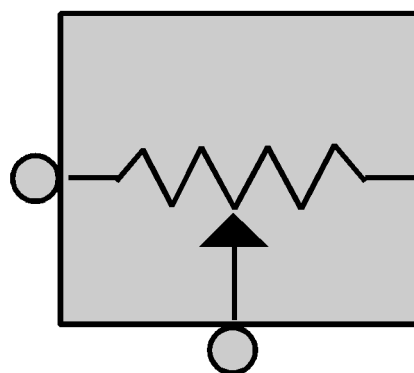


Рис. 87

g01072326

Реостат имеет обычно две клеммы. Реостат позволяет протекать току в одном направлении. На машинах компании Caterpillar реостат используется для регулировки яркости ламп приборной панели.

Потенциометр относится к другому типу переменных резисторов. Потенциометр обеспечивает два пути протекания тока. Потенциометр может регулироваться вручную или механически. На рисунке 88 показан потенциометр, применяемый в топливной системе. Датчик топлива измеряет определенное сопротивление системы, соответствующее определенному уровню топлива. Выходное сопротивление отображается на основном дисплейном блоке и его значение соответствует уровню топлива в баке.

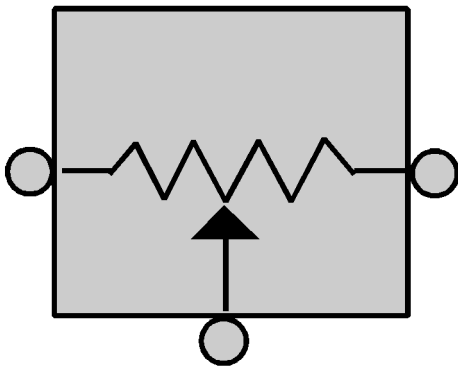


Рис. 88

g01072327

Потенциометр (pot) имеет три клеммы и работает, распределяя напряжение между двумя клеммами. Потенциометр можно установить так, что он будет работать как реостат.

Термисторы

Термисторы (терморезисторы) - тип переменных резисторов, работающих без управления человеком. Термистор изготавливается из углерода. Сопротивление углерода с повышением температуры уменьшается, а не увеличивается. Это свойство может использоваться в определенных электрических цепях. Термисторные элементы широко используются в датчиках, применяемых на машинах компании Caterpillar для измерения температуры в системах.

Неисправные резисторы

Постоянные резисторы или работают, или не работают. Постоянные резисторы работают при пропускании через них тока соответствующей силы. Постоянный резистор, вышедший из строя, или не пропускает ток, или пропускает через себя слишком большой ток.

В переменных резисторах может образовываться пятно выработки из-за износа при перемещении регулятора. При этом на части хода ползунка резистора может появиться разрыв.

Конденсатор

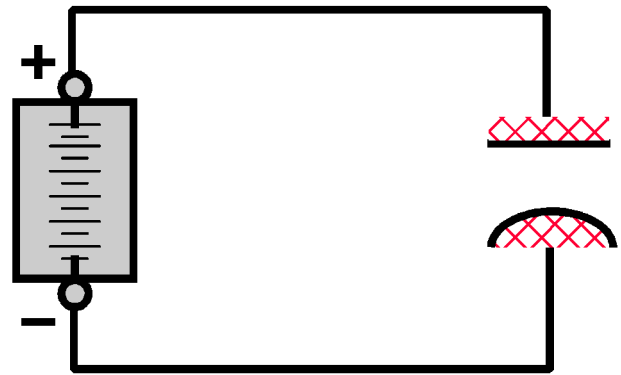


Рис. 89

g01072328

Конденсатор представляет собой устройство, которое может сохранять электрический заряд. Конденсатор создает электрическое поле, которое может сохранять энергию. Измеренная способность сохранять определенное количество энергии называется емкостью. В электрических системах компании Caterpillar конденсаторы используются для выполнения следующих функций:

- хранения энергии;
- в цепях отсчета времени (в таймерах);
- в качестве фильтров.

Конструкция конденсаторов может быть разной. Простейший конденсатор может быть изготовлен из двух пластинок проводящего материала, разделенных изолирующим материалом, называемым диэлектриком. Типичными диэлектрическими материалами является воздух, бумага, пластики и керамика.

Сохранение энергии конденсатором

В некоторых цепях конденсатор выполняет роль аккумуляторной батареи. Если конденсатор установлен в цепи с источником напряжения, в цепи быстро течет ток, пока заряжается конденсатор. Это означает, что электроны аккумулируются на поверхности пластины, соединенной с отрицательным выводом. С пластины, соединенной с положительным выводом, электроны уходят. Это продолжается до тех пор, пока электрический заряд конденсатора и напряжение источника не выравняются. Насколько быстро это происходит, зависит от нескольких факторов, включая значение приложенного напряжения и размер конденсатора.

Когда конденсатор зарядится до потенциала, равного напряжению источника, ток прекратится. Теперь конденсатор может удерживать заряд после отсоединения его от источника напряжения. Поскольку две пластины отделяются диэлектриком, электроны через него перемещаться не могут. Отрицательная пластина удерживает аккумулированные электроны, а в положительной пластине по-прежнему не хватает электронов. Таким образом конденсатор сохраняет энергию.

Заряженный конденсатор может отдавать сохраняемую энергию, как и аккумуляторная батарея. Важно отметить, что в отличие от батареи, конденсатор сохраняет электричество, он его не создает. При использовании конденсатора в качестве источника соответствующего малого тока он может сохранять потенциал для подачи напряжения в цепь в течение нескольких недель.

Измерения емкости конденсатора

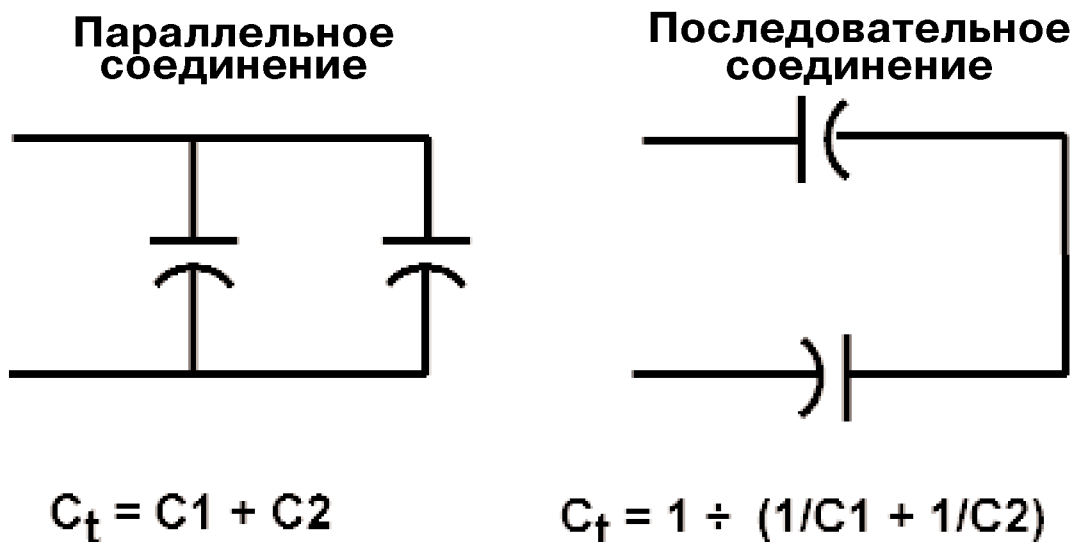


Рис. 90

g01072329

Для измерения емкости конденсаторов используются единицы измерения, называемые фарадами. Фарада обозначается буквой F. Единица измерения характеризует способность, как много электронов может сохранять конденсатор. Одна фарада соответствует очень большому количеству электронов. Вы можете увидеть, что в применяемых вами системах емкости конденсаторов приведены в единицах микрофарад (мкF). Микрофарада равна одной миллионной части фарады.

Помимо характеристики емкости в фарадах, конденсаторы характеризуются также максимальным напряжением, при котором работает конденсатор. При замене конденсатора никогда не используйте конденсатор, рассчитанный на меньшее напряжение.

Емкость данного конденсатора определяется тремя факторами:

- Площадью проводящих пластин
- Расстоянием между проводящими пластинами
- Свойствами материала, используемого в качестве диэлектрика.

Расчет общей емкости

Общая емкость цепи зависит от того, как установлены конденсаторы в цепи.

При параллельном соединении конденсаторов общая емкость определяется следующим уравнением:

- $C_t = C1 + C2 + C3$

При последовательном соединении конденсаторов общая емкость определяется следующим уравнением:

- $C_t = 1 / (1/C1 + 1/C2)$

Примечание: Всегда соединяйте накоротко выводы конденсатора перед присоединением его в цепь или к мультиметру. При этом произойдет разряд остаточного заряда, который может в нем сохраняться.

i02127676

Твердотельные электрические элементы

Код SMCS (Код обслуживания): 1400; 1450

Краткие сведения о твердотельных электрических элементах

В современных электронных цепях используются твердотельные элементы. Твердотельные электрические элементы встречаются в большинстве машин компании Caterpillar.

Полупроводники

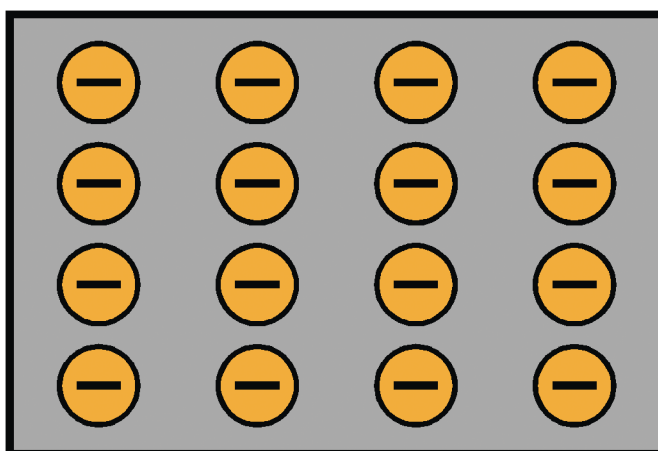
Некоторые элементы, такие как медь, являются хорошими проводниками. Другие элементы являются плохими проводниками, но хорошими изоляторами. Имеется ряд элементов, которые не являются ни хорошими проводниками, ни хорошими изоляторами. Если элемент относится к этой группе, но его можно преобразовать для использования в качестве проводника, такой элемент называется полупроводником. К элементам, широко используемым в качестве полупроводников, относятся кремний и германий.

Примерами полупроводников служат диоды, транзисторы и интегральные схемы (ИС). Полупроводники используются повсеместно в большинстве машин компании Caterpillar. Полупроводники часто заменяют механические контактные устройства (переключатели).

Все полупроводники являются твердотельными устройствами. Твердотельным называется устройство, которое управляет током без применения движущихся частей, нитей накаливания или вакуумных ламп. Имеются другие твердотельные устройства, не являющиеся полупроводниками. Например, трансформатор не является полупроводником.

Как работают полупроводники

Материал n - типа



Материал p - типа

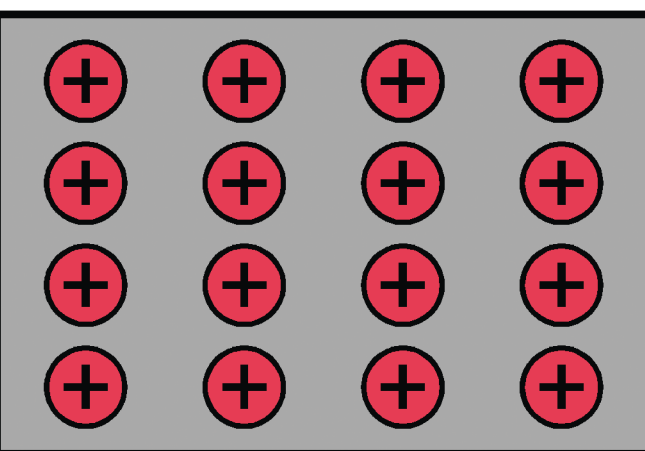


Рис. 91

g01072606

В чистом полупроводнике электроны связаны жестко. Они не могут свободно перемещаться. В природном состоянии их нецелесообразно использовать в качестве проводников электричества.

Однако полупроводники можно сделать хорошими проводниками благодаря легированию. При легировании вводятся примеси. Примеси влияют на концентрацию свободных электронов в полупроводнике. В зависимости от вводимой примеси в полученном материале будет или избыток свободных электронов или недостаток свободных электронов.

Если после добавления примеси создается избышек свободных электронов, полупроводник становится типа n. Если после добавления примеси создается недостаток свободных электронов, полупроводник становится положительным, или типа p.

Полупроводники делают многослойными, причем по меньшей мере из одного слоя материала типа n и по меньшей мере из одного слоя материала типа p. Эти слои устанавливаются в пластмассовый или металлический корпус. Место стыка материала типа n и материала типа p называется p - n переходом.

Протекание тока через полупроводники

Протекание электрического тока через полупроводник происходит иначе, чем через другие электрические устройства. Обычно движение электричества определяется как движение свободных электронов, которые подталкивают друг друга от отрицательного вывода источника напряжения через проводник в направлении положительного вывода. При обсуждении полупроводников, обычно описывают не только поток электронов, но также поток дырок. Дырки - это места в электронной оболочке, к которым притягивается электрон.

Поток электронов относительно легко представить. Можно представить их, например, в виде потока шариков через канал. Поток дырок представить труднее.

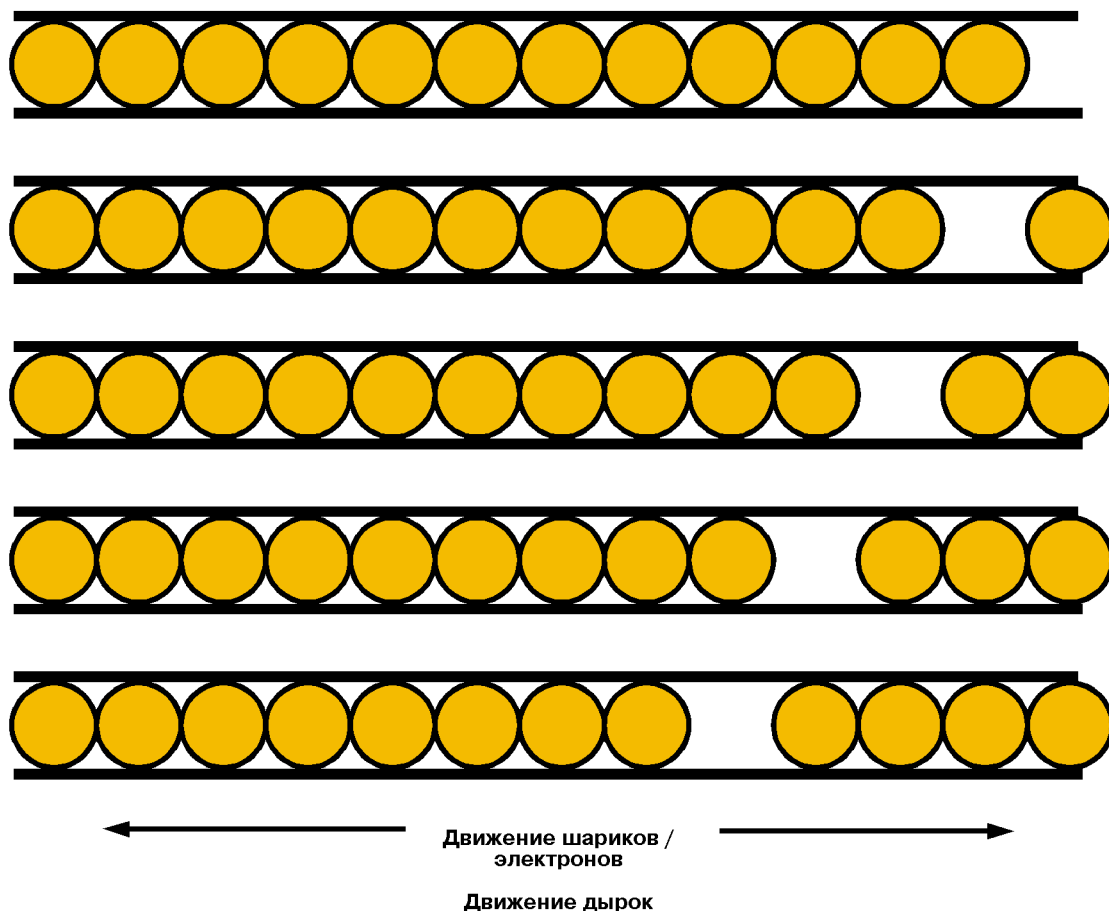


Рис. 92

g01072607

Представьте тот же канал, заполненный шариками, как показано на рисунке 92. Один шарик движется вперед, оставляя дырку на месте пребывания. Следующий шарик движется на место, оставленное первым шариком. В то же время можно сказать, что дырка перемещается с места, которое занял первый шарик, на место, которое занял второй шарик. Поскольку шарики движутся по каналу в одном направлении, можно сказать, что дырки движутся в противоположном направлении.

В отсутствии приложенного к полупроводнику напряжения свободные электроны на $p-n$ переходе притягиваются к дыркам в материале p типа. Некоторые электроны дрейфуют через переход, чтобы объединиться с дырками. Аналогично, дырки из материала p типа, можно сказать, притягиваются свободными электронами в материале n типа. Хотя дырки сами по себе не являются частицами, их можно представить себе переходящими $p-n$ переход, чтобы объединиться с электронами.

Обедненная зона

Пока к полупроводникам не будет приложено внешнее напряжение, через $p-n$ переход может перейти ограниченное количество электронов и дырок. Каждый электрон, пересекающий переход, оставляет за собой атом, в котором отсутствует отрицательный заряд. Такой атом называется положительным ионом. С другой стороны, каждая дырка, пересекающая переход, оставляет за собой отрицательный ион. Положительные ионы, накопившиеся в материале n типа, создают усилие (потенциал), препятствующее уходу электронов. Отрицательные ионы, накопившиеся в материале p типа, создают усилие, препятствующее уходу дырок. В итоге создается равновесное состояние, характеризующееся недостатком как дырок, так и электронов на $p-n$ переходе. Эта зона называется обедненной зоной.

Барьерное напряжение

При приложении напряжения к р - n полупроводнику электроны текут со стороны n через переход и далее через р сторону. Электроны текут, таким образом, при наличии полупроводника в цепи, позволяющего протекание электрического тока. Дырки текут в противоположном направлении. Влияние р - n перехода на электрический ток в цепи зависит от того, где он расположен и от порядка расположения материалов р и n типа.

Потенциал напряжения через р - n переход называется барьерным напряжением. Легированный германий имеет барьерное напряжение приблизительно 0,3 В. Легированный кремний имеет барьерное напряжение приблизительно 0,6 В.

Диоды

Простейшим полупроводником является диод. Диод изготавливается из одного слоя материала р типа и одного слоя материала n типа. Диоды пропускают электрический ток только в одном направлении. На схемах треугольник в обозначении диода направлен в сторону разрешенного направления протекания условного электрического тока.

Диоды в электрических цепях используются для разных целей. Они могут использоваться для высвечивания, выпрямления и защиты от всплесков напряжения.

Анод и катод

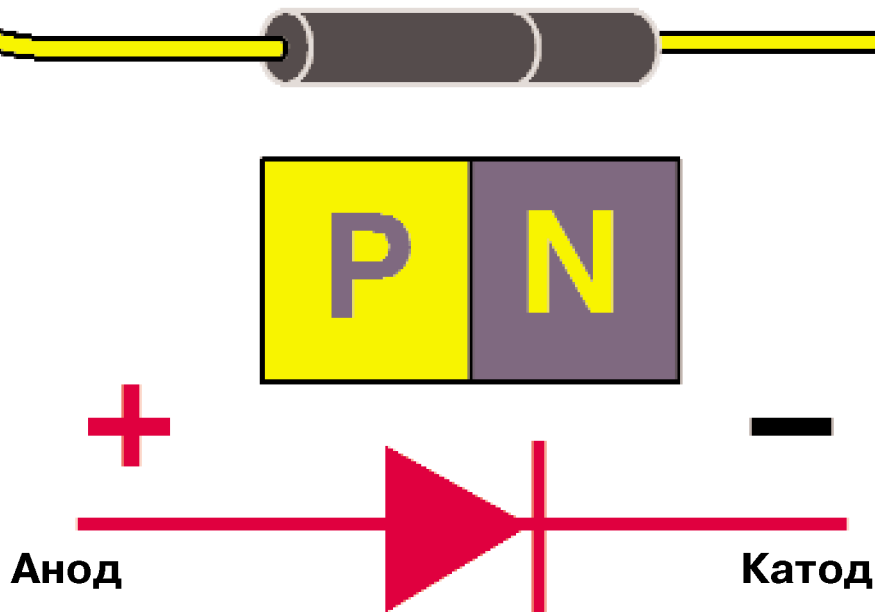


Рис. 93

g01072609

Электрический ток (рисунок 93) протекает слева направо. Это можно указать, расположив знак плюс слева и знак минус справа от диода. Положительная сторона диода называется анодом, а отрицательная сторона катодом.

Существует легкий способ запомнить смысл слов анод и катод. Свяжите слово с символами А+ (положительная сторона), а катод с символами К- (отрицательная сторона). Катод - сторона диода с полоской. Электрический ток протекает через диод, если на анодном выводе положительный потенциал больше, чем на катодном выводе.

Диодное смещение

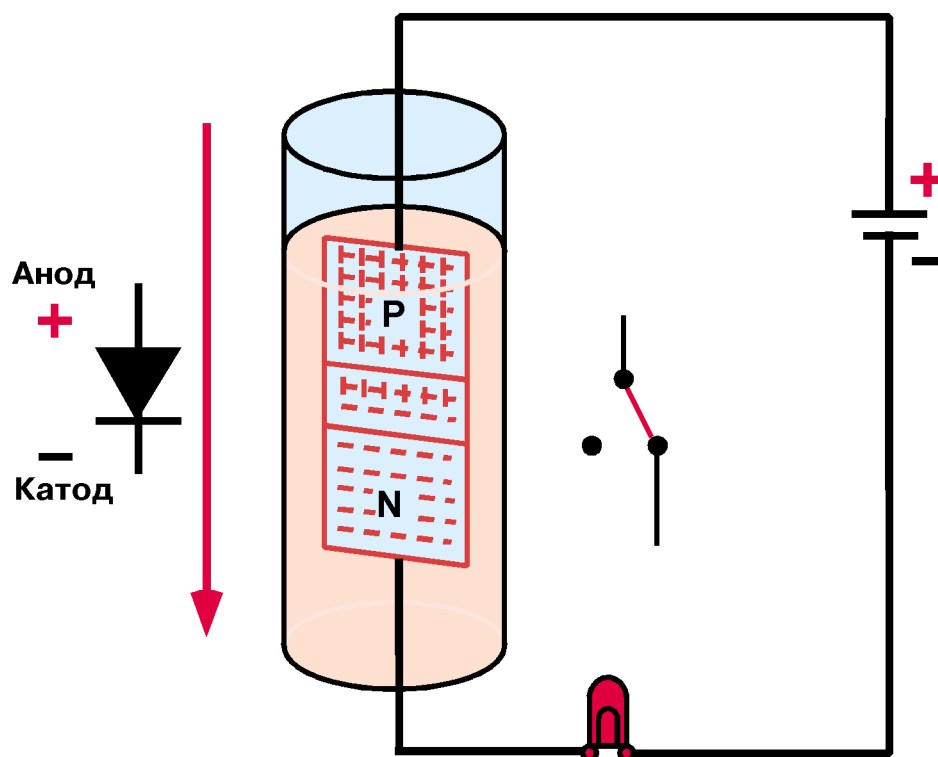


Рис. 94

g01072611

Термин смещение используется для обозначения способности диода пропускать или не пропускать протекание тока в цепи.

Диод с прямым смещением присоединен в цепи так, что он пропускает электрический ток. Это осуществляется за счет присоединения отрицательной «n» стороны диода (катода) к отрицательному напряжению, а положительной «p» стороны (анода) к положительному напряжению. Если диод присоединен таким способом, то как электроны, так и дырки вытесняются в обедненную зону. За счет этого цепь замыкается. Если электрический ток течет в направлении стрелки (обозначения диода), то диод смещен прямо.

Когда диод с прямым смещением присоединен к источнику напряжения, диод действует как выключатель, замыкающий цепь. Можно представить, что под действием напряжения как электроны, так и дырки вытесняются в обедненную зону, в результате чего протекает ток.

Диод не будет проводить (пропускать электрический ток), пока напряжение в положительном направлении (смещение) не достигнет определенного порогового значения. Пороговое напряжение определяется типом материала, используемого для изготовления диода. Германиевый диод начинает обычно проводить, когда напряжение в положительном направлении достигнет приблизительно 300 мВ, тогда как для кремниевого диода требуется приблизительно 600 мВ.

Диод ограничивает силу тока, который может протекать через переход. При протекании тока через диод за счет его внутреннего сопротивления выделяется тепло. При очень большом токе выделится много тепла, которое может повредить диод.

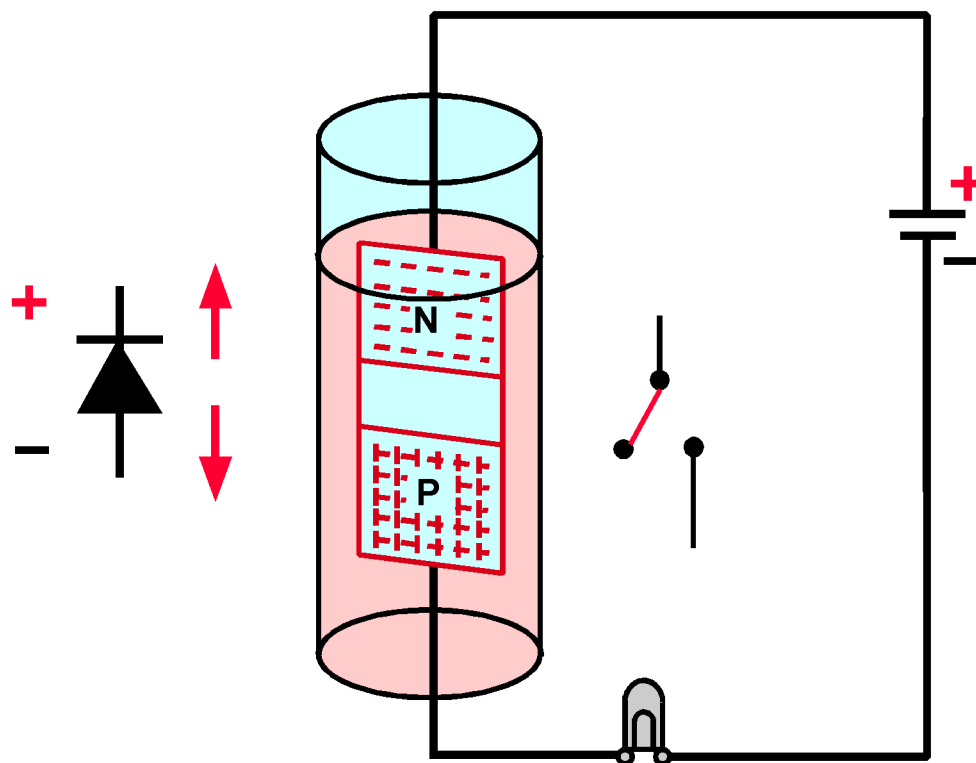


Рис. 95

g01072613

Диод, который присоединен к источнику напряжения таким образом, что ток не может протекать, называется обратным смещенным. Это означает, что отрицательная клемма присоединена к положительной “р” стороне диода, а положительная клемма присоединена к отрицательной “n” стороне. Положительный потенциал приложен к катоду и ток, направленный против стрелки, заперт.

Когда к такой цепи приложено напряжение, электроны от клеммы с отрицательным напряжением соединяются с электронными дырками в материале р типа. Электроны в материале n типа притягиваются к клемме с положительным напряжением. При этом расширяется обедненная зона. Поскольку дырки и электроны, находящиеся в обедненной зоне, не объединяются, ток протекать не может.

Когда диод обратным смещен, обедненная зона действует подобно разомкнутому выключателю, блокируя протекание тока. Когда отрицательная клемма присоединена к р материалу, дырки вытягиваются из обедненной зоны. Когда положительная клемма присоединена к n материалу, электроны вытягиваются из обедненной зоны. В результате образуется расширенная зона, которая не содержит ни дырок, ни электронов, которая не может поддерживать протекание электрического тока.

Ток утечки диода

Через обратным смещенный диод может протекать очень небольшой ток. Если напряжение питания станет достаточно большим, атомная структура материала в диоде разрушится и сила тока, протекающего через диод, резко возрастет. Если обратный ток будет протекать достаточно долго и его величина будет достаточно большой, диод будет поврежден от перегрева.

В общем, если диод смещен прямо, он действует как резистор с малым сопротивлением, или как замкнутая цепь. Если диод обратным смещен, диод действует как большое сопротивление, или как разрыв цепи.

Напряжение Зенера

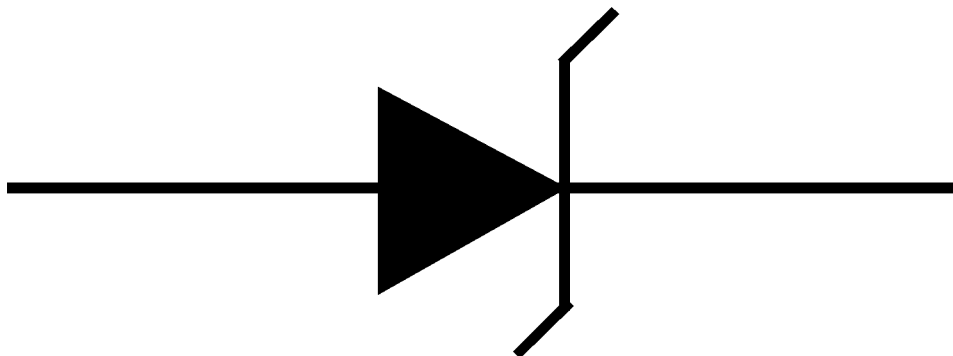


Рис. 96

g01072614

Приложенное напряжение, при котором диод пробивается, называется максимальным обратным (пробойным) напряжением, или напряжением Зенера. Диоды характеризуются по этому напряжению. В цепях, включающих диоды, напряжение пробоя диода должно быть достаточно большим, чтобы обеспечить защиту диода и цепи в нормальном режиме работы.

Применение

В электрических цепях применяются следующие типы диодов:

- Регуляторы напряжения (стабилитроны) (с использованием диодов Зенера)
- Индикаторы (светодиоды)
- Выпрямители (преобразующие переменный ток в постоянный)
- Для контроля всплесков и бросков напряжения, которые могут повредить твердотельные устройства (в качестве устройств защиты цепи)

Диоды Зенера и регулирование напряжения

Диод Зенера представляет собой специальный тип диода, который сильно легирован при изготовлении. В результате в нем много свободных электронов и электронных дырок. За счет этих дополнительных носителей тока становится возможным пропускать электрический ток в обратном направлении при достижении определенного напряжения смещения. Оно называется лавинным напряжением или напряжением Зенера. При прямом смещении диод Зенера работает как обычный диод.

Характерная особенность диода Зенера заключается в том, что он не проводит ток в обратном направлении, если обратное напряжение смещения меньше 6 В. Если обратное напряжение смещения станет равным или превысит 6 В, диод будет проводить обратный ток. Такой диод Зенера часто используется в цепях регулирования напряжения.

Рассмотрим в качестве примера использования диодов Зенера систему зарядки. В генераторе переменного тока установлены диоды Зенера. Эти диоды действуют в качестве ограничителя выходного напряжения статора. Диоды Зенера в генераторах переменного тока имеют такую характеристику, что они включаются при напряжении приблизительно 28 В.

Светодиоды и подсветка

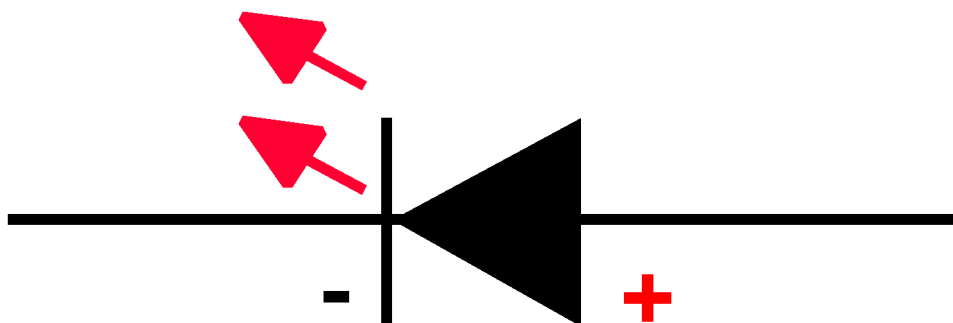


Рис. 97

g01072615

К другому типу широко используемых диодов относятся светоизлучающие диоды, или светодиоды, которые применяются в качестве индикаторных ламп. Как и все диоды, светодиоды пропускают электрический ток только в одном направлении. Они отличаются тем, что при приложении напряжения прямого смещения светодиоды излучают свет. Ряд светодиодов, соединенных последовательно, можно использовать для высвечивания цифр и символов на дисплее.

Если для большинства кремниевых диодов требуется для включения приблизительно 0,5 или 0,7 В, то для светодиодов требуется приблизительно от 1,5 до 2,2 В. Ток, получающийся при таком напряжении, достаточен для того, чтобы повредить светодиод. Большинство светодиодов могут работать при ограниченных токах от 20 до 30 мА. Для предотвращения повреждения светодиодов последовательно со светодиодом устанавливается резистор, ограничивающий силу тока.

Светодиоды в сравнении с лампами накаливания

В сложных электрических цепях светодиоды представляют хорошую альтернативу лампам накаливания. Светодиоды выделяют значительно меньше тепла и потребляют намного меньший ток. Светодиоды имеют также значительно меньшее время включения и выключения.

Диоды как выпрямители

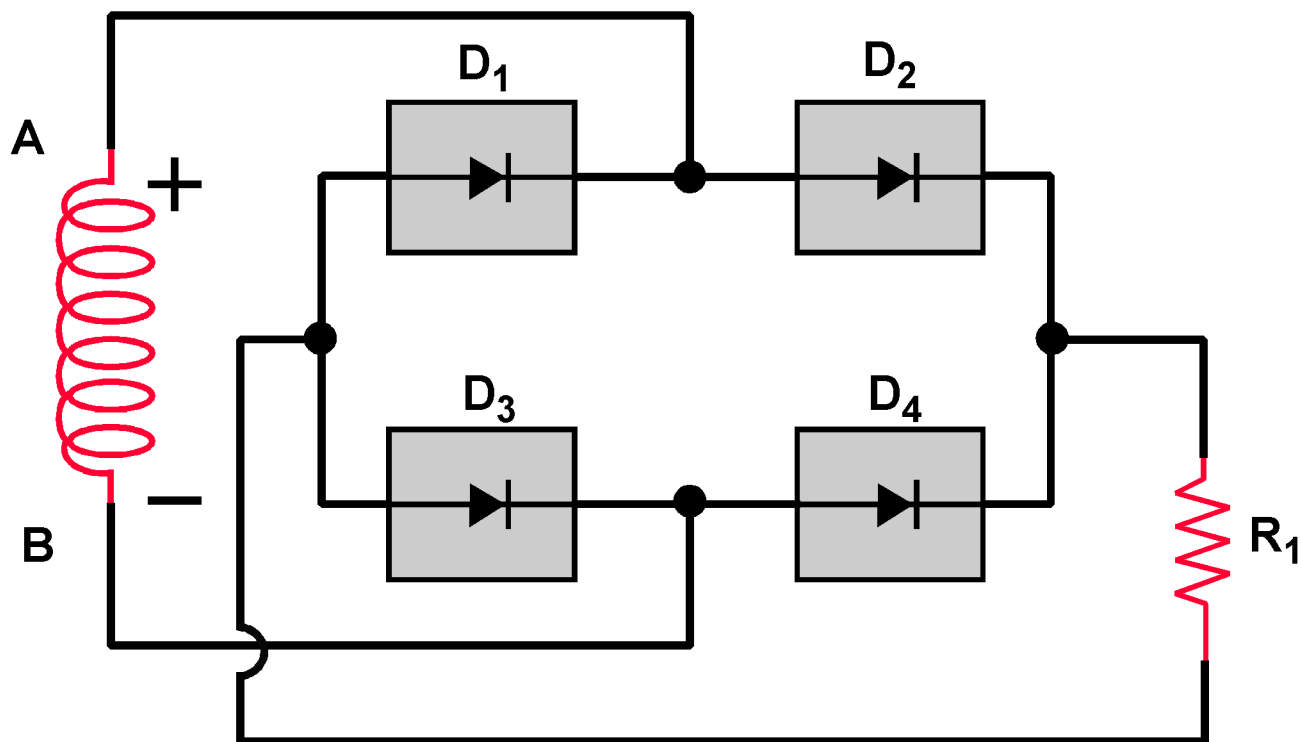


Рис. 98

g01072617

Выпрямители преобразуют переменный ток в постоянный. Несколько диодов могут быть объединены с образованием диодного выпрямителя, который называется также выпрямительным мостом.

Выпрямитель и генератор

Выпрямители наиболее широко используются в генераторах переменного тока электрических систем компании Caterpillar. Генератор переменного тока вырабатывает переменный ток. Поскольку в электрических системах используется постоянный ток, необходимо преобразовать переменный ток в генераторе переменного тока в постоянный ток. На выходных клеммах генератора переменного тока получается таким образом постоянный ток.

Для преобразования переменного тока в постоянный ток в генераторах переменного тока используется диодный мостовой выпрямитель.

Просмотрите рисунок 98, приняв условное направление течения тока. Во-первых, необходимо понять, что в статоре действует переменное напряжение. Это означает, что напряжение в точке А изменяется от положительного до отрицательного значения.

Когда напряжение в точке (А) положительное, электрический ток течет из точки (А) в точку соединения диодов (D1) и (D2). Обратите внимание на направления стрелок на каждом диоде. Ток не может протекать через диод (D1), но он может протекать через диод (D2). Ток приходит в другое соединение, между диодами (D2) и (D4). Ток не может протекать через диод (D4), и не может возвращаться через диод (D2). Ток должен идти через нагрузку цепи, поскольку он не может протекать через диод (D4) или (D2). Ток продолжает течь вдоль цепи, пока не достигнет соединения между диодами (D1) и (D3).

Примечание: Нагрузкой в данном простом примере является резистор. В реальной зарядной системе нагрузкой будет аккумуляторная батарея.

Несмотря на то, что напряжение, приложенное к диоду (D1), смещено прямо, ток не может протекать через диод D1, поскольку на другом конце диода имеется положительное напряжение. Поэтому нет разности потенциалов. Электрический ток течет через диод (D3) и от диода (D3) к заземлению в точке (В). Когда напряжение статора изменится на обратное и потенциал в точке (В) станет положительным, электрический ток потечет через (D4) и (D1) к точке заземления (В).

Вне зависимости от того, положительное ли напряжение статора в точке (A) или отрицательное, ток будет всегда течь сверху вниз через нагрузку (R1). Это означает, что это постоянный ток (DC).

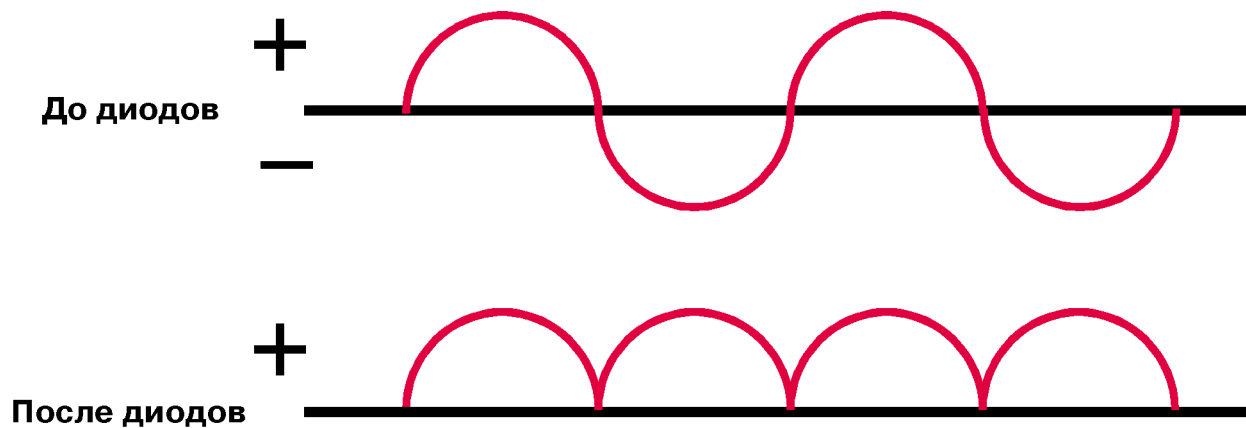


Рис. 99

g01072618

Выпрямители в генераторах устроены так, что имеют выходной (положительный) и входной (отрицательный) диод для каждого полупериода тока. Выпрямитель такого типа называется двухполупериодным выпрямителем. В выпрямителе такого типа происходит один импульс (постоянного тока) на каждый импульс (переменного тока). Вырабатываемый (постоянный ток) называется двухполупериодным пульсирующим (постоянным током), как показано на рисунке 99.

Диоды в цепи защиты

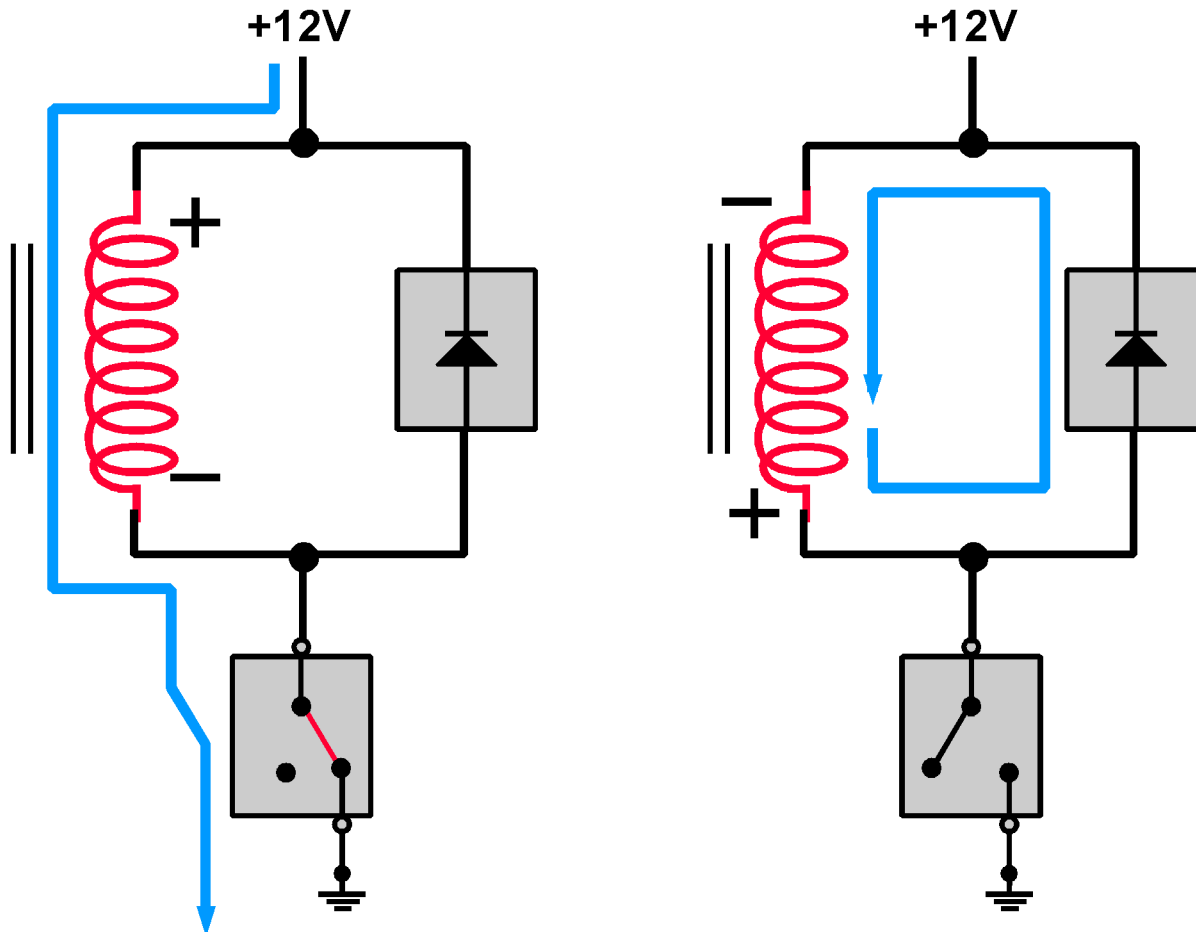


Рис. 100

g01072619

Такие электромагнитные устройства, как соленоиды и реле, имеют уникальную особенность вырабатывать всплески напряжения, если не предусматривать соответствующих мер. Катушка индуктивности, имеющаяся в электромагнитном устройстве, создает магнитное поле при протекании через устройство электрического тока. Когда цепь внезапно разрывается и напряжение питания снимается, спадающее магнитное поле фактически создает собственный потенциал напряжения. Этот потенциал напряжения может оказаться достаточно высоким для того, чтобы вывести из строя некоторые элементы цепи, в особенности чувствительные твердотельные блоки управления.

Для защиты от всплесков и бросков напряжения параллельно катушке индуктивности устанавливаются ограничительные диоды. При приложении напряжения к цепи обратно смещенный диод не пропускает электрический ток. Когда напряжение снимается и возникает индукционный ток, диод оказывается смещенным прямо и проводит электрический ток. Электрический ток течет по замкнутому контуру через диод и катушку, пока не рассеется.

Индуктированный ток может внести, кроме всплесков, другие трудности. Компьютеры, применяемые в современных машинах компании Caterpillar, делают расчеты на основе напряжений в цепях. Компьютеры могут выдать ложные результаты, если электромагнитные устройства внесут аномальные напряжения.

Проверка диодов

При нормальном функционировании диода в цепи, на диоде имеется большое падение напряжения в одном направлении и очень малое падение напряжения в другом направлении. Однако проверка диодов не всегда так проста.

Фактически существует четыре возможных способа проверки диодов:

- Изъятие диода из цепи. Иногда это невозможно.
- Если диод установлен в последовательной цепи, диод можно проверить при обесточивании цепи.
- Если диод установлен в последовательной цепи, диод можно проверить при подаче питания в цепь. Для типичного кремниевого диода, падение напряжения прямого смещения должно быть приблизительно 0,6 В.
- Если диод находится в параллельной цепи, диод следует проверять не с помощью цифрового, а аналогового мультиметра.

Транзисторы

Диод только один из полупроводников. Комбинируя несколько разных полупроводниковых материалов, можно создать транзисторы. Подобно диодам, транзисторы управляют электрическим током. Транзисторы могут выполнять практически все функции вакуумных электронных ламп при значительно меньших габаритах и выделяя значительно меньше тепла. Транзисторы нашли широкое применение в различных устройствах, включая радио, электронные блоки управления и другие твердотельные переключающие устройства.

Типы транзисторов

Существует много типов транзисторов. Транзисторы можно разделить на две основные группы: биполярные и униполярные (называемые также полевыми транзисторами). Наиболее важным отличием из многих между ними является:

- Биполярные транзисторы меняют силу тока для управления напряжением.
- Полевые транзисторы меняют напряжение для управления силой тока.

В электрических цепях компании Caterpillar наиболее широко применяются биполярные транзисторы.

Конструкция транзистора

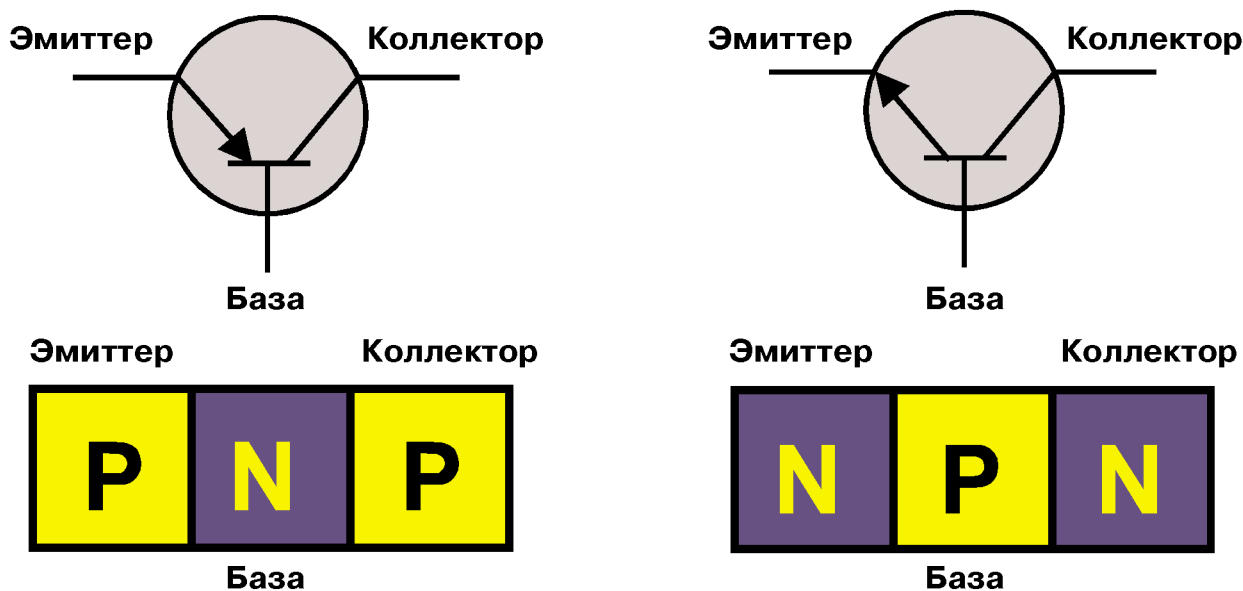


Рис. 101

g01072621

Как и в диодах, в транзисторах используется комбинация материалов *n* типа и *p* типа. Однако транзисторы содержат три материала вместо двух. Эти три материала располагаются таким образом, что материалы *n* типа и *p* типа чередуются друг с другом (как *n - p - n* или *p - n - p*). Это означает, что в отличие от диодов с двумя выводами, транзисторы имеют три вывода. На рисунке 101 представлено символическое изображение конструкции транзистора.

Эмиттер, база и коллектор

На рисунке 101 материал слева назван эмиттером, а материал, расположенный в середине, базой. Материал, расположенный справа, назван коллектором.

В верхней части рисунка 101 представлено схематическое изображение транзистора. Стрелкой, указывающей направление электрического тока, исходя из направления условного тока по обычной теории, обозначается всегда эмиттер. Стрелка направлена в одно из противоположных направлений, в зависимости от типа транзистора, - *p - n - p* или *n - p - n*.

Полевые транзисторы также имеют три секции. Эти секции называются соответственно затвор, исток и сток.

- затвор сходен по функции базе;
- исток аналогичен эмиттеру;
- сток аналогичен коллектору.

Основная функция

Работа транзистора основана на использовании базы для управления электрическим током между эмиттером и коллектором. При переводе транзистора в положение **ВКЛЮЧЕНО** ток может протекать только в направлении, указанном стрелкой. При переводе транзистора в положение **ОТКЛЮЧЕНО** ток не может протекать ни в каком направлении.

Пути протекания тока базы

Важно понять, что вывод базы биполярного транзистора управляет значением тока. Электрический ток через базу составляет лишь небольшую долю всего электрического тока (обычно приблизительно 2 %). Благодаря наличию тока через базу становится возможным протекание тока от эмиттера к коллектору.

р - п - р или п - р - п транзисторы

Существует простой способ определения типа транзистора, не углубляясь в раздумья о движении электронов или электронных дырок. Стрелка всегда указывает в сторону п материала от материала типа р. Для р - п - р транзистора, стрелка направлена в сторону базы. Для п - р - п транзистора стрелка направлена от базы.

В электрических цепях компании Caterpillar п - р - п транзисторы распространены значительно больше, чем р - п - р транзисторы.

Работа транзистора

Перед попыткой разобраться в том, как работает транзистор в конкретной цепи, необходимо исходить из двух фактов. Во-первых, п - р - п транзистор переводится в положение ВКЛЮЧЕНО (открывается) при приложении напряжения к выводу базы. п - р - п транзистор переводится в положение ОТКЛЮЧЕНО (закрывается) при снятии напряжения с вывода базы. Это очень похоже на работу реле, которое замыкается и размыкается при приложении и снятии напряжения с катушки.

Во-вторых, сила тока через цепь базы всегда значительно меньше, чем сила тока через цепь коллектора. Небольшое изменение тока базы приводит к значительному изменению коллекторного тока. Через эмиттерную цепь всегда протекает самый большой ток. Фактически ток через эмиттер должен равняться сумме токов, протекающих через базу и коллектор. Ток, протекающий в цепи эмиттера, распределяется между цепью базы и цепью коллектора.

Твердотельные реле

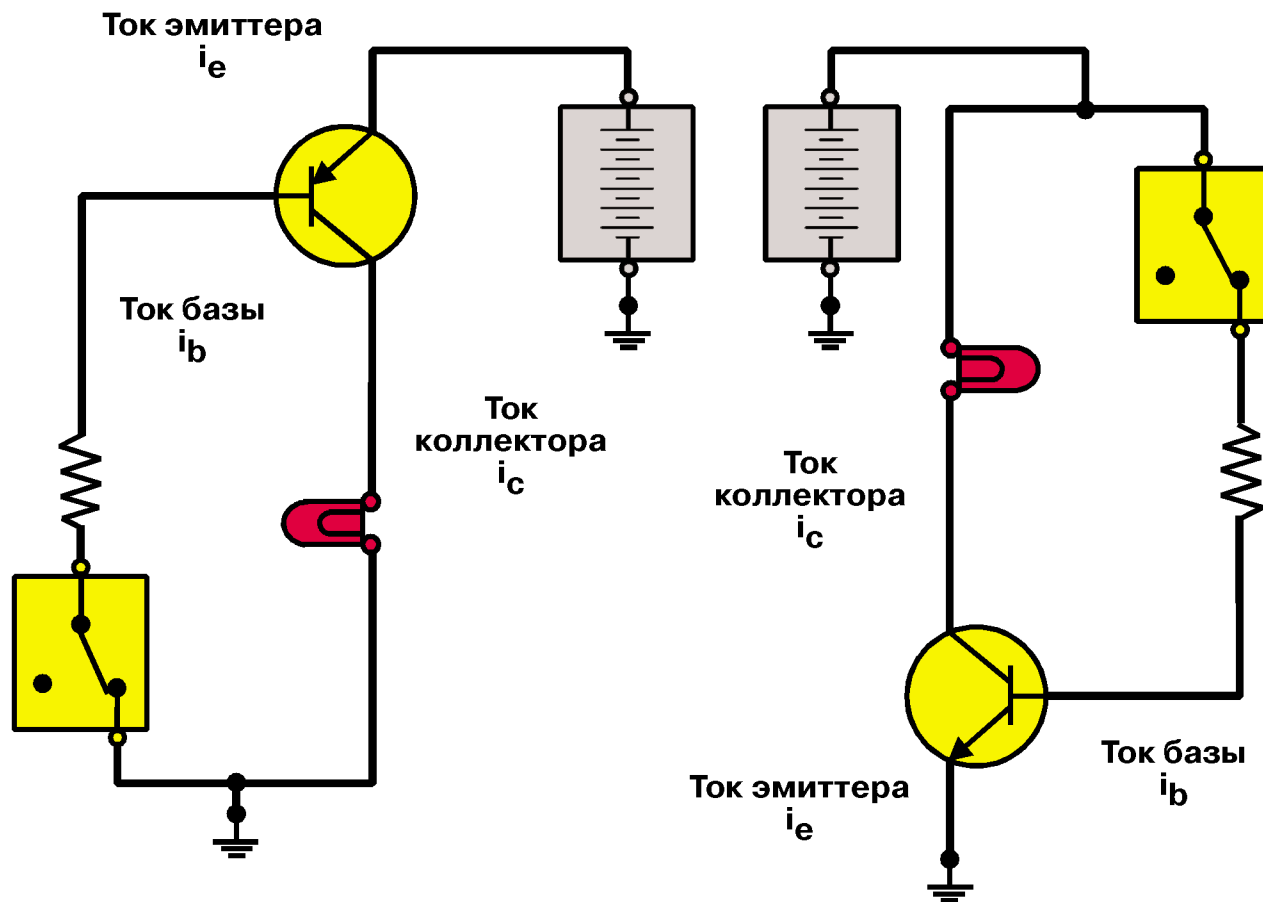


Рис. 102

g01072623

В некоторых цепях необходимо наличие транзисторов, работающих как реле. Например, как показано на рисунке 102, транзисторный выключатель (ключ), потребляющий очень малый ток, управляет лампой, потребляющей большой ток. Такие твердотельные реле имеют следующие преимущества перед механическими реле:

- твердотельные реле имеют большее быстродействие;
- твердотельные реле компактнее;
- твердотельные реле не изнашиваются.

Транзисторные реле отличаются от механических реле. Механическое реле работает как выключатель, который полностью пропускает ток или полностью разрывает путь протекания тока. Транзистор меняет значение протекающего через него электрического тока в зависимости от значения тока, протекающего через базу.

Резисторы в транзисторных цепях

Резисторы используются с транзисторами для разных целей. С помощью резистора, например, можно точно регулировать напряжение, прилагаемое к транзистору. За счет этого производится точное регулирование выходных токов. Резисторы, используемые таким способом, устанавливаются в цепи базы.

Другой функцией резистора является защита транзистора. Если не устанавливать резисторы или другие сопротивления на эмиттерном и коллекторном участках цепи, протекающий большой ток может вывести транзистор из строя.

Транзисторная терминология

Имеется много терминов, применяемых для описания характеристик отдельных транзисторов. Например, для того, чтобы показать, насколько больше ток в цепи коллектора, чем в цепи базы, используется термин коэффициент усиления тока транзистора. Если транзистор имеет коэффициент усиления, равный 100, а ток базы равен 10 мА, то для расчета силы тока в коллекторной цепи необходимо умножить 100 на 10 мА, что дает 1000 мА, или 1 А.

Транзисторы, как и диоды, имеют много других номинальных характеристик. Транзисторы можно охарактеризовать в зависимости от их свойств следующими параметрами:

- Скоростью включения (отпирания) и отключения (запирания) транзистора.
- Теплостойкостью (мощностью теплового рассеивания) транзистора.
- Током утечки (максимальным током), протекающим через транзистор в отключенном (запертом) состоянии.

Другие применения

Транзисторы удобны как переключающие устройства. Если вы увидите транзистор, установленный в электрической цепи, то транзистор скорее всего работает в качестве выключателя. Транзисторы могут использоваться также для усиления или генерации колебаний тока, а также как регуляторы освещенности.

i02127677

Электрическая схема

Код SMCS (Код обслуживания): 1400; 1450; 7566

Схемы

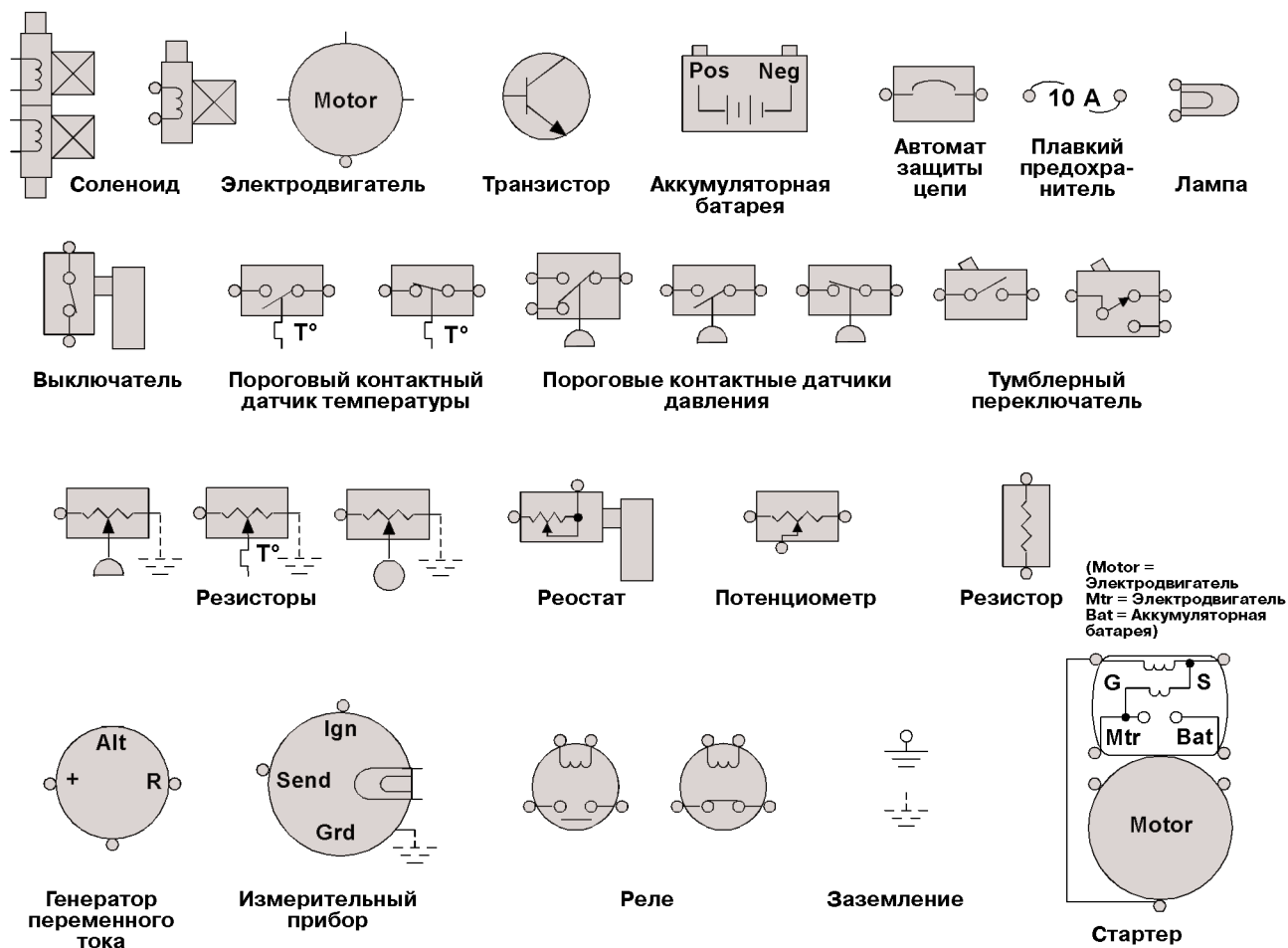


Рис. 103

g01072788

Схемы представляют собой чертежи, поясняющие работу системы, и выполненные с помощью применяемых обозначений элементов и соединительных линий. Обозначения, или символы, используются для изображения устройств или элементов как простых, так и сложных электрических и электронных систем. Схемные обозначения широко используются в документации компании Caterpillar для диагностики поведения электрических устройств.

Схемы используются техническим персоналом для выяснения работы системы и в помощь при ремонте неисправной системы.

Схемные обозначения обеспечивают отображение обширной информации на небольшом участке схемы. Для чтения схемных обозначений требуется мастерство и опыт. Логический последовательный подход с использованием принципиальных схем при поиске и устранении неисправностей начинается с понимания техническим персоналом всей системы в целом. Хотя для изображения электрических схем используются очень много обозначений и символов, на рисунке 103 представлены наиболее употребительные обозначения электрических элементов и устройств, применяемые в схемах компании Caterpillar.

Особенности схем

Электрические схемы компании Caterpillar содержат весьма важные сведения. Эти сведения печатаются с лицевой и обратной стороны схемы. Технический персонал должен уметь разбираться во всех сведениях, приведенных на обеих сторонах схемы, и понимать их.

На лицевой стороне схемы приводятся следующие особенности схемы:

- Цветовые коды для идентификации цепи
- Коды, представляющие аббревиатуры цвета
- Пояснения обозначений
- Сведения о жгутах проводов
- Примечания к схеме и ее параметры
- Сетка для указания расположения составных частей
- Идентификационные номера элементов и составных частей.

Рекомендуется запомнить приведенные ниже сведения во избежание путаницы, связанной с применением пунктирных линий.

- Пунктирными цветными линиями изображаются присоединяемые цепи. Для распознавания цепей используйте цветное идентификационное обозначение, приводимое на схеме.
- Жирными сдвоенными пунктирными линиями изображаются цепи и элементы, расположенные на месте оператора.
- Пунктирные (тонкие черные) линии используются для обозначения принадлежностей, проводов, кабелей или составных частей. (Смотрите описание обозначений на схеме).

Электрические схемы машины нового формата

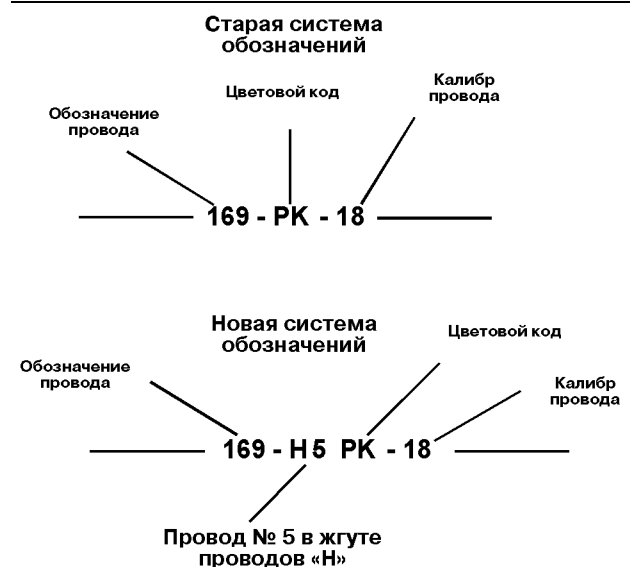


Рис. 104

g01072790

На некоторых машинах компании Caterpillar используется новая система обозначений на схемах электрических систем. Новый формат называется PRO/E и позволяет обеспечить дополнительную информацию по проводам, разъемам, элементам и устройствам, а также обозначениям соединений. Ниже приводится описание нового формата.

Идентификационная маркировка проводов

На рисунке 104 представлен новый формат обозначения проводов. Маркировка состоит из идентификационного маркировочного номера цепи на проводе "169", идентификационного кода жгута "H", номера провода в жгуте "5", цветового кода (аббревиатуры) "PK" и диаметра провода "18".

Примечание: Показанные обозначения являются примерами новой системы обозначений. Проконсультируйтесь по соответствующей схеме для получения подробной и точной информации.

Электрические разъемы

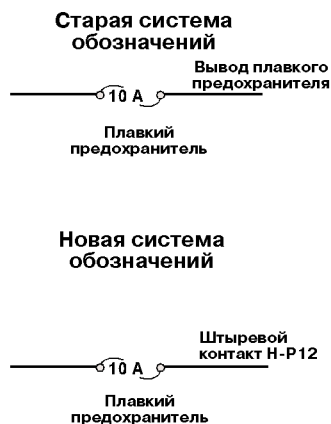


Рис. 105

g01072793

Обозначение электрического разъема в новом формате состоит из идентификационного кода “Н”, идентификации узла, как разъема “С”, номера разъема в жгуте “7” и идентификационного номера разъема 3Е3382.

Примечание: Обозначения приведены в качестве примера обозначений по новой системе обозначений. Проконсультируйтесь по соответствующей схеме для получения подробной и точной информации.

Элементы и устройства

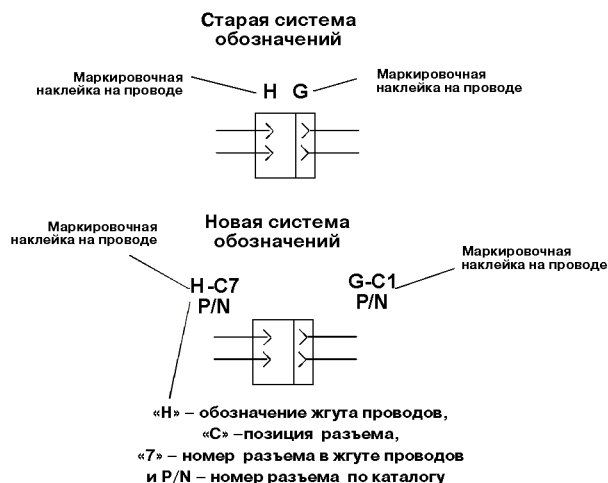


Рис. 106

g01072792

Предыдущий способ маркировки компонентов на схеме показывает наименование и идентификационный номер компонента. Схемы, исполненные в формате PRO/E содержат идентификационный знак жгута “Н” и код серии “Р-12”. “Р” означает деталь, а “12” означает позицию жгута (“12”-я деталь в жгуте “Н”), а 113-8490 - идентификационный номер детали.

Примечание: Изображенные обозначения являются примерами новой системы обозначений. Проконсультируйтесь по соответствующей схеме для получения подробной и точной информации.

Точки соединений

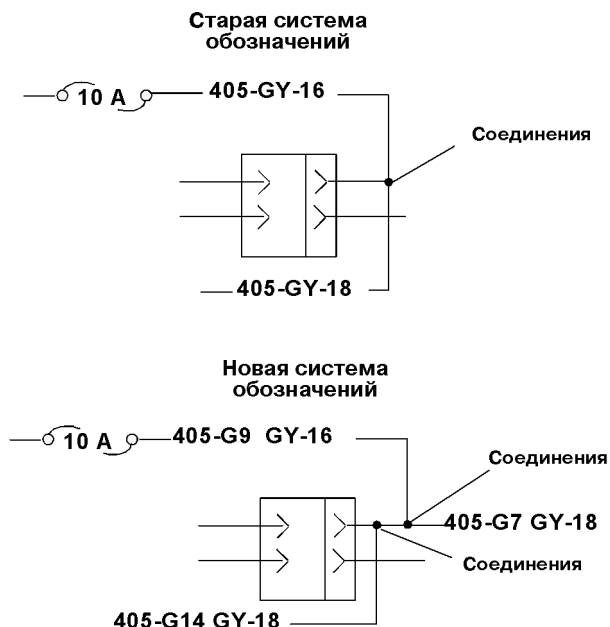


Рис. 107

g01072794

В новой системе обозначений PRO/E точки соединений обозначаются двумя соединительными точками для того, чтобы указать, какая сторона данного провода выходит. Прежде в качестве обозначения соединения использовалась просто жирная точка.

В новой системе обозначений показано, что провод “405-G9 GY-16”, входящий в жгут “С”, соединяется с двумя проводами “405-G7 GY-18” и “405-G14 GY-18”.

Примечание: Изображенные обозначения являются примерами новой системы обозначений. Проконсультируйтесь по соответствующей схеме для получения подробной и точной информации.

На обратной стороне схемы перечисляются следующие ее особенности:

- Обозначения и идентификация на электрической схеме жгутов и проводов
- Обозначения и описания электрической схемы
- Таблица описания проводов
- Инструкции по обслуживанию электрической цепи
- Таблица размещения разъемов жгута
- Технические характеристики переключателей, расположенных вне машины
- Расположение разъемов жгутов машины и составных элементов системы с привязкой к контуру машины
- Перечень идентификаторов составных частей (CID) и таблица преобразований флэш-кодов
- Таблица расположения составных частей электрической схемы
- Технические характеристики резисторов и соленоидов
- Перечень идентификаторов неисправностей (FMI)

Электрические системы машины

i02127678

Аккумуляторная батарея

Код SMCS (Код обслуживания): 1400; 1401; 1450

Краткое описание аккумуляторной батареи

Аккумуляторная батарея хранит энергию, необходимую для всей электрической системы. Аккумуляторная батарея вырабатывает электрический ток, необходимый для электрических устройств машины.

Аккумуляторные батареи

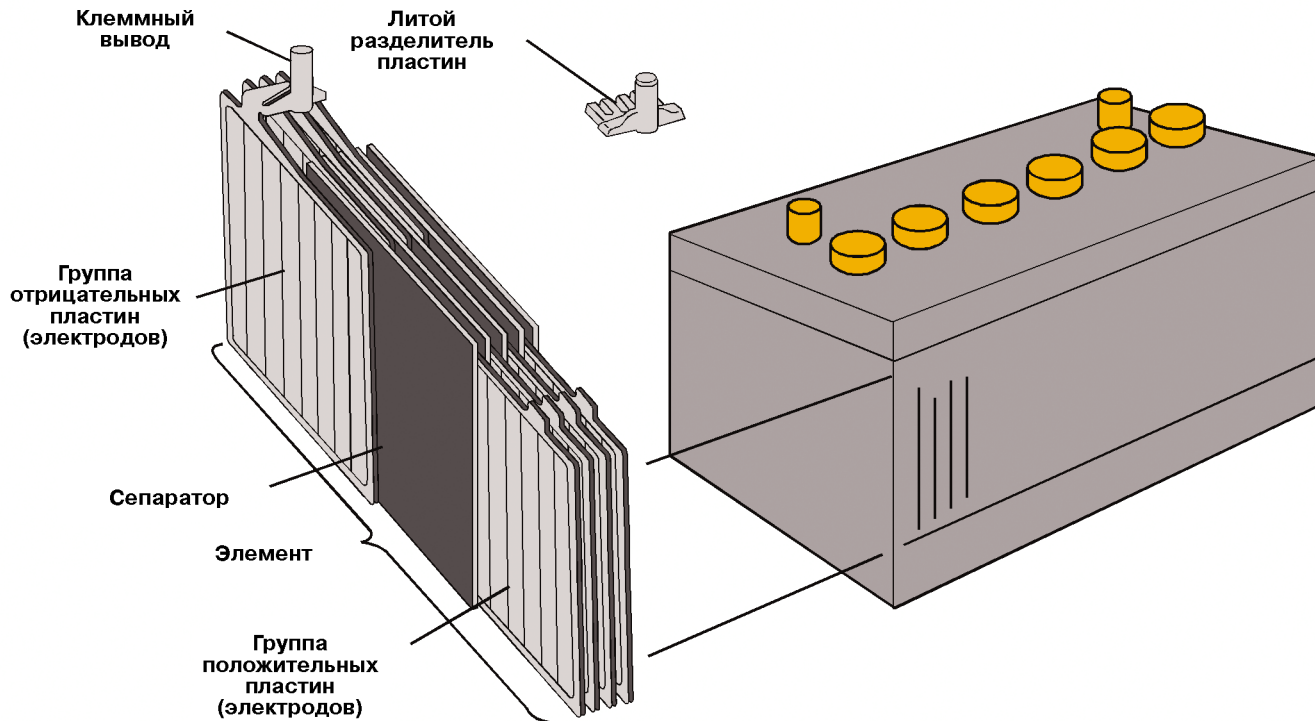


Рис. 108

g01072957

Аккумуляторная батарея сохраняет электрическую энергию в виде химической энергии, чтобы выдавать ее в виде электрической энергии для питания электрической системы машины. Ее потребителями являются пусковые, зарядные и вспомогательные цепи. Ток аккумуляторной батареи вырабатывается за счет химической реакции, происходящей между активными материалами, содержащимися в пластинах аккумуляторной батареи, и серной кислотой, имеющейся в электролите. Аккумуляторная батарея служит стабилизатором напряжения системы. Наконец, аккумуляторная батарея служит аккумулятором или резервуаром энергии.

После некоторого периода аккумуляторная батарея разряжается и не может отдавать электрический ток. Аккумуляторная батарея при этом должна быть перезаряжена постоянным током, подаваемым в нее в направлении, противоположном направлению вытекания тока из аккумуляторной батареи. При нормальной работе аккумуляторная батарея поддерживается заряженной за счет тока, поступающего из подзарядного генератора.

При штатном функционировании аккумуляторная батарея должна обеспечивать:

- Ток необходимый для пуска двигателя.
- Ток электропитания, когда потребление превышает выходную силу тока системы зарядки.
- Стабилизацию напряжения в системе во время ее работы.

Конструкция аккумуляторной батареи

Аккумуляторная батарея собирается из отдельных элементов, помещаемых в жесткий резиновый или пластиковый корпус. Основной частью каждого элемента являются положительные и отрицательные пластины (электроды), показанные на рисунке 108. Поверхность отрицательных пластин покрыта свинцом, серого цвета, тогда как положительные пластины покрыты оксидом свинца, имеющим коричневый цвет. Отрицательные пластины и положительные пластины соединены в группы пластин. В некоторых аккумуляторных батареях количество пластин в группе с отрицательными пластинами на одну больше, чем в группе положительных пластин. Это позволяет вывести отрицательные пластины снаружи группы при взаимном соединении групп. В других аккумуляторных батареях используется одинаковое количество положительных и отрицательных пластин.

Каждая пластина в чередующейся группе отделяется от соседней пористыми сепараторами, которые свободно пропускают электролит вокруг работающих пластин. Полный узел называется элементом. Элементы различных ячеек (банок) соединяются последовательно для увеличения напряжения. Ячейки отделены друг от друга, поэтому обмена электролита между ячейками нет. Каждая ячейка вырабатывает приблизительно 2,2 В. Поэтому при последовательном соединении между собой шести ячеек аккумуляторной батареи вырабатывается приблизительно 13,2 В.

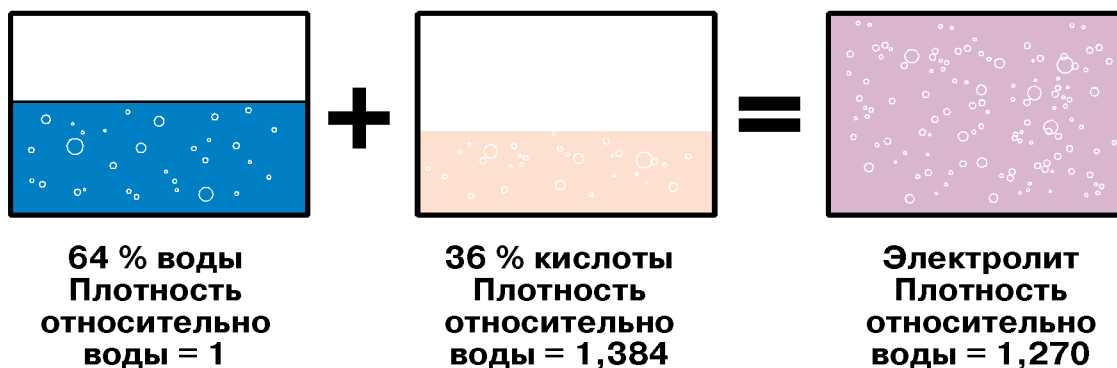


Рис. 109

g01072958

Электролит полностью заряженной аккумуляторной батареи представляет собой раствор концентрированной серной кислоты в воде. Электролит имеет относительную плотность приблизительно 1,270 при температуре 27 °C (80 °F), что означает, что электролит в 1,270 раза плотнее воды. Раствор состоит приблизительно из 36 % серной кислоты H_2SO_4 и 64 % воды H_2O .

Вода для аккумуляторной батареи

Необходимость использования чистой воды в аккумуляторных батареях всегда была предметом споров. Несомненно, примеси в воде оказывают влияние на ресурс и характеристики аккумуляторной батареи. Влияние примесей, содержащихся в воде, в действительности значительно зависит от концентрации минералов, содержащихся в воде. В общем, Вас не обязывают использовать дистиллированную воду вместо водопроводной воды, но все же лучше использовать для аккумуляторной батареи дистиллированную воду.

Выводы аккумуляторной батареи

Аккумуляторные батареи имеют отрицательные и положительные выводы. Положительный вывод имеет больший диаметр во избежание присоединения аккумуляторной батареи в обратной полярности. Положительный вывод отмечен знаком (+), нанесенным сверху, а отрицательный вывод помечен сверху знаком (-). Около выводов или на них могут наноситься другие обозначения - "POS" (положительный) и "NEG" (отрицательный). На выводах устанавливаются цветные пластмассовые кольца - красное на положительном и черное на отрицательном выводе.

Вентиляционные колпачки аккумуляторной батареи

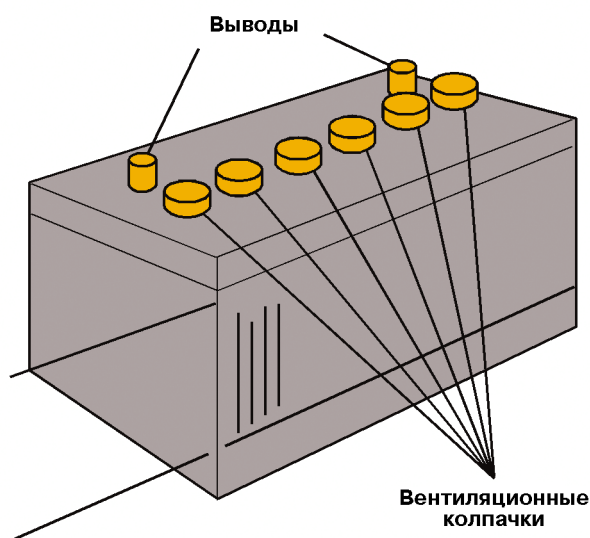


Рис. 110

g01072960

Вентиляционные колпачки устанавливаются на крышке каждой ячейки батареи. На некоторых аккумуляторных батареях на каждой ячейке устанавливаются свои вентиляционные колпачки. В некоторых аккумуляторных батареях три ячейки объединены в группу, имеющую единую вентиляцию. Вентиляционные колпачки закрывают отверстия доступа, через которые можно проверить уровень и долить воду. Отверстия доступа обеспечивают выход газов, выделяющихся при зарядке аккумуляторной батареи.

Потенциал аккумуляторной батареи

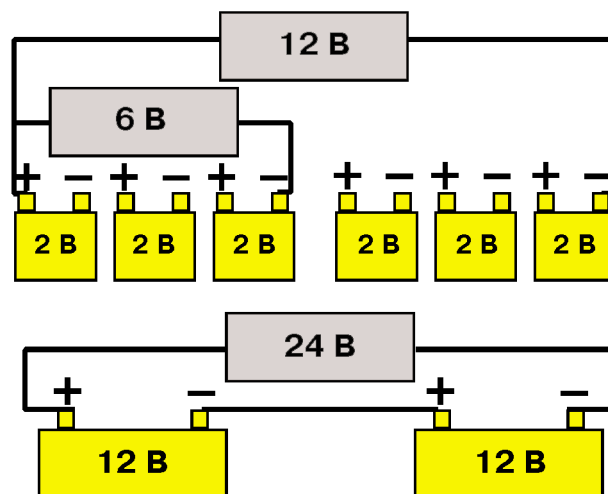
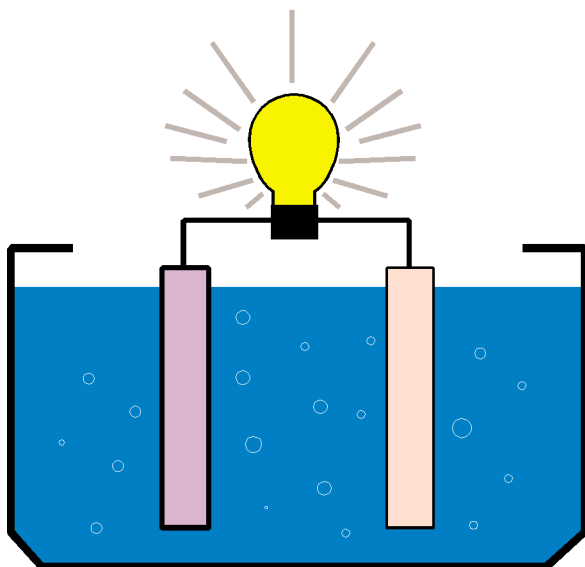


Рис. 111

g01072962

Каждая ячейка аккумуляторной батареи имеет потенциал (эдс) приблизительно 2 В. Аккумуляторные батареи с напряжением 6 В состоят из трех ячеек, соединенных последовательно. Аккумуляторные батареи с напряжением 12 В состоят из шести ячеек, соединенных последовательно. (Смотрите рисунок 111, верхнюю схему). При необходимости более высокого напряжения используется группа аккумуляторных батарей. На рисунке 111 (нижняя схема) показаны две аккумуляторные батареи, соединенные последовательно, для обеспечения напряжения 24 В.

Как работает аккумуляторная батарея



Ток

**вырабатывается
отдельными
электродами,
погруженными
в раствор
электролита**

Рис. 112

g01072967

Аккумуляторная батарея вырабатывает электрический ток за счет химической реакции между активными веществами разноименных пластин и серной кислоты, содержащейся в электролите. При протекании химической реакции аккумуляторная батарея разряжается. Аккумуляторная батарея станет разряженной, когда прореагирует все активное вещество. После этого аккумуляторная батарея должна быть заряжена вновь перед последующим использованием.

Заметьте, что аккумуляторные батареи, имеющие одно и то же напряжение (эдс), могут вырабатывать разную силу тока. Это объясняется тем, что сила тока, вырабатываемая аккумуляторной батареей, зависит от количества и размера пластин аккумуляторной батареи. Чем больше в ней пластин, тем масштабней химическая реакция, происходящая между электролитом и пластинами, и тем больше вырабатываемая сила тока. Если две аккумуляторные батареи 12 В имеют разное количество пластин, то аккумуляторная батарея, имеющая большее количество пластин будет отдавать большую силу тока и будет обладать большей емкостью.

Рабочие циклы

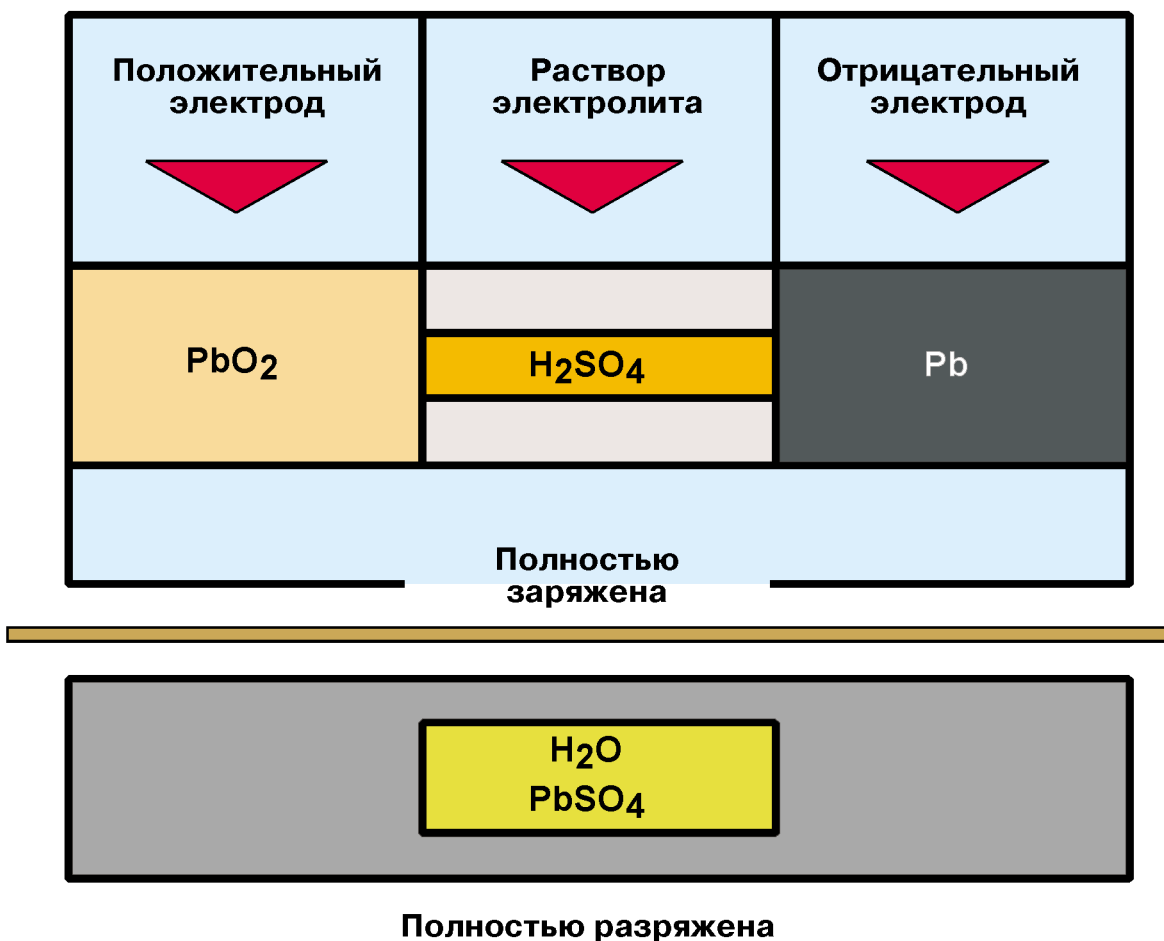


Рис. 113

g01072970

Аккумуляторная батарея имеет два рабочих цикла:

- цикл разрядки;
- цикл зарядки.

- Отрицательные пластины изготавливаются из свинца Pb . Свинец также соединяется с сульфатными радикалами, находящимися в электролите, с образованием сульфата свинца $PbSO_4$.

Цикл разрядки

Когда аккумуляторная батарея отдает электрический ток, она разряжается. При разрядке аккумуляторной батареи происходят следующие химические реакции:

- Положительные пластины изготовлены из оксида свинца PbO_2 . Свинец Pb вступает в химическое соединение с сульфатным радикалом SO_4 , имеющимся в электролите H_2SO_4 , с образованием сульфата свинца $PbSO_4$. В то же время кислород O_2 из перекиси свинца соединяется с водородом H , находящимся в электролите, с образованием воды H_2O .

- В процессе разрядки сульфат свинца откладывается как на положительных пластинах, так и на отрицательных пластинах, в результате чего обе пластины становятся схожими. В результате такого отложения происходит потеря напряжения ячейки, поскольку напряжение зависит от того, насколько отличаются положительные и отрицательные пластины. По мере разрядки аккумуляторной батареи на пластинах образуется все больше сульфата свинца, а в электролите все больше воды. Заметим, что хотя радикалы SO_4 уходят из электролита, они остаются в аккумуляторной батарее. Поэтому не следует доливать серную кислоту H_2SO_4 в аккумуляторную батарею. Повышенная концентрация радикалов SO_4 может вызвать только увеличение скорости саморазрядки аккумуляторной батареи относительно нормальной скорости саморазрядки. Единственное вещество, которое должно доливаться в аккумуляторную батарею, это вода.

Цикл зарядки

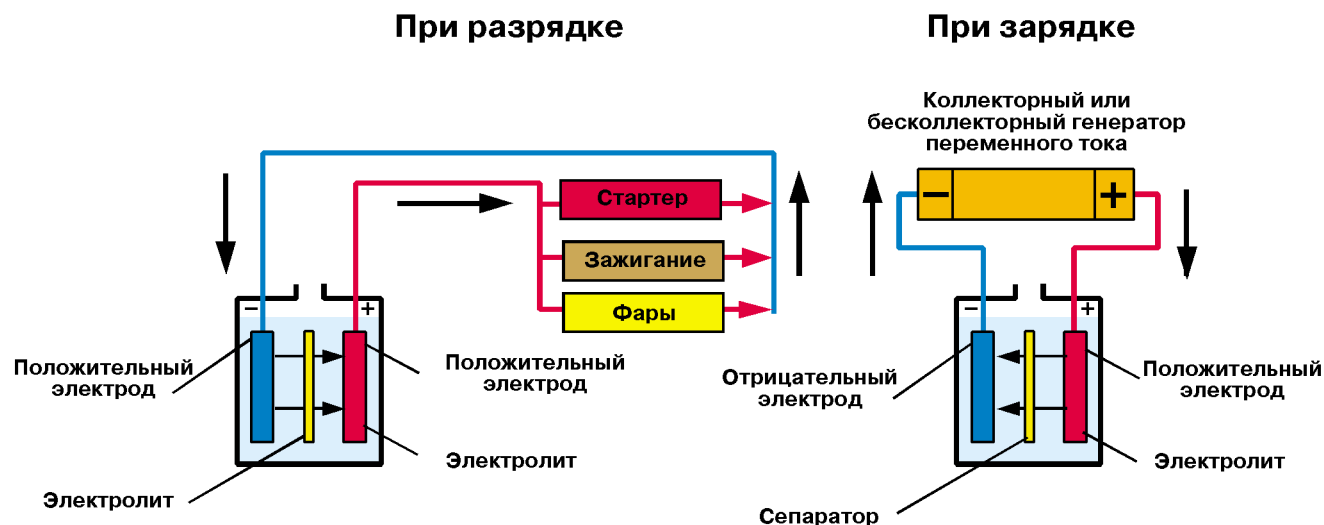


Рис. 114

g01072971

Химические реакции, происходящие в ячейке аккумуляторной батареи во время цикла зарядки (смотрите рисунок 114), совершенно противоположны реакциям, идущим во время цикла разрядки. Сульфатные радикалы переходят из пластин в электролит. При этом восстанавливается концентрация серной кислоты. Кислород, находящийся в воде разряженного электролита, реагирует со свинцом на положительной пластине с образованием оксида свинца.

Аккумуляторные батареи и цепь зарядки

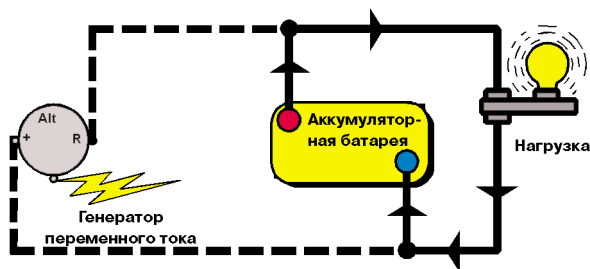


Рис. 115

g01072972

Аккумуляторные батареи работают в цепи зарядки генератора переменного тока. Аккумуляторная батарея, обеспечивая электрические цепи электропитанием, разряжается. Генератор переменного тока направляет ток в аккумуляторную батарею, вновь заряжая ее. Работа цепи зарядки меняется с ЧВД. Когда двигатель остановлен, только аккумуляторная батарея обеспечивает цепи вспомогательных устройств электропитанием. При малой ЧВД могут вырабатывать электрический ток как аккумуляторная батарея, так и генератор переменного тока. При больших ЧВД работает в основном генератор переменного тока, обеспечивая достаточной силой тока работу потребителей электроэнергии. Генератор переменного тока будет также вновь заряжать аккумуляторную батарею. Регулятор напряжения ограничивает выходное напряжение генератора переменного тока до безопасного значения, исключающего перезаряд аккумуляторной батареи при больших ЧВД.

Электролиз



Рис. 116

g01072977

Когда через воду протекает электрический ток, молекулы воды расщепляются на свои составные части: водород и кислород. Эти газы всплывают на поверхность и уходят в воздух. Уровень воды соответственно снижается. Этот процесс называется электролизом. Электролиз происходит всякий раз при заряде аккумуляторной батареи. При протекании электрического тока через электролит происходит электролиз и снижается уровень воды.

Изменение эффективности аккумуляторной батареи или напряжение на выводах

Напряжение аккумуляторной батареи не постоянно. Аккумуляторная батарея не всегда выдает напряжение 12 В. В числе основных факторов, влияющих на напряжение на выводах аккумуляторной батареи, являются температура и цикл работы.

Температура

Аккумуляторная батарея вырабатывает электрический ток за счет химических реакций, происходящих при воздействии серной кислоты на положительные пластины и отрицательные пластины. При пониженных температурах скорость взаимодействия химических реагентов уменьшается. Поэтому напряжение аккумуляторной батареи уменьшается. Температура влияет на напряжение на выводах из аккумуляторной батареи. При уменьшении температуры аккумуляторная батарея становится менее эффективной, тогда как для пуска двигателя требуется более сильный ток. При температуре 27 °C (80 °F) аккумуляторная батарея имеет эффективность 100 %. Аккумуляторная батарея обеспечивает всю необходимую для пуска двигателя мощность. При температуре -30 °C (-22 °F) аккумуляторная батарея имеет эффективность, равную всего 30 %.

Типы аккумуляторных батарей

Различают два основных типа аккумуляторных батарей, применяемых в самоходных машинах и тяжелом оборудовании:

- обычные;
- необслуживаемые.

Обычные аккумуляторные батареи

Обычные аккумуляторные батареи могут быть сухозаряженные или заправленные электролитом и заряженные. Сухозаряженная аккумуляторная батарея содержит полностью заряженные элементы, но не содержит электролита. После активации сухозаряженной аккумуляторной батареи заправкой электролита сухозаряженная аккумуляторная батарея становится такой же, как и заправленная электролитом и заряженная аккумуляторная батарея. Сухозаряженная аккумуляторная батарея остается в полностью заряженном состоянии, пока в ее ячейки не проникнет влага. Если сухозаряженная аккумуляторная батарея хранится в холодном сухом месте, аккумуляторная батарея не теряет своего заряда до момента использования.

Активация сухозаряженной аккумуляторной батареи производится обычно на складе, откуда аккумуляторная батарея продается дилером. Для обеспечения гарантии применения необходимого электролита и надлежащей активации аккумуляторной батареи многие изготовители поставляют комплектно электролит для сухозаряженных аккумуляторных батарей с приложением инструкции по ее активации. Следует тщательно выполнять эти инструкции.

Заправленные электролитом и заряженные аккумуляторные батареи содержат полностью заряженные элементы, заправленные электролитом на заводе-изготовителе. Заправленная электролитом и заряженная аккумуляторная батарея не сохраняет заряд при хранении. Заправленная электролитом и заряженная аккумуляторная батарея должна периодически заряжаться. Во время хранения, хотя аккумуляторная батарея и не работает, между электролитом и ее пластинами происходит реакция, что приводит к потере заряда аккумуляторной батареи. Эта реакция называется саморазрядом. Скорость саморазряда прямо пропорциональна температуре электролита.

Полностью заряженная аккумуляторная батарея, хранящаяся при температуре 38 °C (100 °F), разряжается полностью через время хранения 90 дней. Та же аккумуляторная батарея, хранящаяся при температуре 15 °C (59 °F), будет еще сохранять заряд спустя 90 дней. Заправленные электролитом и заряженные аккумуляторные батареи должны храниться по возможности в холодном месте, при температуре, исключающей замерзание электролита.

Заметьте, что заправленная электролитом и полностью заряженная аккумуляторная батарея не замерзает, пока температура не снизится до -60 °C (-76 °F), тогда как разряженная аккумуляторная батарея с плотностью электролита 1,100 замерзает при температуре -8 °C (17 °F). Заправленные электролитом и заряженные аккумуляторные батареи, хранящиеся длительное время без повторного заряда, могут постепенно повреждаться за счет образования твердых плотных кристаллов сульфата свинца на пластинах. Для предотвращения кристаллообразования хранящиеся заправленные электролитом и заряженные аккумуляторные батареи подлежат полной зарядке через каждые 30 дней.

Необслуживаемые аккумуляторные батареи

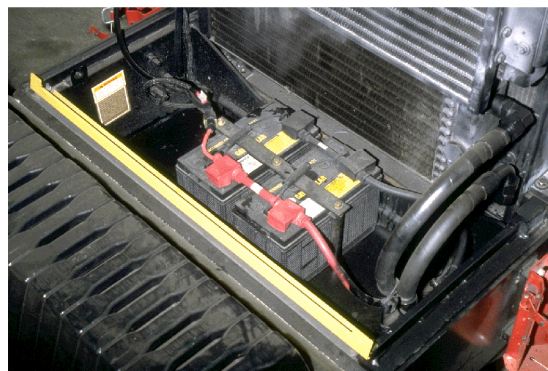


Рис. 117

g01072981

Необслуживаемая аккумуляторная батарея была разработана для сокращения ухода за аккумуляторной батареей и увеличения ее надежности и долговечности. Необслуживаемая аккумуляторная батарея выглядит внешне как обычная аккумуляторная батарея, однако необслуживаемая аккумуляторная батарея не имеет заправочных колпачков, поскольку электролит в ней полностью герметизирован. Некоторые из таких аккумуляторных батарей содержат индикатор степени заряженности.

Индикатор представляет собой встроенный плотномер (ареометр), в котором имеется небольшой зеленый шарик. Шарик плавает, если плотность электролита равна или больше 1,225. Индикатор может использоваться в качестве простого средства оценки степени заряженности аккумуляторной батареи. Индикатором следует пользоваться в соответствии с рекомендациями изготовителя.

Характеристики необслуживаемых аккумуляторных батарей

Поскольку электролит герметизирован, аккумуляторная батарея не нуждается в пополнении в течение всего срока службы. Аккумуляторная батарея не нуждается в проверке уровня электролита. Устранены трудности, связанные с недоливом или переливом электролита. В процессе разряда и заряда образуются газы. Газы, поднявшиеся к верхней части корпуса, улавливаются газоотделителем. Газы охлаждаются и конденсируются и далее сливаются в бачок для электролита. Возникающее давление сбрасывается через небольшое вентиляционное отверстие с огнезащитной сеткой, расположенное на боковой крышке.

В необслуживаемых и обычных аккумуляторных батареях имеются группы пластин, но конструкция этих групп отличается. Другое отличие заключается в том, что пластины окружены оболочкой, работающей в качестве сепаратора. В оболочках собирается осадок по мере отделения материала от стареющих пластин. Оболочки связаны друг с другом. Оболочки позволяют устанавливать элемент на дно корпуса.

Элементы же обычной аккумуляторной батареи приподняты в корпусе для того, чтобы оставить место для сбора осадка, исключая касание осадком пластин. За счет возможности установки на дно корпуса электролит лучше покрывает пластины. Увеличивается эффективность аккумуляторной батареи.

Другим важным конструктивным отличием необслуживаемых аккумуляторных батарей является тип применяемого материала для изготовления решетки каждой пластины ячейки. В обычной аккумуляторной батарее решетка изготавливается из свинцово-сурьмяного сплава. В необслуживаемой аккумуляторной батарее решетка изготавливается из сплава свинца и кальция. За счет применения другого материала для изготовления решетки необслуживаемая аккумуляторная батарея перестает нуждаться в пополнении водой. За счет применения решетки из сплава свинца и кальция значительно уменьшается газовыделение и, соответственно, потеря воды по сравнению с аккумуляторной батареей с пластинами из сплава свинца и сурьмы.

Аккумуляторная батарея глубокого циклирования

Разновидностью стандартной свинцово-кислотной аккумуляторной батареи, применяемой в транспортных средствах с двигателем внутреннего сгорания и в тяжелом оборудовании, является аккумуляторная батарея глубокого циклирования. Это тоже свинцово-кислотная аккумуляторная батарея, но такая аккумуляторная батарея разработана специально для такого оборудования, в котором нет встроенной системы зарядки для электропитания электрической системы и поддержания аккумуляторной батареи в заряженном состоянии.

Аккумуляторная батарея глубокого циклирования может также использоваться там, где используется аккумуляторная батарея для обеспечения работы электрических систем, когда двигатель не работает.

В аккумуляторной батарее глубокого циклирования используется более плотное активное вещество и более толстые пластины. Это способствует удержанию активного вещества в решетке во время глубоких разрядных и зарядных циклов. Для усиления пластин могут использоваться стеклянные сепараторы для уменьшения возможности повреждения от вибрации или осыпания активного вещества с решетки. Аккумуляторная батарея глубокого циклирования может полностью разряжаться и заряжаться многократно, не повреждаясь. Обычные аккумуляторные батареи, применяемые в транспортных средствах с двигателем внутреннего сгорания и в тяжелом оборудовании, могли бы довольно быстро выйти из строя при таких условиях глубокого циклирования.

Номинальные характеристики аккумуляторной батареи

Емкость аккумуляторной батареи (количество электрического тока, которое может отдать аккумуляторная батарея) зависит от следующих факторов:

- Количества, площади и толщины пластин.
- Качества и концентрации электролита.

Многие годы для характеристики емкости аккумуляторных батарей использовалась такая характеристика, как номинальная емкость, пока в 1971 г. Ассоциацией инженеров автотракторных средств (SAE) и Международным советом по аккумуляторным батареям (BCI) не были приняты новые номинальные параметры.

Существует три способа оценки номинальных параметров аккумуляторных батарей, применяемых на автотранспорте, - это ток холодного пуска, пусковой ток и резервная емкость.

Ток холодного пуска

Основной работой аккумуляторной батареи является пуск двигателя. Для этого режима характерна большая скорость разряда, выражаемая в амперах, в течение короткого времени. Аккумуляторной батарее труднее отдавать мощность, если она холодная. В то же время для пуска холодного двигателя требуется более высокая мощность. Током холодного пуска называется:

- Разрядная нагрузка, выраженная в амперах, которую полностью заряженная аккумуляторная батарея при температуре -18°C (-0°F) может непрерывно отдавать в течение 30 с при поддержании напряжения 1,2 В на ячейке.

Многие недорогие аккумуляторные батареи могут отдавать силу тока только 200 А, тогда как мощные аккумуляторные батареи в тех же условиях будут отдавать силу тока до 1000 А. Характеристика холодного пуска аккумуляторной батареи должна соответствовать потребляемой мощности запускаемого ею двигателя. Если для пуска холодного двигателя требуется сила тока 400 А, очевидно, что применение дешевых аккумуляторных батарей, отдающих силу тока всего 200 А, будет неприемлемо.

Пусковой ток

Пусковой ток при температуре 0°C (32°F) это новый номинальный параметр, недавно утвержденный Международным советом по аккумуляторным батареям. Пусковым током назван разрядный ток в амперах новой полностью заряженной аккумуляторной батареи при температуре 0°C (32°F), который может отдаваться непрерывно в течение 30 с при поддержании напряжения 1,2 В на элементе.

Резервная емкость

Резервная емкость определяется как способность аккумуляторной батареи поддерживать минимальный ток нагрузки электрической системы машины в случае неисправности системы зарядки. Это также мера сравнения для оценки способности аккумуляторной батареи обеспечивать электропитание машин, имеющих небольшой паразитный ток потребления, в течение длительного времени, сохраняя достаточную емкость для пуска двигателя. Определение номинальной резервной емкости приводится ниже:

- Количество минут, в течение которых новую, полностью заряженную аккумуляторную батарею можно полностью разряжать силой тока 25 А при температуре $26,7^{\circ}\text{C}$ (80°F) и поддерживать напряжение на выводах не менее 1,75 В на одной ячейке.

Использование аккумуляторной батареи и ее замена

Заменяйте аккумуляторную батарею другой аккумуляторной батареей, равной по емкости первоначальной. Аккумуляторная батарея меньшей емкости, которая может вначале казаться приемлемой, может отказать в результате излишнего циклирования, сокращающего ресурс аккумуляторной батареи. Может потребоваться аккумуляторная батарея большей емкости, чем первоначальная, если в электрическую цепь машины будут дополнительно установлены вспомогательные устройства типа кондиционера воздуха.

При чрезмерной электрической нагрузке может потребоваться высокая выходная мощность генератора переменного тока. Повышенная выходная мощность генератора переменного тока поможет поддерживать аккумуляторную батарею в заряженном состоянии и увеличит ресурс аккумуляторной батареи.

Зарядка аккумуляторной батареи



Рис. 118

g01072982

При использовании аккумуляторной батареи состояние ее будет меняться от полностью заряженного до полностью разряженного состояния. При проверке аккумуляторной батареи и выяснении, какой требуется заряд для аккумуляторной батареи, необходимо решить, как вновь зарядить аккумуляторную батарею.

Зарядные устройства для аккумуляторной батареи

Во время работы двигателя степень заряженности аккумуляторной батареи поддерживается системой зарядки. Случается, что аккумуляторная батарея разряжается. Если не принять своевременных мер, может оказаться, что мощность аккумуляторной батареи недостаточна для пуска двигателя. Если степень заряженности аккумуляторной батареи недостаточная, аккумуляторная батарея должна быть заряжена вновь. Повторный заряд аккумуляторной батареи можно выполнить, когда аккумуляторная батарея находится на машине или после снятия аккумуляторной батареи с машины. Существует ряд различных зарядных устройств для аккумуляторной батареи.

Зарядные устройства с постоянным уровнем тока

Устройство зарядки с постоянным уровнем тока обеспечивает постоянную силу тока или заданное значение электрического тока для аккумуляторной батареи. Рекомендуемая скорость заряда равна 1 А на одну положительную пластину аккумуляторной батареи на одну ячейку. Например, если аккумуляторная батарея имеет пять положительных пластин в одной ячейке, аккумуляторная батарея должна заряжаться током 5 А. Большинство аккумуляторных батарей, заряжаемых с малой скоростью с помощью устройства зарядки с постоянным уровнем тока, заряжаются током от 5 до 6 А.

Устройства зарядки при постоянном напряжении

Устройство зарядки при постоянном напряжении обеспечивает при зарядке аккумуляторной батареи постоянное напряжение, например, 15 В для аккумуляторной батареи 12 В. Такое зарядное устройство заряжает аккумуляторную батарею довольно большой силой тока, когда заряд аккумуляторной батареи мал. По мере зарядки аккумуляторной батареи сила тока снижается почти до нуля, когда аккумуляторная батарея станет полностью заряженной. Устройства зарядки при постоянном напряжении значительно более распространены, чем зарядные устройства с постоянным уровнем тока.

Зарядка обычных аккумуляторных батарей

Обычно время становится решающим фактором при решении, быстро или медленно заряжать аккумуляторную батарею. Очевидно, лучше заряжать аккумуляторную батарею медленней, поскольку при этом основательнее произойдет зарядка. Однако не всегда имеется достаточно времени для проведения медленной зарядки (от 24 до 48 ч) и в таких случаях прибегают к быстрой зарядке.

Медленные зарядные устройства для зарядки постоянным уровнем тока

Медленное зарядное устройство может быть для зарядки постоянным уровнем тока или при постоянном напряжении (наиболее распространен способ зарядки при постоянном напряжении). Максимальное напряжение, обеспечиваемое зарядным устройством, приводится на зарядном устройстве. Например, зарядное устройство на 60 В может использоваться для зарядки пяти аккумуляторных батарей 12 В (всего 60 В) или десяти аккумуляторных батарей 6 В (всего 60 В).

Термин медленная зарядка относится к токам заряда 10 А или меньше. При зарядке нескольких аккумуляторных батарей разной емкости усредняйте скорость зарядки. На некоторых новых зарядных устройствах нет смысла беспокоиться или усреднять ток по числу положительных пластин. На таких зарядных устройствах имеется желтый, зеленый и красный диапазон индикатора скорости зарядки и рекомендуется устанавливать режим зарядки в пределах зеленого диапазона.

Для соединения с устройством зарядки с постоянным уровнем тока возьмите черный вывод (отрицательный) зарядного устройства и присоедините его к положительному выводу последней аккумуляторной батареи. Соедините аккумуляторные батареи с помощью надежных перемычек, присоединяя положительные выводы с отрицательными, образуя последовательную цепь.

Перепроверьте все соединения, медленно поворачивая соединения на выводах. Наконец, включите зарядное устройство и установите требуемую скорость заряда на зарядном устройстве.

Степень заряженности заряжаемой аккумуляторной батареи должна проверяться по-возможности два раза в день. Полное время зарядки может в значительной степени меняться в зависимости от силы зарядного тока. По окончании 48 ч аккумуляторные батареи должны стать полностью заряженными. Если аккумуляторная батарея стала полностью заряженной и плотность электролита равна 1,275 или больше до окончания 48 ч, снимите ее.

Медленные зарядные устройства для зарядки при постоянном напряжении

Устройства зарядки при постоянном напряжении присоединяются к аккумуляторным батареям параллельно. Максимальное количество аккумуляторных батарей, которое может заряжать зарядное устройство, отмечается на зарядном устройстве.

Регулятор напряжения устанавливается на заданное значение, например, 15 В для аккумуляторной батареи 12 В. Ток зарядки автоматически отслеживается зарядным устройством. Ток зарядки будет большим в начале зарядки, после присоединения разряженной аккумуляторной батареи к зарядному устройству. Ток зарядки будет постепенно уменьшаться по мере зарядки аккумуляторной батареи до полностью заряженного состояния. Присоединение аккумуляторных батарей параллельно к устройству зарядки при постоянном напряжении начните с черного вывода (отрицательного) зарядного устройства, соединив его с отрицательным (-) выводом первой аккумуляторной батареи. Соедините друг с другом отрицательные выводы, затем друг с другом положительные выводы аккумуляторных батарей.

Как и в случае устройства зарядки постоянным уровнем тока, проверяйте плотность электролита заряжаемых аккумуляторных батарей два раза в день, и снимайте аккумуляторные батареи по мере их полной зарядки.

Быстрые зарядные устройства

Быстрые зарядные устройства обеспечивают аккумуляторную батарею большим зарядным током в течение короткого времени, не превышающего обычно одного часа. Быстрые зарядные устройства, в отличие от медленных зарядных устройств, портативны. Медленные зарядные устройства монтируются обычно на стене, или устанавливаются стационарно на стендах. Портативные быстрые зарядные устройства могут использоваться для зарядки аккумуляторной батареи непосредственно на машине. Обычно с помощью быстрого зарядного устройства заряжают только одну аккумуляторную батарею за сеанс. Многие современные быстрые зарядные устройства имеют возможность устанавливать режим медленной зарядки аккумуляторной батареи.

Предостережения при быстрой зарядке

При зарядке аккумуляторной батареи, особенно в режиме быстрой зарядки, не допускайте нагревания электролита выше 51 °C (123 °F).

При быстрой зарядке аккумуляторных батарей отслеживайте цвет электролита. Как и аккумуляторная батарея, по мере старения цвет электролита меняется из-за осадка. Во время быстрой зарядки происходит отслоение материала с образованием осадка. Осадок может попадать между пластинами. Это может вызвать короткое замыкание. Проверяйте цвет электролита с помощью плотномера. Если начинает появляться осадок, уменьшите зарядный ток.

Рекомендуемая методика зарядки аккумуляторной батареи

Перед присоединением обычных аккумуляторных батарей к зарядному устройству убедитесь в чистоте верхней части аккумуляторной батареи и в надлежащем уровне электролита.

Все зарядные устройства питаются от источника переменного тока 110 В или 220 В.

Перед присоединением зарядного устройства к аккумуляторной батарее зарядное устройство должно быть ОТКЛЮЧЕНО.

Присоединяя зарядное устройство, соблюдайте правильную полярность. Всегда присоединяйте отрицательный вывод устройства к отрицательному выводу аккумуляторной батареи, а положительный вывод к положительному. Большинство зарядных устройств имеют защиту от неверного соблюдения полярности при включении.

Проверьте настройку напряжения зарядного устройства перед тем, как установить зарядное устройство в положение ВКЛЮЧЕНО. На медленном зарядном устройстве для зарядки при постоянном уровне напряжения установите напряжение в соответствии со значением напряжения заряжаемых аккумуляторных батарей. На устройстве зарядки постоянным уровнем тока установите напряжение зарядки 6 или 12 В аккумуляторной батареи, в зависимости от того, какая заряжается.

Время зарядки

При зарядке аккумуляторных батарей в режиме медленной зарядки проверяйте плотность электролита дважды в день, чтобы контролировать степень заряженности аккумуляторной батареи. Не продолжайте заряжать аккумуляторную батарею, если проверка указывает, что аккумуляторная батарея зарядилась полностью. Устанавливайте время быстрой зарядки не более одного часа. Отслеживайте, не перегревается ли аккумуляторная батарея.

Всегда отключайте зарядное устройство перед его отсоединением, чтобы предотвратить возможность взрыва выделяющегося при зарядке водорода от искры. Запрещается заряжать аккумуляторную батарею в местах возможного образования искр, например при сварочных или шлифовальных работах.

Зарядка необслуживаемых аккумуляторных батарей

Необслуживаемые аккумуляторные батареи заряжают с помощью зарядного оборудования для обычных аккумуляторных батарей. Токи быстрого и медленного режима зарядки для необслуживаемых аккумуляторных батарей меньше и, соответственно, время зарядки пропорционально больше.

Пуск с помощью соединительных проводов

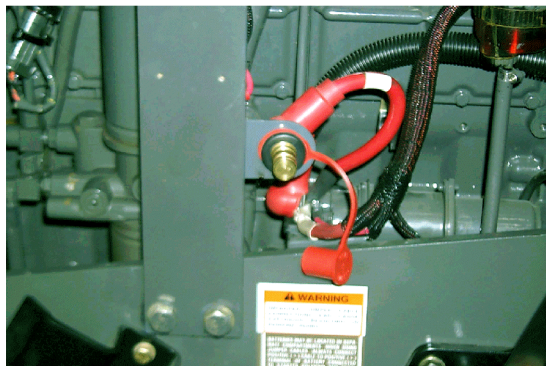


Рис. 119

g01072983

При отсутствии зарядного устройства общепринятым способом пуска машины с разряженной аккумуляторной батареей является пуск от комплекта аккумуляторной батареи с помощью соединительных, или пусковых проводов. Перед присоединением пусковых проводов убедитесь в том, что все вспомогательные электрические устройства, такие как осветительные приборы, радио, стеклоочистители ОТКЛЮЧЕНЫ.

Проверяйте напряжение аккумуляторной батареи, когда запускаете машину с помощью пусковых проводов. При штатной аккумуляторной батарее 6 В присоединяйтесь к аккумуляторной батарее 6 В, а при штатной аккумуляторной батарее 12 В присоединяйтесь к аккумуляторной батарее 12 В. Это важно, поскольку есть опасность возникновения дуги при соединении пускового провода, которая может стать причиной взрыва аккумуляторной батареи.

В системах пуска тяжелого режима эксплуатации, где используются две последовательно соединенные аккумуляторные батареи 12 В для обеспечения пускового напряжения 24 В, должны приниматься специальные меры предосторожности, чтобы исключить повреждение электрических устройств при пуске с помощью пусковых проводов. Прочитайте рекомендации, приведенные в Руководстве по техническому обслуживанию, перед тем, как пытаться запустить машину с такой аккумуляторной батареей с помощью пусковых проводов. Вам потребуется два комплекта пусковых проводов и две аккумуляторные батареи по 12 В.

Перед присоединением пусковых проводов проверьте полярность выводов. Присоединяйте отрицательный концы пусковых проводов с отрицательными выводами, а положительные с положительными (как и при замене существующего источника электропитания).

Присоедините пусковые провода в следующем порядке:

1. Присоедините один зажим провода к положительному выводу неисправной аккумуляторной батареи.
2. Присоедините другой конец к положительному выводу внешней аккумуляторной батареи.
3. Присоедините другой зажим к отрицательному выводу внешней аккумуляторной батареи.
4. Затем присоедините другой конец к блоку двигателя машины с неисправной аккумуляторной батареей.

Снятие проводов проводите в порядке, обратном порядку присоединения. Держите зажимы отдельно друг от друга до тех пор, пока провода не будут отсоединены от источника электропитания, во избежание возникновения электрической дуги.

Техническое обслуживание аккумуляторной батареи

Аккумуляторная батарея является сердцем электрической системы. Нельзя точно проверить ни одну часть электрической системы, не поддерживая аккумуляторную батарею в полностью заряженном и исправном состоянии.

Проверка аккумуляторной батареи

Для выяснения причины неправильной работы аккумуляторной батареи необходима ее проверка. Проверьте и испытайте аккумуляторные батареи:

- Проверьте плотность электролита (химическое испытание)
- Испытайте под нагрузкой

Проверка плотности электролита обычной аккумуляторной батареи

Плотность электролита можно выражать плотностью относительно плотности воды. Определяя плотность электролита аккумуляторной батареи, вы оцениваете степень заряженности аккумуляторной батареи по концентрации серной кислоты в водном растворе электролита. Концентрация электролита прямо пропорциональна степени заряженности каждой ячейки. Чем больше плотность, тем больше способность аккумуляторной батареи вырабатывать электрический потенциал. Проверка плотности электролита проводится с помощью плотномера (ареометра).

Плотномер (ареометр)



Рис. 120

g01072984

Ареометры, для обеспечения точности измерений, подвергаются калибровке при температуре 27 °C (80 °F). Для правильного определения плотности, если температура электролита отличается от 27 °C (80 °F): прибавьте к показанию ареометра 0,004 на каждые 5,5 °C (41 °F), превышающие 27 °C (80 °F). Вычтите из показаний плотности 0,004 на каждые 5,5 °C (41 °F) меньше 27 °C (80 °F). Эта поправка, учитывающая температурное расширение и сжатие электролита, стандартна.

С помощью ареометра следует проверить плотность каждой ячейки аккумуляторной батареи. Если вода доливалась в аккумуляторную батарею недавно, то ареометр может дать ошибочное показание степени заряженности аккумуляторной батареи. Зарядите аккумуляторную батарею в течение времени, достаточного для перемешивания воды и электролита. Затем проверьте ячейки аккумуляторной батареи с помощью ареометра.

Плотность электролита полностью заряженных аккумуляторных батарей разного типа может отличаться. Типичные значения приведены ниже.

Таблица 2

Степень заряженности	Плотность
100 %	1,280
75%	1,250
50 %	1,220
25%	1,190
0 %	1,130

Электролит должен быть чистым. Мутно-коричневый цвет является признаком осыпания материала пластины и неисправности аккумуляторной батареи.

Если плотность электролита меньше 1,250, аккумуляторная батарея может быть в удовлетворительном состоянии, но с низкой степенью заряженности. Следует зарядить аккумуляторную батарею перед дальнейшими проверками.

Если плотность электролита больше 1,280, аккумуляторная батарея может быть в удовлетворительном состоянии, но быть перезаряженной. При ее использовании плотность электролита быстро вернется в диапазон обычных значений. Выполните дальнейшие проверки для определения состояния аккумуляторной батареи.

Отклонения значений плотности электролита в разных ячейках должно быть в пределах от 0,030 до 0,050. Если плотности отличаются от указанных значений больше, это может указывать на неудовлетворительное состояние аккумуляторной батареи. Это может объясняться неодинаковым расходом электролита в ячейках из-за внутреннего дефекта, короткого замыкания, неправильной активации или ухудшения при длительном использовании. Аккумуляторная батарея в таком случае подлежит замене, однако аккумуляторная батарея не должна выбраковываться только по показаниям плотности электролита. Следует провести дальнейшие проверки.

Проверка плотности электролита необслуживаемой аккумуляторной батареи

Проверьте индикатор степени заряженности (при наличии), установленный на аккумуляторной батарее, чтобы решить, следует ли зарядить аккумуляторную батарею до испытаний.

Зеленая точка видна

Если зеленая точка на индикаторе степени заряженности аккумуляторной батареи видна, то степень заряженности и уровень электролита находятся в допустимых пределах. В некоторых случаях после длительного пуска двигателя, зеленая точка может по-прежнему оставаться видимой, хотя при этом аккумуляторная батарея не обладает достаточной мощностью для проворачивания коленчатого вала. В этом случае зарядите аккумуляторную батарею.

Зеленая точка не видна

Зарядите аккумуляторную батарею в соответствии с техническими требованиями изготовителя.

Желтый индикатор

В некоторых случаях может появиться желтый индикатор, указывая, что низок уровень электролита. В таком случае аккумуляторная батарея не должна подвергаться испытаниям, зарядке или участию в пуске от внешнего источника с помощью пусковых проводов, поскольку существует реальная возможность взрыва аккумуляторной батареи.

Проверьте с помощью цифрового вольтметра напряжение на выводах аккумуляторной батареи. Если напряжение аккумуляторной батареи меньше 12,0 В, зарядите аккумуляторную батарею.

Используйте устройство для проверки аккумуляторной батареи под нагрузкой, чтобы снять поверхностный заряд аккумуляторной батареи. Установите на устройстве для проверки аккумуляторной батареи под нагрузкой ток нагрузки, равный 50 % от номинальной силы тока аккумуляторной батареи при холодном пуске в течение 5 с. Перед дальнейшей проверкой оставьте аккумуляторную батарею в покое в течение 5 мин.

Проверьте напряжение на выводах аккумуляторной батареи. Напряжение должно быть больше 12,4 В (значение напряжения при степени заряженности не менее 75 %) перед проведением испытания под нагрузкой. Если напряжение меньше 12,4 В (значение напряжения при степени заряженности менее 75 %), зарядите аккумуляторную батарею и проверьте вновь.

Испытание аккумуляторной батареи под нагрузкой



Рис. 121

g01079627

Испытание под нагрузкой - наилучший способ проверки работоспособности аккумуляторной батареи. Если степень заряженности равна 75 % или больше, можно провести испытание под нагрузкой (проверку емкости) аккумуляторной батареи. Если, однако, степень заряженности меньше 75%, следует предварительно зарядить аккумуляторную батарею.

Типичный порядок испытания под нагрузкой приведен ниже.

1. Присоедините выводы амперметра и вольтметра устройства для испытания под нагрузкой к соответствующему выводу аккумуляторной батареи. Ручка управления нагрузкой должна быть в положении ОТКЛЮЧЕНО.
2. Поверните ручку управления нагрузкой по часовой стрелке на угол, при котором амперметр покажет половину номинального тока холодного пуска или значение, заданное изготовителем аккумуляторной батареи.
3. Поддерживайте нагрузку в течение 15 с, затем отметьте показание вольтметра и поверните ручку управления нагрузкой назад в положение ОТКЛЮЧЕНО.

Если вольтметр показывает напряжение в пределах зеленого сектора, а именно 9,6 В для аккумуляторной батареи 12 В или 4,8 В для аккумуляторной батареи 6 В или больше, аккумуляторная батарея имеет хорошую выходную мощность. Однако после удовлетворительного прохождения аккумуляторной батареей испытания под нагрузкой может потребоваться дополнительно зарядить ее, чтобы вернуть ее в состояние максимальной работоспособности.

Холодная аккумуляторная батарея имеет меньшую разрядную емкость. Если холодная аккумуляторная батарея не выдержала испытания под нагрузкой, оставьте ее на стенде, пока она не нагреется до температуры 27 °C (80 °F) и повторите испытание.

Проверка напряжения в разомкнутой цепи

Проверка напряжения в разомкнутой цепи может использоваться для оценки степени заряженности необслуживаемых аккумуляторных батарей, если аккумуляторная батарея не имеет индикатора степени заряженности. Для выполнения этой проверки аккумуляторная батарея не должна быть сильно разряженной или недавно заряженной.

i02127679

Зарядная система

Код SMCS (Код обслуживания): 1400

Краткое описание системы зарядки

Система зарядки, или зарядная система, преобразует механическую энергию двигателя в электрическую энергию для зарядки аккумуляторной батареи. Система зарядки обеспечивает электрическим током работу электрических систем машины.

Зарядные цепи переменного и постоянного тока

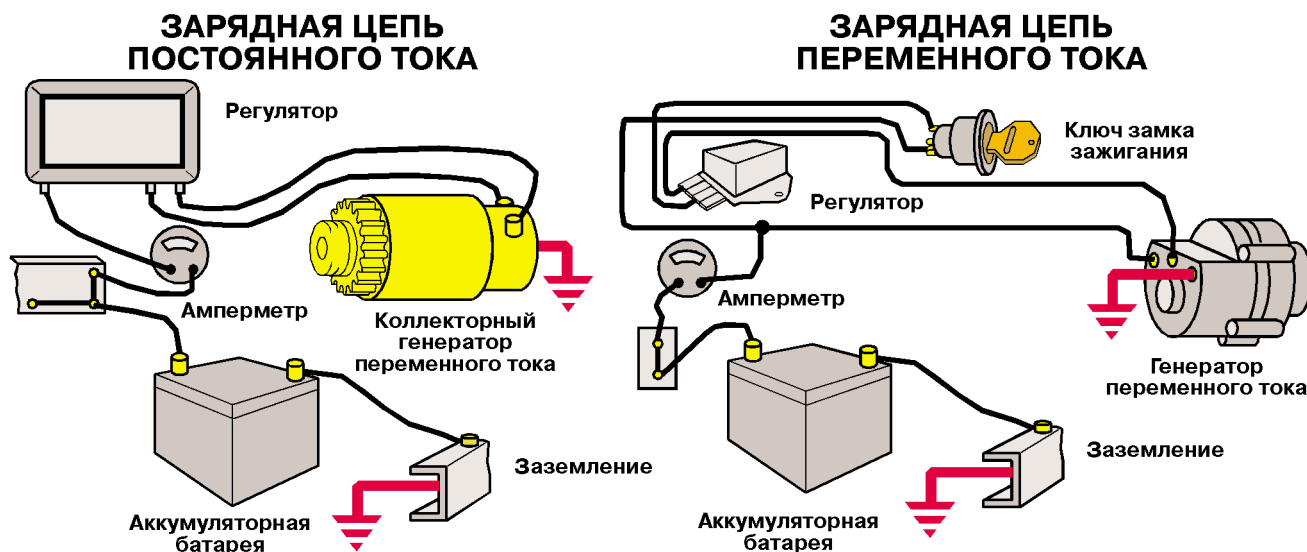


Рис. 122

g01073297

Система зарядки заряжает аккумуляторную батарею и вырабатывает электрический ток. Имеются два типа зарядных цепей:

- Зарядные цепи постоянного тока, использующие коллекторные генераторы, или просто генераторы.
- Зарядные цепи переменного тока, использующие бесколлекторный генератор переменного тока, или просто генератор переменного тока.

И те и другие цепи вырабатывают переменный ток. Они отличаются лишь способом выпрямления переменного тока в постоянный ток. Зарядные цепи постоянного тока имеют генератор и регулятор.

Генератор вырабатывает электрическую энергию. Генератор выпрямляет электрический ток механически с помощью коллекторов и щеток.

Регулятор выполняет три функции:

- Регулятор размыкает зарядную цепь. Регулятор замыкает зарядную цепь.
- Регулятор защищает аккумуляторную батарею от перезаряда.
- Регулятор ограничивает выходное напряжение генератора до безопасного значения.

Зарядные цепи переменного тока состоят из генератора переменного тока и регулятора. Генератор переменного тока бесколлекторный. Бесколлекторный генератор переменного тока, как и коллекторный генератор, вырабатывает переменный ток, но выпрямляет его с помощью диодов. Генераторы переменного тока, как правило, более компактны по сравнению с генераторами при равной выходной мощности. Генераторы переменного тока обеспечивают больший ток при малых ЧВД.

Регулятор в зарядных цепях переменного тока ограничивает напряжение генератора переменного тока до заданного безопасного значения. Во многих современных зарядных цепях используются транзисторные регуляторы.

Работа зарядной цепи

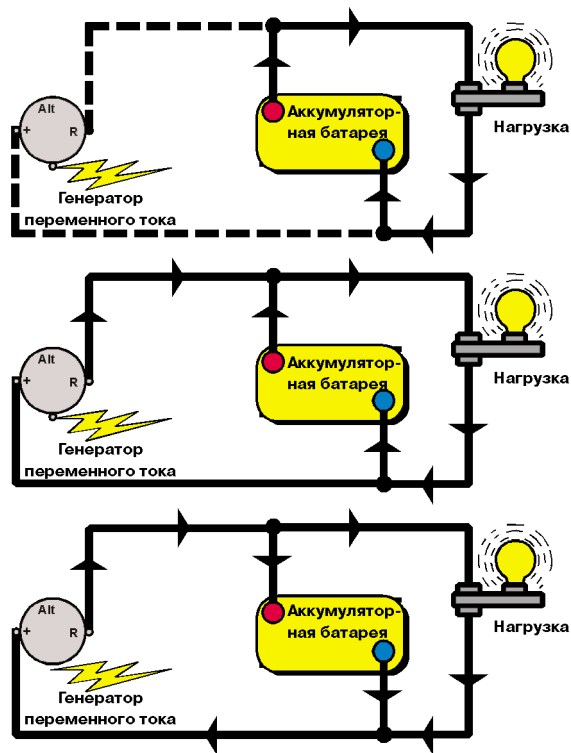


Рис. 123

g01073299

Зарядные цепи работают в трех режимах:

- При пуске двигателя весь ток нагрузки обеспечивается аккумуляторной батареей
- Во время пиковых нагрузок аккумуляторная батарея помогает генератору (или генератору переменного тока) в питании током электрических потребителей
- При нормальной работе генератор (или генератор переменного тока) обеспечивает электропитание и заряжает аккумуляторную батарею

И те и другие зарядные цепи запускаются аккумуляторной батареей, когда ток из аккумуляторной батареи подается в стартер, чтобы запустить двигатель (рисунок 123, верхняя схема). Двигатель затем приводит в действие генератор (или генератор переменного тока). Таким образом вырабатывается электрический ток, необходимый для работы системы зажигания, осветительных приборов, вспомогательных нагрузок во всей системе.

На средней схеме (рисунок 123) показано обеспечение аккумуляторной батареей дополнительным электрическим током пиковых нагрузок, когда мощность нагрузки превышает мощность генератора (или генератора переменного тока).

После пуска двигателя генератор (или генератор переменного тока) обеспечивает электрическим током электрические системы машины (рисунок 123, нижняя схема). Генератор обеспечивает питание током, как только ЧВД станет больше минимальной ЧВД. Когда двигатель работает в режиме ХХ или стоит, аккумуляторная батарея восполняет часть или весь ток нагрузки. В то же время генератор переменного тока продолжит подавать ток во время работы двигателя в режиме ХХ.

Генераторы

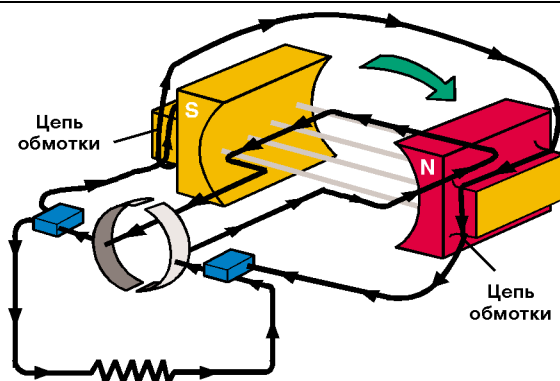


Рис. 124

g01073301

Кратко о генераторах в зарядных цепях постоянного тока. Коллекторные генераторы все еще встречаются на некоторых машинах прежнего выпуска. Для обслуживания таких устройств следует знать и понимать, как работает система зарядки. Здесь в основном будут более подробно рассмотрены зарядные цепи переменного тока, которые заменили зарядные цепи постоянного тока в машинах более позднего выпуска.

Электрическая энергия вырабатывается в генераторе с использованием электромагнитной индукции. Электромагнитная индукция используется для вырабатывания электрического тока в системе зарядки. Электромагнитная индукция происходит при относительном движении проводника и магнитного поля. Как только проводник пересечет поле, в проводнике индуцируется (наводится) напряжение. Под действием этого напряжения возникает электрический ток, если присоединить проводник к цепи. Сила тока зависит от напряженности магнитного поля, скорости, с которой пересекается магнитное поле и количества проводников, пересекающих поле.

Генератор состоит из двух основных частей:

Якоря (ротора) – вращающейся рамки из провода (проводника)

Магнитных полюсов – стационарного магнитного поля

При вращении якоря в магнитном поле, создаваемом полюсами, вырабатывается напряжение. Концы рамки якоря присоединены к разрезному кольцу, называемому коллектором. В контакте с коллектором находятся щетки, присоединенные проводами к нагрузке. По этой цепи потечет ток, поскольку цепь замкнута. Для увеличения силы тока вокруг магнитных полюсов намотаны провода, присоединенные к щеткам. Эти провода называются цепью возбуждения генератора.

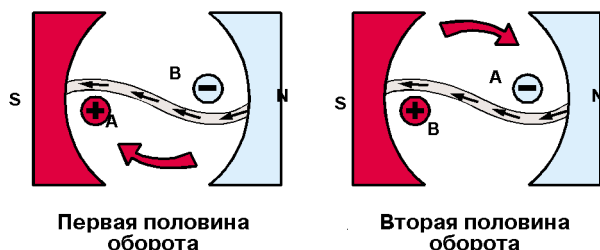


Рис. 125

g01073303

Основной генератор вырабатывает переменный ток, когда вращается якорь. Якорь изменяет полярность (направление) электрического тока с каждой стороны рамки.

Во время первой половины оборота верхняя сторона якоря (A) пересекает магнитное поле первый раз, а нижняя сторона (B) пересекла поле первой. Ток потечет в направлении стороны (A) от стороны (B). По обычной теории условного направления тока (от + к -) полярность будет такой, как показано на рисунке - (+) для (A) и (-) для (B).

Во время второй половины оборота верхняя часть стороны (B) является передним краем, а нижняя часть стороны (A) является ведущей. Теперь (B) со знаком (+), а (A) имеет знак (-). Концы рамки якоря меняют полярность при каждом обороте. В результате получается переменный ток.

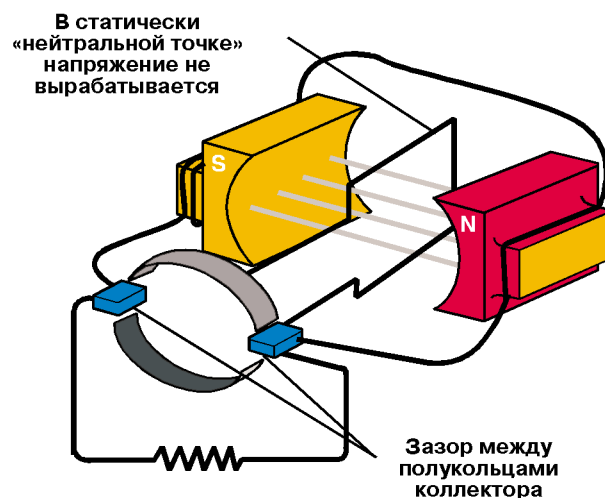


Рис. 126

g01073305

Коллектор и щетки пропускают переменный ток к нагрузке в одном и том же направлении. Дважды за один оборот якорь становится вертикальным к магнитному полю. При этом рамка якоря не пересекает поле и напряжение в этом положении не вырабатывается. Это статически нейтральное положение.

Коллектор разделен на две части, причем место разрыва соответствует нейтральному положению якоря. Это означает, что при этом между коллектором и щетками будет воздушный зазор. После прохождения этого положения со щетками находится в контакте другая половина коллектора. Поскольку рамка при этом находится в том же относительном положении, как при обороте предшествующей половины, направление протекания тока к щеткам остается таким же. В результате получается постоянный ток.



Рис. 127

g01073307

В системах постоянного тока автоматически обеспечивается увеличение тока возбуждения при увеличении выходного тока генератора. Увеличение тока возбуждения происходит из-за увеличения выходного тока генератора. Если не регулировать электрический ток, будет происходить непрерывное увеличение уровней тока и напряжения, в результате чего выйдут из строя генератор, другие электрические цепи и аккумуляторная батарея.

Генератор не может управлять значением вырабатываемого напряжения. Поэтому в цепи возбуждения используется внешний блок, называемый регулятором напряжения. Регулятор напряжения имеет шунтирующую обмотку и точки контакта для регулирования напряженности магнитного поля. В результате достигается ограничение вырабатываемого напряжения.

Генератор переменного тока

Генератор переменного тока работает по тому же принципу, что и коллекторный генератор постоянного тока. Генератор переменного тока преобразует механическую энергию в электрическую энергию. Бесколлекторный генератор переменного тока называется просто генератором переменного тока. Коллекторный генератор и генератор переменного тока отличаются способом выпрямления переменного тока в постоянный ток. В генераторе переменного тока используется электронный способ выпрямления тока с помощью диодов.

Генераторы переменного тока, как правило, компактнее коллекторных генераторов. Генераторы переменного тока имеют более высокую отдачу тока при минимальной ЧВД. Поскольку в машинах более позднего выпуска применяется много электрических устройств, генератор переменного тока по своим выходным характеристикам больше соответствует повышенным электрическим нагрузкам.

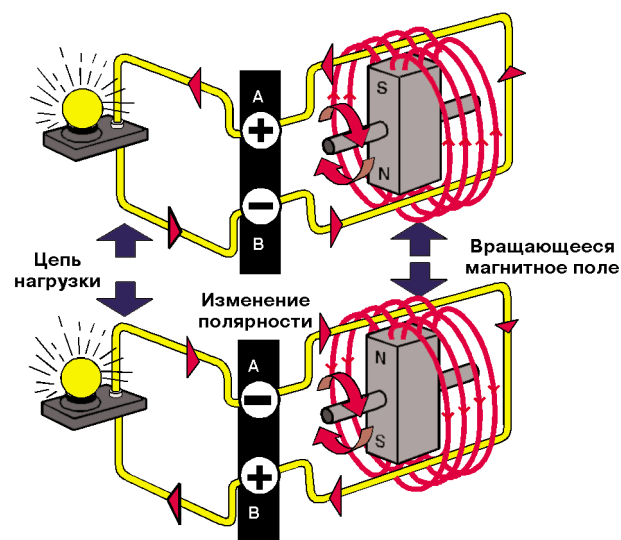


Рис. 128

g01073308

В генераторе переменного тока магнитное поле вращается внутри проводочной рамки. Вращающееся магнитное поле генерируется ротором. Проводочная рамка, которая неподвижна, является проводником.

Магнитные силовые линии движутся через проводники. Магнитные силовые линии индуцируют (наводят) электрический ток в проводах. Поскольку проводники неподвижны, к ним можно непосредственно присоединить провода, вместо использования щеток. За счет этого уменьшается тепловыделение и износ.

При пересечении проводника магнитным полем в проводнике наводится напряжение. Например, представим себе вращающийся внутри проводочной рамки брусковый магнит с собственным магнитным полем. При повороте магнита, когда он расположен своим южным полюсом (S) непосредственно под верхней частью рамки, а северным полюсом (N) непосредственно над нижней частью рамки, под действием наведенного напряжения в цепи потечет ток в направлении, показанном на рисунке. Поскольку ток течет от точки с положительным потенциалом к точке с отрицательным потенциалом через внешнюю цепь, или цепь нагрузки, конец (A) проводочной рамки имеет положительную полярность, а конец (B) имеет отрицательную полярность.

После того, как магнит повернется на пол оборота, северный полюс (N) будет двигаться непосредственно под верхней частью проводника, а южный полюс (S) непосредственно над нижней частью проводника. Под действием наведенного напряжения ток теперь потечет в противоположном направлении. Конец (A) проволочной рамки будет теперь иметь отрицательную полярность, а конец (B) будет иметь положительную полярность. Таким образом, полярность концов провода изменилась. После поворота на вторую половину оборота брусовый магнит займет прежнее положение, где полярность конца (A) положительна, а конца (B) отрицательна.

Поэтому ток через нагрузку, или внешнюю цепь, будет течь сначала в одном направлении, а затем в другом направлении. Такой ток, выработанный внутри генератора переменного тока, называется переменным.

Как индуцируется напряжение

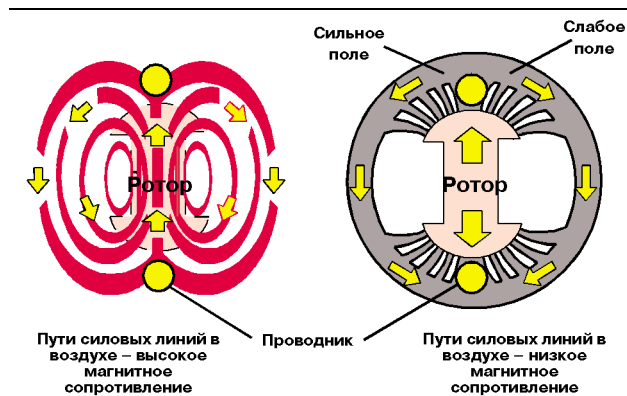


Рис. 129

g01073309

При вращении брусового магнита внутри единичной рамки вырабатывается очень малое напряжение и сила тока. Если рамки провода и магнит поместить внутри железного каркаса, создадутся пути прохождения магнитных силовых линий. Поскольку железо хорошо проводит магнитное поле, то при введении железного каркаса значительно увеличивается количество силовых линий между северным (N) и южным (S) полюсами.

Большое количество магнитных силовых линий проходят через среднюю часть магнита. Поэтому сильное магнитное поле существует в середине магнита, а на переднем и заднем краях оно слабое. Такое возникает, когда воздушный зазор между магнитом и рамой поля больше на переднем и заднем краях, чем в середине магнита.

Значение напряжения, наведенного в проводнике, пропорционально числу силовых линий, пересекающих проводник за данный отрезок времени. Напряжение также увеличится, если брусовый магнит будет поворачиваться быстрее, поскольку при этом силовые линии будут пересекать провод за более короткий отрезок времени.

Вращающийся магнит в генераторе переменного тока называется ротором, а рамка провода и каркас называются статором.

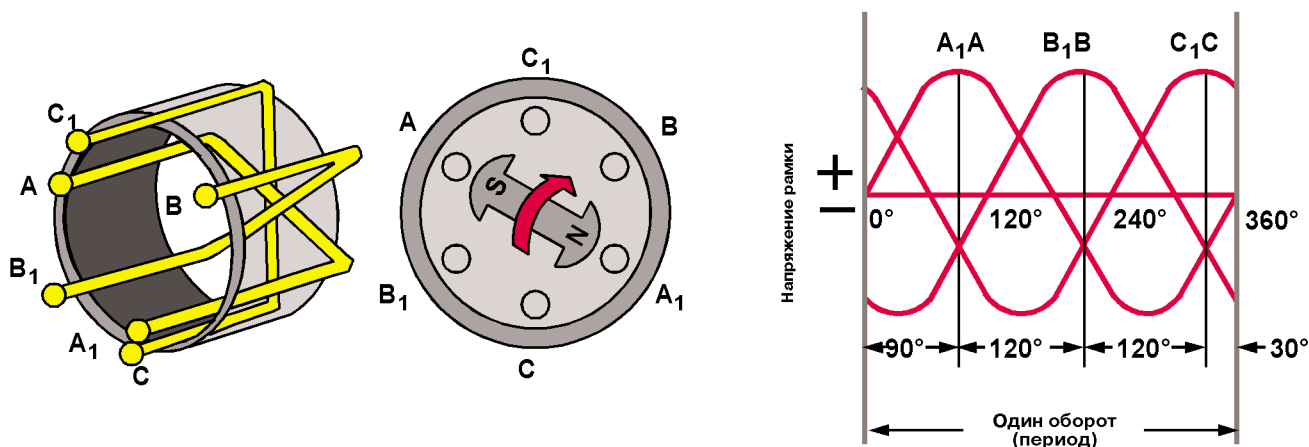


Рис. 130

g01073310

На рисунке 130 единичная рамка провода, выступающая в роли статорной обмотки, а брусковый магнит в роли ротора, иллюстрируют, как вырабатывается переменное напряжение в генераторе переменного тока. Если добавить в генератор переменного тока еще две отдельные рамки провода, разнесенные на 120° , будут вырабатываться еще два отдельных напряжения.

Когда южный полюс (S) ротора находится непосредственно под проводником (A), напряжение на проводнике (A) будет максимальным по величине и положительным по полярности.

После поворота ротора на 120° , южный полюс (S) будет находиться непосредственно под проводником (B) и напряжение на проводнике (B) станет максимально положительным. После поворота ротора еще на 120° напряжение станет максимально положительным в проводнике (C). Максимальное положительное напряжение в проводниках (A), (B) и (C) каждой рамки провода возникает через каждые 120° . На рисунке 130 также показаны графики изменения напряжений на рамках.

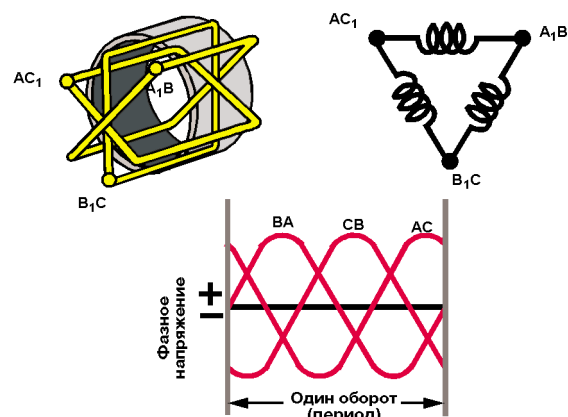


Рис. 131

g01073311

Если присоединить концы рамок проводов (A₁), (B₁) и (C₁) соответственно к концам (B), (C) и (A), образуется трехфазный, соединенный треугольником статор (рисунок 131). От статора, соединенного треугольником, можно получить три напряжения переменного тока ((BA), (CB) и (AC)), идентичные трем рассмотренным выше напряжениям.

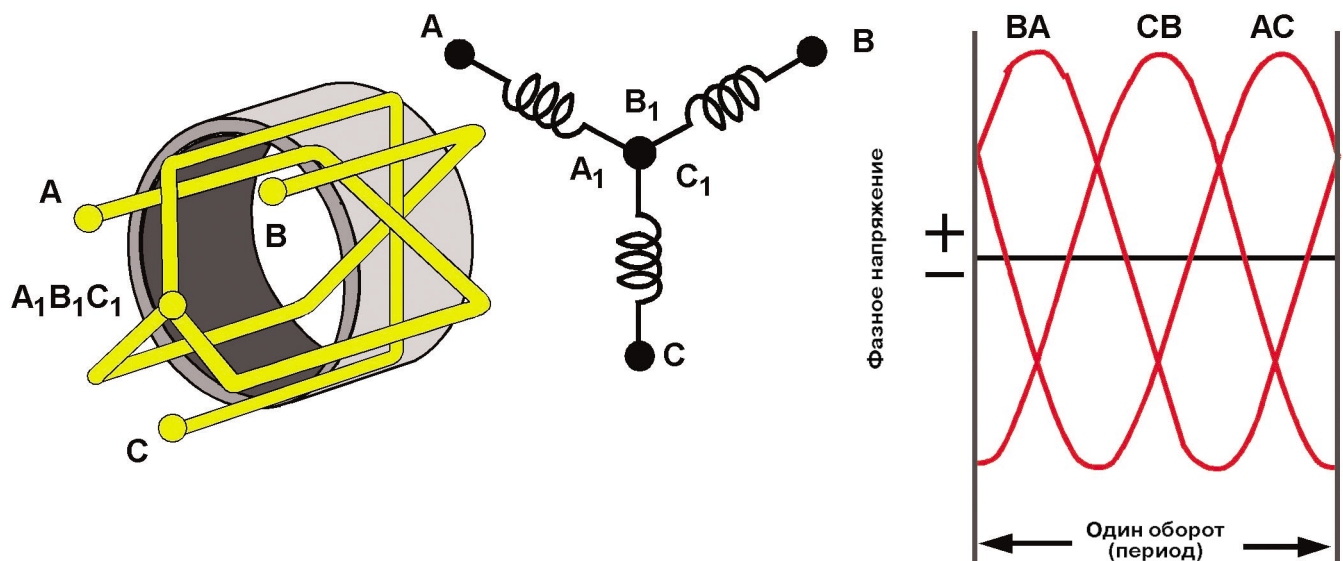


Рис. 132

g01073312

Если концы (A₁), (B₁) и (C₁) рамок провода соединить вместе в одной точке, образуется трехфазный статор, соединенный звездой (рисунок 132). Каждое из этих напряжений состоит из напряжений в двух рамках провода, которые складываются друг с другом. При соединении статора по схеме звезды получаются три переменных напряжения, отстающие друг от друга (по фазе) на угол 120°.

В обмотках, соединенных треугольником, каждая из отдельных обмоток присоединяется к концу другой обмотки (рисунок 131). При этом образуются параллельные соединения статора, соединенного треугольником, что позволяет получить в общем случае большее значение выходного тока, чем при соединении статора звездой. В статоре, соединенном звездой, обмотки соединены с образованием пар последовательных соединений (рисунок 132). Последовательные соединения в общем случае обеспечивают более высокие напряжения, но меньший выходной ток, чем статоры, соединенные треугольником.

Для увеличения выходной мощности генератора переменного тока используется следующее:

- Увеличение количества проводников в каждой фазной обмотке.
- Увеличение напряженности магнитных полей.
- Увеличение частоты вращения.
- Генерация магнитного поля.

Выпрямление тока генераторов со статорами, соединенными по схеме звезды или треугольника

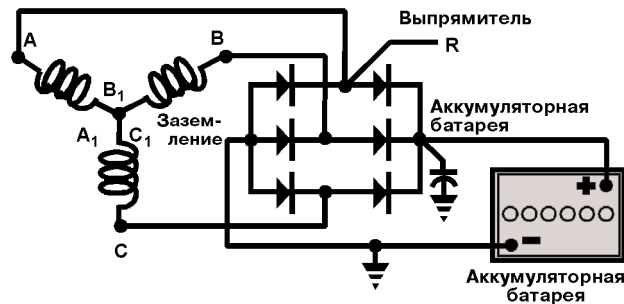


Рис. 133

g01073314

Хотя, казалось бы, обсуждение генератора переменного тока завершено, но мы остановились на том, что электрический ток, вырабатываемый генератором переменного тока, переменный. В электрической системе используется постоянный ток. Чтобы сделать выходной ток генератора переменного тока таким, необходимо преобразовать переменный ток генератора в постоянный.

Идеальным устройством для такого преобразования является диод. Диод компактен. Диод будет проводить ток только в одном направлении. Диод можно легко установить в корпус генератора переменного тока.

Диоды обычно используются в генераторе переменного тока двумя группами по три диода. Поскольку в генераторе переменного тока имеются три фазы и три обмотки, необходимо установить три положительных диода и три отрицательных диода. В системах, где требуется повышенная выходная мощность, может потребоваться большее количество диодов.

Аккумуляторная батарея, которая присоединена к выходной клемме постоянного тока, будет заряжаться, когда генератор переменного тока сможет обеспечить зарядный ток. Блокирующее действие диодов предотвратит разрядку аккумуляторной батареи непосредственно через выпрямитель.

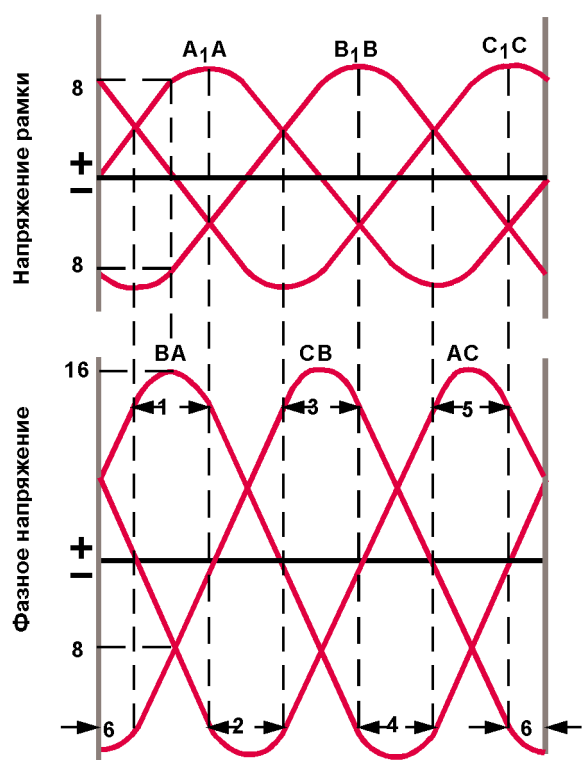


Рис. 134

g01073316

Как видно на трех графиках напряжений переменного тока, обеспечиваемых статором, обмотки которого соединены по схеме звезды, их можно разделить на шесть периодов. Эти периоды показаны на рисунке 134. Каждый период соответствует одной шестой от полного оборота ротора или 60° .

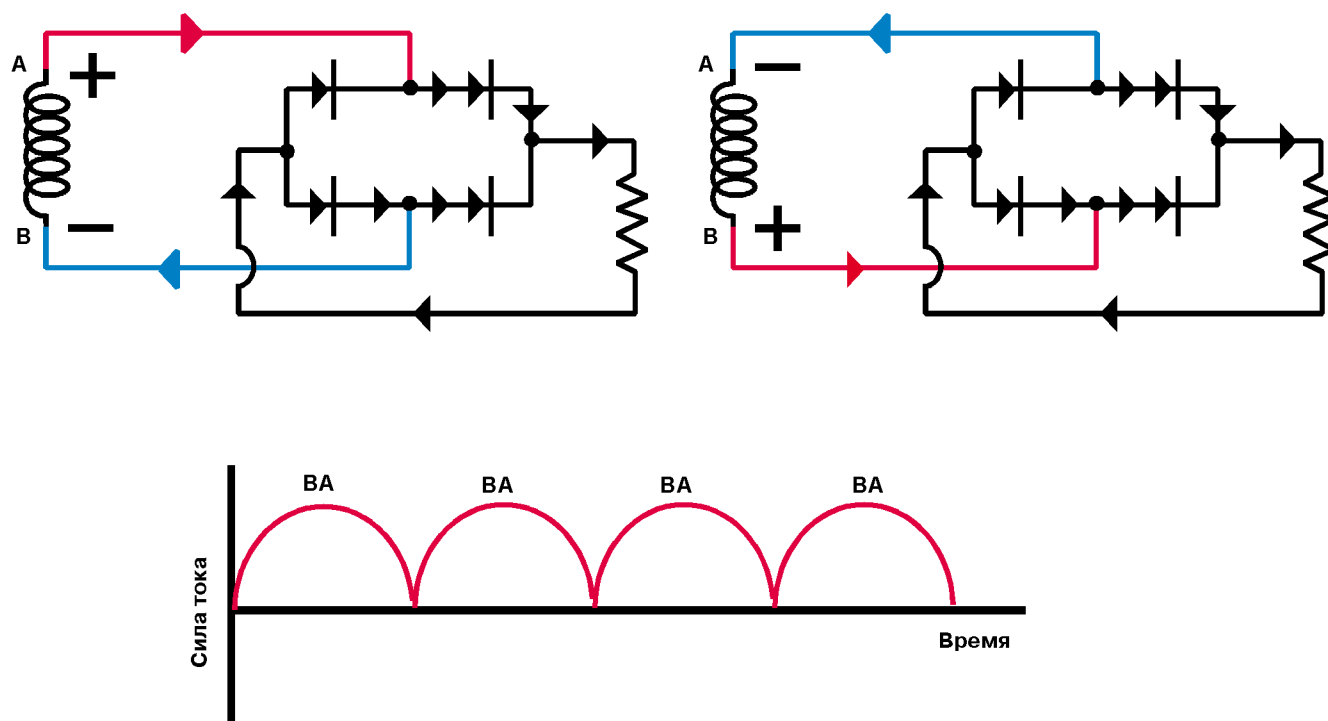


Рис. 135

g01073318

В течение первого периода максимальное значение наводимого напряжения будет на клеммах статора (BA). Это означает, что электрический ток в течение этого периода течет от точки (B) к точке (A) обмотки статора и через диоды, как показано на рисунке 135.

Максимальное фазное напряжение, развиваемое между точкой (B) и точкой (A) равно 16 В. Это означает, что потенциал в точке (B) равен 0 В, а потенциал в точке (A) равен 16 В. Как видно из графиков изменения напряжения, фазное напряжение от точки (C) к точке (B) в данный момент отрицательное и его значение равно 8 В. Это означает, что потенциал в точке (C) равен 8 В, поскольку потенциал точки (C) относительно (B), или 8 относительно 0, представляет отрицательное значение 8 В. В то же время фазное напряжение от точки (A) до точки (C) также отрицательное и равно 8 В, поскольку потенциал (A) относительно (C), или 16 относительно 8, представляет отрицательное значение 8 В. Потенциалы напряжений представлены на рисунке 134.

Только два из всех диодов будут пропускать электрический ток, поскольку это единственные диоды, через которые может протекать ток в прямом направлении. Другие диоды не будут пропускать электрический ток, поскольку они имеют обратное смещение. Направления протекания электрического тока определяются напряжениями, имеющимися на выпрямителе, и смещением на диодах. Эти напряжения представлены на рисунке 134 графиками фазных напряжений, которые действуют на выпрямительных диодах. Отслеживая таким же образом периоды со 2-го по 6-й, можно определить электрический ток.

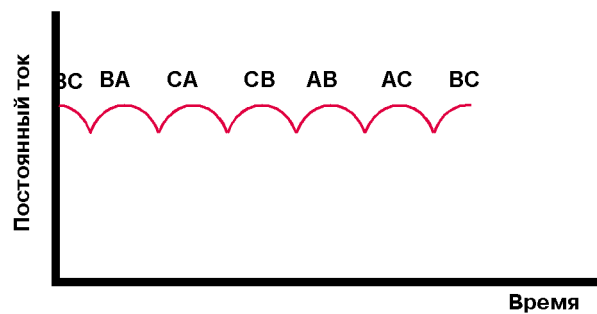


Рис. 136

g01073321

Напряжение, получаемое на выходе объединенных цепей статора и выпрямителя, когда они соединены с аккумуляторной батареей, не является совершенно постоянным, но оно плавно настолько, что выходное напряжение можно считать неизменяющимся постоянным напряжением. На рисунке 136 показано напряжение, получаемое из графиков изменения фазного напряжения.

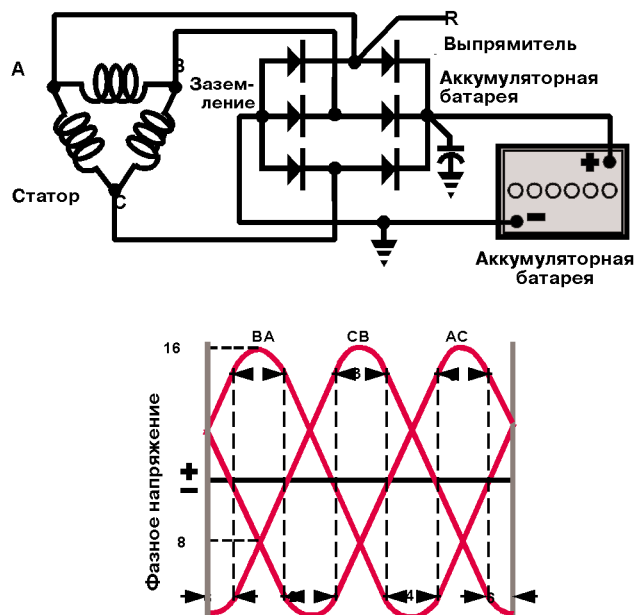


Рис. 137

g01073323

Статор, обмотки которого соединены по схеме треугольника и обеспечивают такую же выходную мощность, как и статор, соединенный по схеме звезды, будет также обеспечивать плавно меняющееся напряжение и выходной ток после того как будет присоединен к выпрямителю из шести диодов. Для наглядности здесь представлены графики трехфазного напряжения, полученные при соединении обмоток по схеме треугольника, за один оборот ротора, по которым видно, что графики имеют шесть периодов.

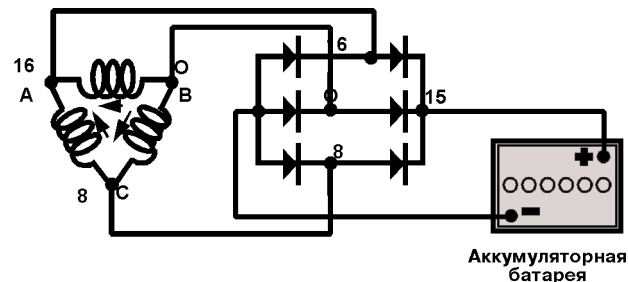


Рис. 138

g01073324

В течение первого периода (рисунок 137) максимальное напряжение, создаваемое в статоре, соединенном по схеме треугольника, соответствует фазе (BA). Электрический ток через выпрямитель точно такой же, как и в статоре, соединенном по схеме звезды, поскольку потенциалы напряжений на диодах одинаковы. Статор, соединенный по схеме звезды, в отличие от статора, соединенного по схеме треугольника, проводит ток только через две обмотки за период. Статор, соединенный по схеме треугольника, проводит ток через все три обмотки.

Фаза (BA) параллельна фазе (BC) и (CA). Поскольку напряжение от точки (B) до точки (A) равно 16 В, напряжение от точки (B) до точки (C) и до точки (A) также должно быть равно 16, поскольку на каждой из этих двух фаз вырабатывается 8 В (B) к (C) и (C) к (A). Отслеживая таким же образом периоды со 2-го по 6-й, можно определить электрический ток.

Конструкция генератора переменного тока

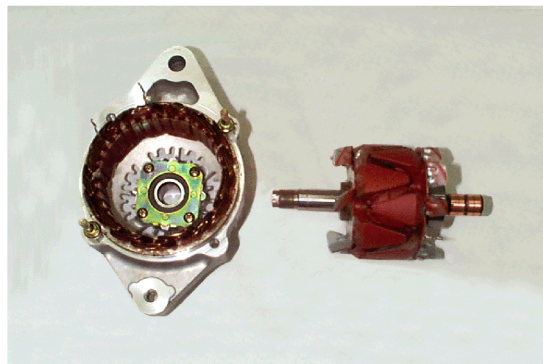


Рис. 139

g01073327

При прохождении тока через обмотки на каждой полюсном башмаке ротора создается магнитное поле. Одни полюсные башмаки будут становиться северными полюсами, а другие южными полюсами.

Поскольку полюсные башмаки ротора перекрывают друг друга, многие отдельные рамки потока будут образовываться между северным и южным полюсами генератора переменного тока. Вместо пересечения каждой обмотки одним магнитным полем во время одного оборота ротора, обмотки будут пересекаться многими полями, за счет чего увеличится выходная мощность статора.

Поскольку ротор должен запитываться электрическим током для создания магнитного поля, полюсные обмотки соединены с контактными кольцами. Для создания движущегося поля к контактным кольцам может подаваться электрический ток с помощью щеток. Контактные кольца насажены на вал и изолированы от вала. Проводники обмоток припаяны к контактным кольцам с образованием цепи, изолированной от вала.

Поскольку ротор может вращаться с высокой частотой, ротор должен поддерживаться на подшипниках. Подшипник переднего конца вала установлен в крышке корпуса (рисунок 139).

Примечание: Для установки ротора в правильном положении при сборке генератора переменного тока используются установочные шайбы. За счет этого вентилятор удерживается от касания им корпуса.

Поскольку при генерировании электрического тока выделяется тепло, для охлаждения узла потоком воздуха устанавливается вентилятор. На конце вала ротора крепится шкив. Шкив приводится во вращение с помощью ремня.

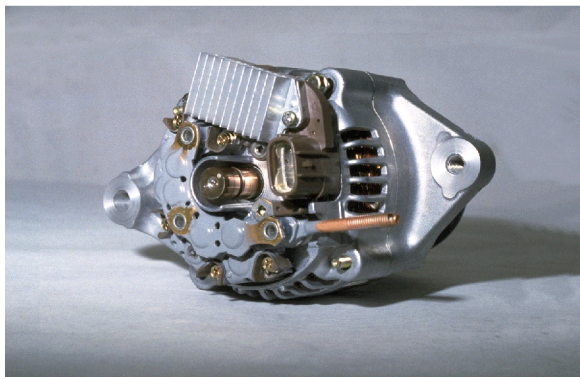


Рис. 140

g01073328

Торцевая крышка поддерживает конец вала ротора с контактными кольцами. Торцевая крышка служит также для крепления щеток, узла выпрямителя, статора и регулятора (при наличии). Передняя торцевая крышка с ротором и корпус контактных колец с составными частями собраны в цельный узел. Статор удерживается внутри между ними. Узел стягивается сквозными болтами с головкой под ключ.

Статор в сборе представляет собой многослойную конструкцию из листового железа с тремя группами обмоток. Один конец каждой статорной обмотки присоединен к положительному диоду и отрицательному диоду. Другие концы статорных обмоток могут быть соединены по схеме звезды или треугольника, в зависимости от компоновки статора.

Выпрямительный блок преобразует переменный ток в постоянный. На выпрямительном блоке установлены три положительных и три отрицательных диода.

Генератор переменного тока сконструирован с минимальным зазором между ротором и статором, чтобы максимально использовать магнитное поле. Генератор переменного тока представляет собой компактный узел, способный вырабатывать значительный электрический ток, соответствующий потребностям электрической системы.

Щетки находятся в контакте с медными контактными кольцами, обеспечивая необходимый ток для создания магнитного поля в роторе. Поскольку для обеспечения хорошей проводимости необходимо поддерживать надежный контакт, щетки прижимаются к контактным кольцам небольшими цилиндрическими пружинами.

Имеются две щетки, вставляемые обычно в узел держателя. Этот узел можно легко прикрепить к корпусу с контактными кольцами генератора переменного тока.

Регулирование выходной мощности генератора переменного тока



Рис. 141

g01073329

Если не управлять генератором переменного тока, он может выработать напряжения, которые окажутся слишком большими, чтобы использовать на машине. В результате могут быть повреждены составные части. Регулятор предназначен для управления выходным напряжением генератора переменного тока.

Значение выходного тока ограничено конструкцией генератора переменного тока. Значение максимального выходного тока указывается на корпусе генератора. Например, на корпусе может быть указано 12V 85A (12 В, 85 А). Это означает, что максимальный выходной ток равен 85 А и генератор переменного тока предназначен для системы с напряжением 12 В.

Цепи регулирования управляют выходным напряжением генератора переменного тока посредством изменения напряженности магнитного поля, создаваемого ротором. Цепь регулятора выполняет это, регулируя силу тока, протекающего через щетки к обмотке ротора.

Регулятор отслеживает напряжение аккумуляторной батареи. Регулятор отслеживает также значение электрической нагрузки в системе. По этим данным регулятор изменяет силу тока, протекающего в ротор, чтобы обеспечить потребности системы.

Если напряжение аккумуляторной батареи низкое, а ток, потребляемый электрическими вспомогательными устройствами большой, регулятор напряжения увеличит выходную мощность генератора переменного тока, чтобы обеспечить зарядку аккумуляторной батареи. При этом будет обеспечен достаточный ток для работы вспомогательных устройств. Если напряжение аккумуляторной батареи высокое, а потребляемый системой ток мал, регулятор напряжения уменьшит выходную мощность генератора переменного тока.

В качестве регулятора генератора переменного тока могут использоваться три различных устройства:

- Электромеханический (на машинах более раннего выпуска)
- Электронные внешние регуляторы
- Электронные встроенные регуляторы

Электромеханические регуляторы можно встретить в некоторых системах более раннего выпуска. В этих регуляторах используется реле, переключающее контакты. Двухконтактный регулятор напряжения управляет выходной мощностью генератора переменного тока посредством регулирования силы тока к ротору. При уменьшении средней силы тока уменьшится напряженность магнитного поля, в результате чего уменьшится выходная мощность, отбираемая от статора.

Электронные регуляторы напряжения

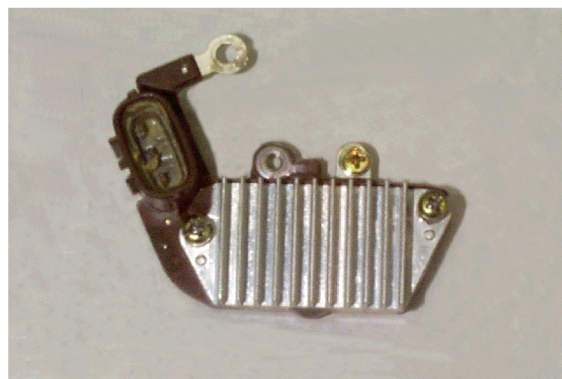


Рис. 142

g01073331

Электронные регуляторы напряжения выполняют ту же функцию, что и электромеханические регуляторы. В электронном регуляторе цепь возбуждения устанавливается в положения ВКЛЮЧЕНО и ОТКЛЮЧЕНО электронной цепью. Эти цепи управляют переключающими транзисторами (электронными ключами). Эти электронные устройства могут переключаться значительно быстрее и способны пропускать значительно большую силу тока, чем контакты электромеханических регуляторов. Увеличение выходной мощности генератора переменного тока получается за счет увеличения тока в цепи возбуждения.

Электронные регуляторы используют диоды Зенера (стабилитроны) в цепях отслеживания напряжения. Эти особые диоды пропускают электрический ток в обратном (в сравнении с обычными диодами) направлении при достижении определенного напряжения на диоде. Если через диод Зенера потечет обратный ток, полевой транзистор закрывается и прерывает ток для создания магнитного поля ротора. Электронные элементы могут включаться и выключаться с частотой несколько тысяч раз в секунду. За счет этого обеспечивается очень плавное и точное управление выходной мощностью генератора переменного тока.

Большинство электронных регуляторов не регулируемы. Если регулятор не обеспечивает точного управления выходной мощностью генератора переменного тока, он подлежит замене.

Работа электронного регулятора при пуске двигателя

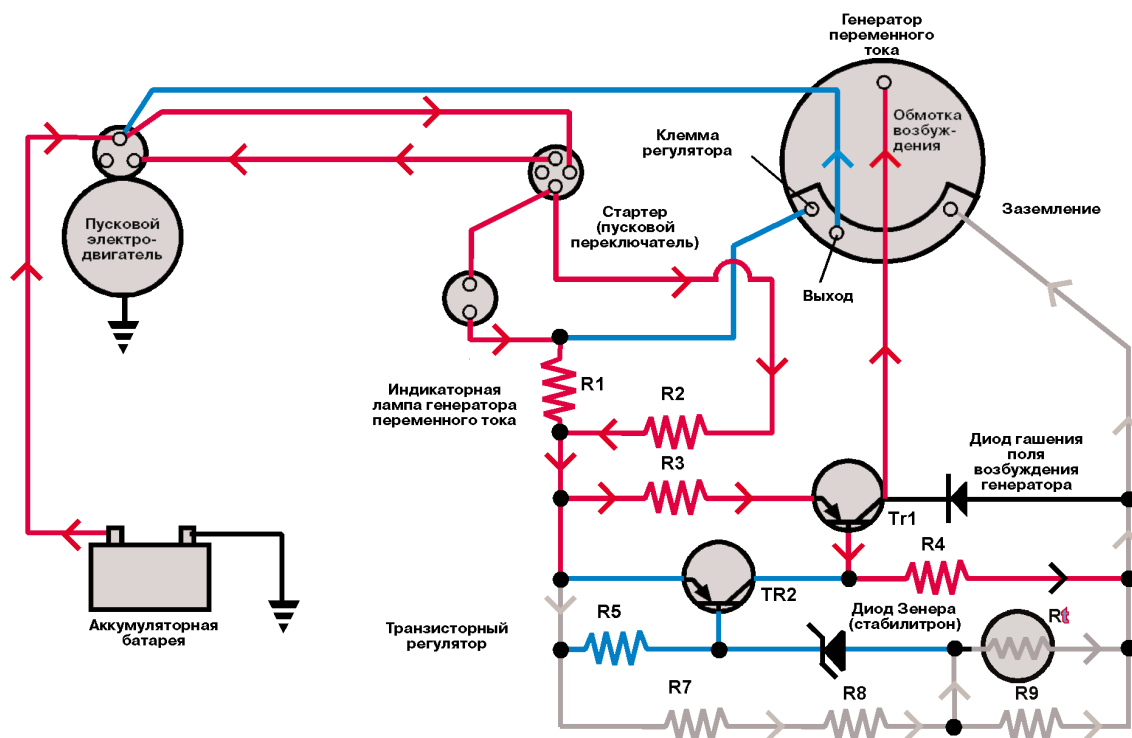


Рис. 143

g01073332

Когда ключ стартера устанавливают в положение **ВКЛЮЧЕНО**, цепь замыкается (рисунок 143). Ток из аккумуляторной батареи течет через соленоид стартера и ключ стартера, как показано красными линиями. Ключ стартера направляет электрический ток к индикаторной лампе генератора переменного тока и к регулятору.

При подаче электрического тока в регулятор пути протекания электрического тока определяются значениями напряжений. Падение напряжения на резисторах (R7) и (R8) меньше порогового напряжения диода Зенера, или ниже напряжения пробоя. Следовательно, напряжение на базе транзистора (TR2) равно напряжению на эмиттере. Поэтому электрический ток не может протекать через транзистор (TR2) (показано синими линиями).

Поэтому за счет разности напряжений в цепи эмиттера и базы транзистора (TR1) пропускается электрический ток с эмиттера через базу и коллектор. Ток коллектора потечет в цепь возбуждения генератора переменного тока (вертикальная красная линия). В то же время небольшой ток течет к заземлению генератора переменного тока.

Работа регулятора в режиме работы двигателя

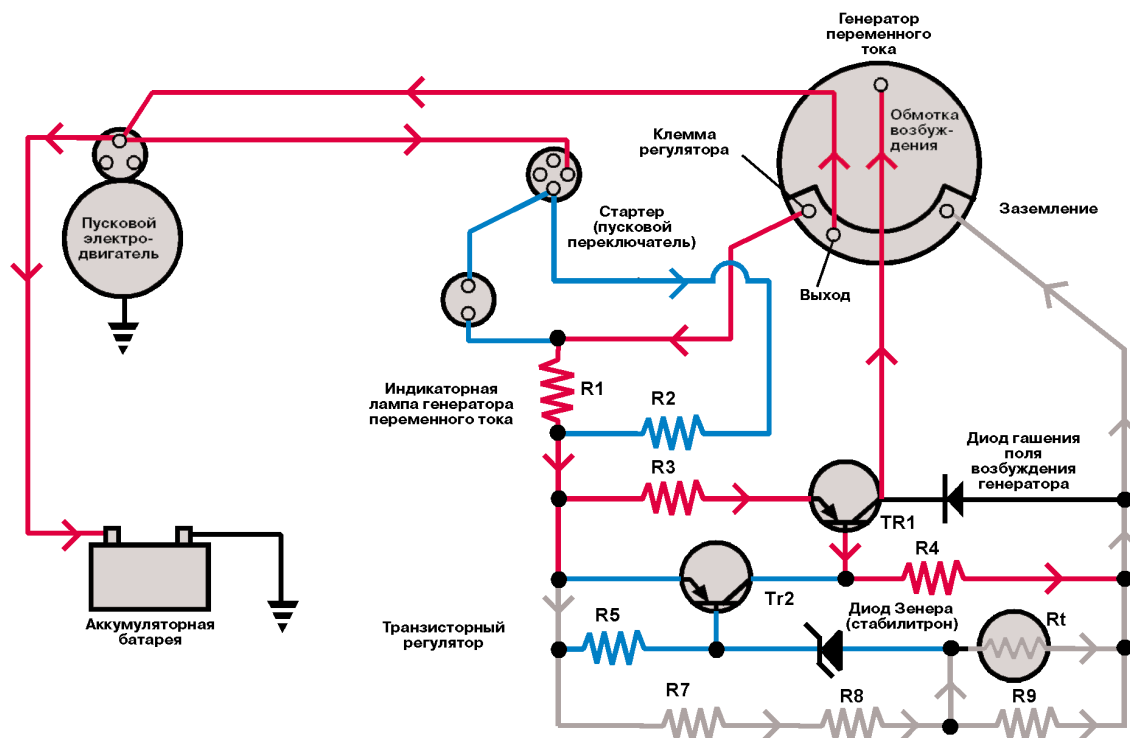


Рис. 144

g01073333

Работа регулятора в начале работы двигателя (рисунок 144) подобна работе во время пуска двигателя, за исключением того, что с повышением ЧВД магнитное поле вокруг ротора генератора переменного тока вырабатывает напряжение, обеспечивая питание электрических нагрузок.

Однако значения напряжений остаются прежними и транзистор (TR1) по-прежнему пропускает электрический ток в цепь возбуждения генератора переменного тока, как показано вертикальной красной линией.

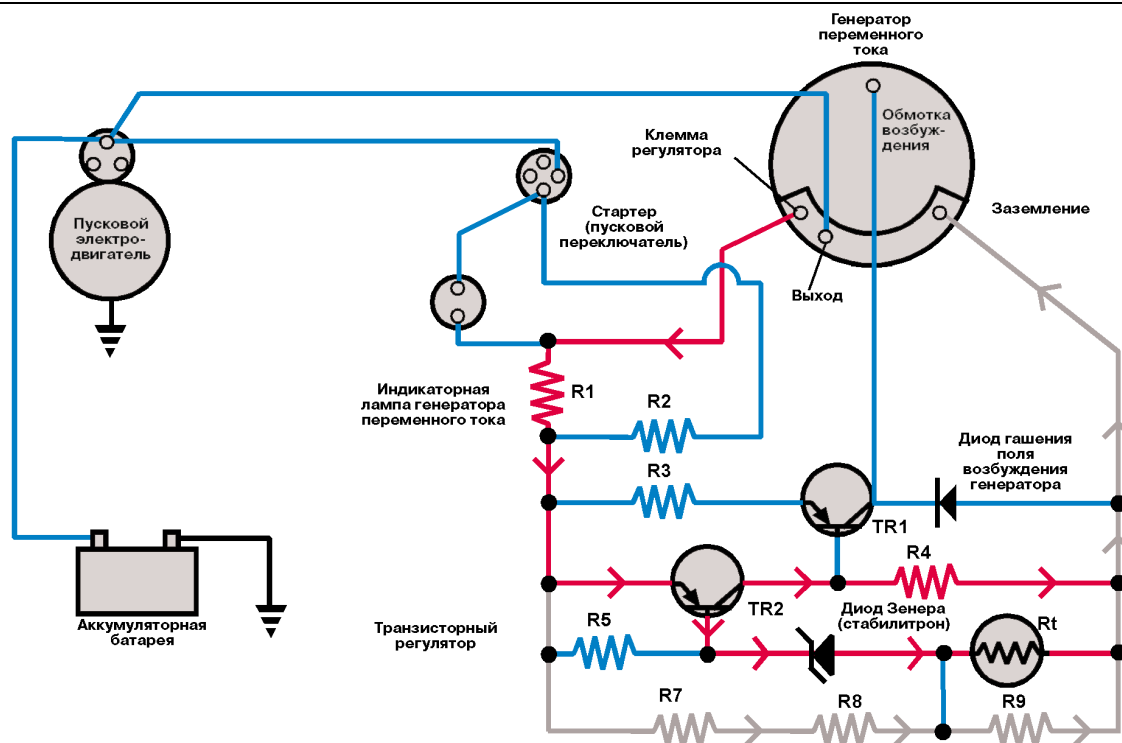


Рис. 145

g01073334

По мере работы двигателя и начала уменьшения потребляемого тока в системе, напряжение генератора переменного тока увеличивается (рисунок 145). При этом падение напряжения на резисторах также увеличивается. Затем падение напряжения на резисторах (R_7) и (R_8) становится больше критического напряжения диода Зенера. Происходит мгновенный пробой диода Зенера, в результате чего ток пропускается в обратном направлении. За счет этого открывается транзистор (TR_2) и становится возможным протекание тока через эмиттер, базу и коллектор транзистора (TR_2). Если через транзистор (TR_2) течет ток, то напряжение на базе транзистора (TR_1) становится равным или превышает напряжение на эмиттере, что предотвращает протекание тока через транзистор (TR_1) в цепь возбуждения генератора переменного тока. Напряженность поля падает, выходное напряжение генератора переменного тока уменьшается и цепь оказывается защищенной.

Затем напряжение системы становится меньше напряжения пробоя диода Зенера. Диод Зенера перестает пропускать обратный ток. За счет этого выключаются (запираются) транзисторы (TR_2) и (TR_1). Ток вновь течет в цепь возбуждения генератора переменного тока. Так повторяется много раз за секунду. Эти два транзистора работают в качестве переключателей, управляющих напряжением и выходной мощностью генератора переменного тока.

Когда транзистор (TR_1) запирается, ток возбуждения генератора переменного тока не может мгновенно уменьшиться до нуля, поскольку за счет индуктивности обмоток ротора электрический ток продолжает течь. До того, как сила тока уменьшится до нуля, напряжение в системе и начальный ток регулятора начнут вновь нарастать. Однако уменьшившийся ток возбуждения создает высокое напряжение, которое может вывести из строя транзистор.

Для предотвращения повреждения транзистора (TR_1) устанавливается диод, гасящий поле возбуждения генератора, как показано на рисунке 145.

Встроенные электронные регуляторы

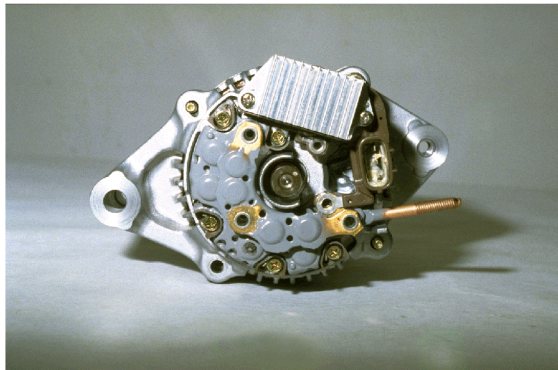


Рис. 146

g01073337

Встроенные электронные регуляторы генератора переменного тока установлены или внутри или снаружи торцевого корпуса контактных колец генератора переменного тока. Такой регулятор устраняет необходимость прокладки жгутов между генератором переменного тока и регулятором, упрощая систему. Такой регулятор обычно значительно компактнее других регуляторов за счет использования электронных схем, называемых интегральными схемами (ИС). Интегральные схемы представляют собой миниатюрные электронные устройства, в которых на малом чипе создано множество цепей. Интегральные регуляторы выполняют те же функции, что и внешние электронные регуляторы.

В некоторых генераторах переменного тока, использующих встроенные регуляторы, имеется лишь один провод, идущий к регулятору. Он служит выходным проводом генератора переменного тока. Цепь заземления замыкается через корпус к блоку двигателя. Ток для интегрального регулятора подается от статора через диодную тройку. Генератор переменного тока начинает отдавать зарядный ток за счет небольшого остаточного магнитного поля ротора. Этот малый выходной ток направляется обратно в обмотку возбуждения, за счет чего выходной ток нарастает. Это продолжается до тех пор, пока не будет достигнут полный выходной ток, определяемый регулятором.

Схемы регуляторов

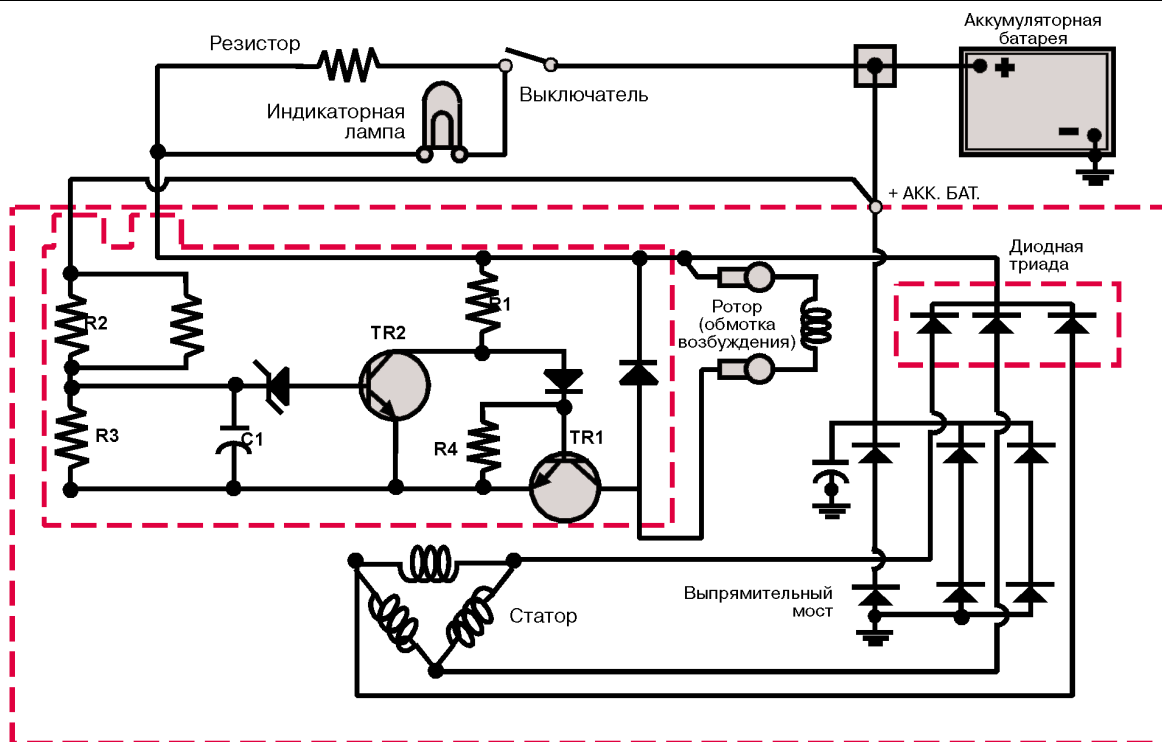


Рис. 147

g01073339

Существуют две основные схемы соединений цепей возбуждения для генератора переменного тока - схема А и схема В.

В схеме типа А генератора переменного тока (рисунок 147) используются две изолированные щетки, расположенные в генераторе переменного тока. Одна щетка соединена непосредственно с аккумуляторной батареей, а другая соединена с заземлением последовательно с регулятором и пусковым переключателем или реле. Регулятор располагается за обмоткой возбуждения, между обмоткой возбуждения и заземлением генератора переменного тока или отрицательными диодами. Полная выходная мощность генератора переменного тока достигается при заземлении обмоток возбуждения. Некоторые генераторы переменного тока снабжены контактным выводом, выполненном в проверочном отверстии, с помощью которого можно заземлить обмотку возбуждения, вставив отвертку между контактным выводом и рамой генератора переменного тока. Схема такого типа используется с интегральными регуляторами и некоторыми внешними электронными регуляторами.

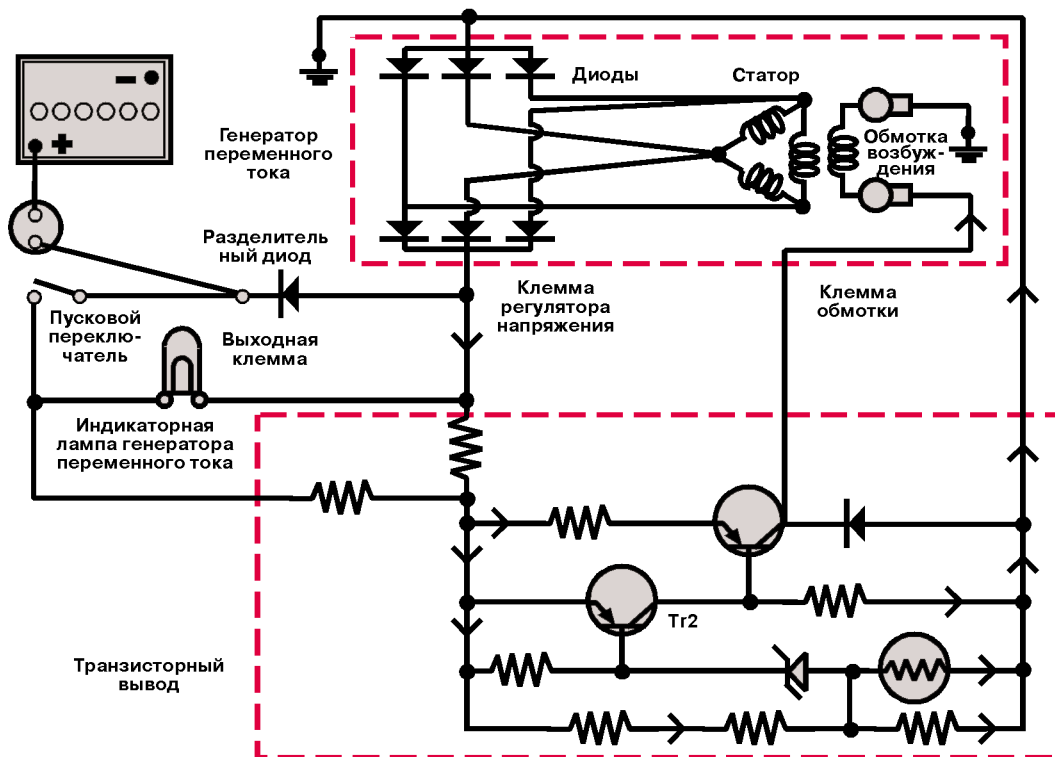


Рис. 148

g01073340

В схемах типа В используется щетка, заземляемая внутри генератора переменного тока (рисунок 148). Другая щетка соединяется с аккумуляторной батареей последовательно с регулятором и пусковым переключателем или реле. В генераторах переменного тока, использующих схему типа В, регулятор расположен перед обмоткой возбуждения. Электрический ток течет обычно от клеммы соединения генератора переменного тока с регулятором к регулятору. От регулятора электрический ток течет в обмотку возбуждения в роторе, затем на заземление и наконец втекает в отрицательные или возвратные диоды. Полная выходная мощность генератора переменного тока достигается при соединении клеммы обмотки возбуждения с клеммой регулятора или выходной клеммой.

Индикаторы зарядки



Рис. 149

g01073341

В качестве индикаторов зарядки могут служить амперметр, вольтметр или светоиндикатор зарядки. Амперметры могут устанавливаться последовательно, если они полноточные или шунтовые, или параллельно, если они не шунтового типа.

Более широко используются вольтметры, поскольку они более точно отображают работу системы. Вольтметры легко установить параллельно с системой зарядки. Вольтметры отображают информацию как о работе системы зарядки, так и о состоянии аккумуляторной батареи.

Светоиндикаторы зарядки отображают общую работу системы. Светоиндикаторы зарядки не отображают данные о чрезмерной выходной мощности генератора переменного тока или высоком напряжении, но отображают информацию об уменьшении выходной мощности.

Проверка системы зарядки

Внимательную проверку систем зарядки следует начинать с выяснения работы системы. Если Вы хорошо представляете ее работу, можно выявить неисправность при осмотре и электрических проверках.

Ремонт системы может потребовать замены или ремонта любого элемента, имеющегося в системе, начиная от аккумуляторной батареи и заканчивая генератором переменного тока.

Любые ремонтные работы должны начинаться с изучения или просмотра Руководства к машине, на которой Вы работаете.

Когда используется систематический подход при проверке машины, можно быстрее приступить к ремонту. Системы зарядки требуют именно такого подхода при выявлении и устранении неисправностей. Замена деталей без надлежащего порядка выявления неисправностей - малоподходящий способ определения и ремонта неисправностей системы.

Выяснение проблемы

Выясните, какие проблемы в системе, и как проявляется неисправность. Ниже перечислены условия и некоторые общие неисправности систем зарядки:

- Аккумуляторная батарея разряжена, а система зарядки не обеспечивает зарядный ток или зарядный ток мал.
- Аккумуляторная батарея заряжена, но система зарядки не останавливает зарядку.
- Шумно работает генератор переменного тока.
- Остается гореть светоиндикатор зарядки или не загорается.

Выявление неисправности

Начните с систематического осмотра. Проверьте, нет ли перечисленных ниже неисправностей.

- Ослаблены клеммы или подверглись коррозии выводы аккумуляторной батареи
- Ослаблены соединения или повреждены соединения на землю на двигателе и корпусе
- Ослаблены или загрязнены соединения генератора переменного тока и регулятора
- Перегорели плавкие предохранители или провода
- Повреждены, пережаты, разорваны или порезались провода
- Признаки короткого замыкания или замыкания на землю
- Механическое повреждение генератора переменного тока или регулятора
- Повреждение ремней или шкивов
- Запах сгоревших электрических элементов

Выясните характер неисправности, - электрическая она или механическая. Генераторы переменного тока приводятся в действие от ремней. Эти приводные ремни подлежат проверке на ослабление натяжения, на отсутствие износа или повреждения, чтобы убедиться в пригодности ремней. Проверьте исправность ремней, осмотрев, нет ли трещин, отслаивания, засаливания или надрывов на внутренней и внешней поверхностях ремня.

Осмотрите степень износа шкива генератора переменного тока и других шкивов ремня. Преждевременный отказ ремня часто происходит из-за изношенных шкивов. Проверьте соосность всех шкивов. Обычно выровненность ремней можно проверить осмотром, но можно проверить шкив с помощью линейки. Проверьте надлежащее натяжение ремня. При регулировке или проверке натяжения ремня убедитесь в том, что ремень не перетянут или недотянут. Неправильное натяжение может стать причиной повреждения.

Причиной шумной работы могут быть изношенные ремни, изношенные подшипники или внутренние неисправности. К числу таких неисправностей относится трение ротора о статор, касание лопастями вентилятора корпуса генератора переменного тока, неисправные диоды или статоры.

Механические неисправности могут быть устранены заменой неисправных составных частей или ремонтом неисправного блока, в зависимости от необходимости. Электрические неисправности требуют более детальной проверки.

Продолжите осмотр, дополняя его полным техническим обслуживанием аккумуляторной батареи. Техническое обслуживание и проверка аккумуляторной батареи рассматривались ранее. Система зарядки не будет нормально работать, если неисправна аккумуляторная батарея.

Локализация неисправности

Определив неисправность, следует локализовать причину неисправности с тем, чтобы выполнить необходимые ремонтные работы. Механические неисправности можно локализовать осмотром или прослушиванием. Для локализации причины электрических неисправностей требуются дополнительные тесты.

Тесты системы зарядки

Тесты системы зарядки машин следует выполнять в первую очередь для того, чтобы определить, снимать генератор переменного тока для его дальнейшей проверки или нет.

Тесты в составе машины состоят из:

- тесты выходных параметров генератора переменного тока;
- тесты регулятора.

Необходимость ремонта или замены генератора переменного тока определяется стендовыми испытаниями.

В число стендовых испытаний входят:

- Испытания обмоток возбуждения ротора
- Испытания статора
- Испытания выпрямителей
- Испытания щеток

i02127668

Пусковая система

Код SMCS (Код обслуживания): 1450

Как работает система пуска

Системы пуска преобразуют электрическую энергию от аккумуляторной батареи в механическую энергию для того, чтобы пустить двигатель.

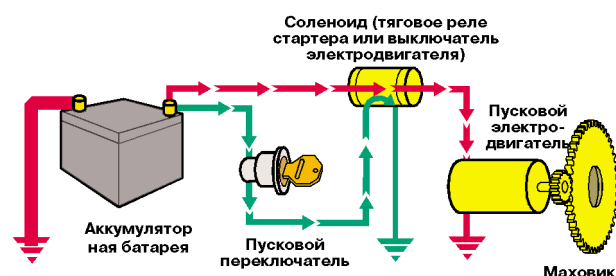


Рис. 150

g01073449

Система пуска состоит из четырех частей:

Аккумуляторная батарея – Обеспечивает электропитание цепи

Пусковой переключатель – Запускает цепь

Соленоид, или втягивающее реле стартера (выключатель электродвигателя) – Приводит в зацепление привод пускового электростартера с маховиком

Пусковой электродвигатель (электростартер) – Приводит во вращение маховик, чтобы пустить двигатель

При включении пускового переключателя из аккумуляторной батареи в соленоид течет небольшой ток и возвращается в аккумуляторную батарею через цепь заземления.

Соленоид выполняет две функции. Соленоид приводит в зацепление ведущее зубчатое колесо с маховиком и замыкает контакты цепи, находящиеся внутри соленоида, между аккумуляторной батареей и электростартером, в результате чего к электростартеру течет ток большой силы.

Электростартер преобразует электрическую энергию, отбираемую из аккумуляторной батареи, в механическую энергию вращения для того, чтобы пустить двигатель. Электростартер подобен другим электродвигателям. Все электродвигатели вырабатывают усилие вращения благодаря взаимодействию магнитных полей внутри электродвигателя.

Электростартер

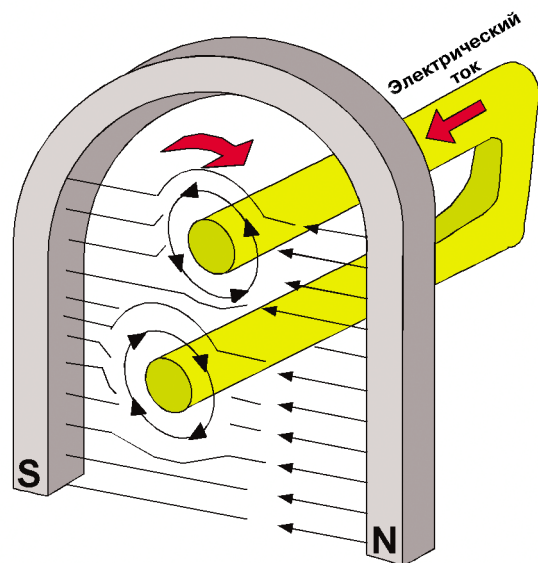


Рис. 151

g01079926

Для понимания основных принципов работы электростартера необходимо рассмотреть некоторые основные правила магнитных явлений.

Ниже приведены основные правила магнитных явлений.

- Одноименные полюсы отталкиваются. Разноименные полюсы притягиваются.
- Линии магнитной индукции непрерывны и оказывают силовое воздействие.
- Проводники, по которым течет ток, окружены магнитным полем, направление которого определяется направлением тока в проводнике.

Если через проводник протекает ток, вокруг него образуется магнитное поле. Постоянный магнит обладает полем между своими полюсами. Если проводник, по которому течет ток, поместить в постоянное магнитное поле, проявляется сила воздействия магнитного поля на проводник. Если проводник согнут в виде рамки и помещен в магнитное поле, результат будет такой же. Поскольку ток в рамке течет в противоположных направлениях, одна сторона рамки будет выталкиваться вверх, а другая сторона вниз. Это окажет вращательное или поворотное воздействие на рамку.

Принцип действия электростартера

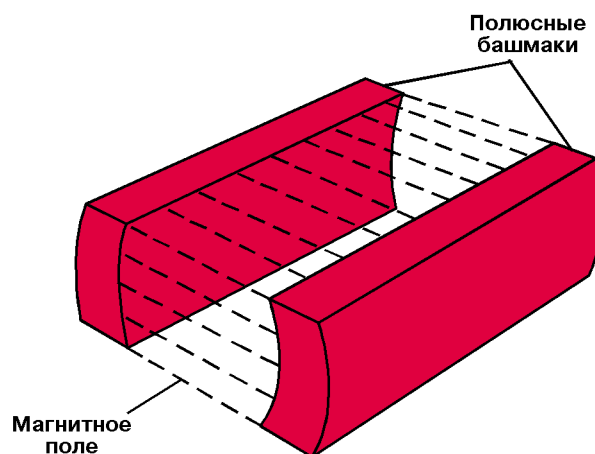


Рис. 152

g01073452

Полюсные башмаки в корпусе статора можно сравнить с полюсами магнита. В пространстве между полюсами создается магнитное поле.

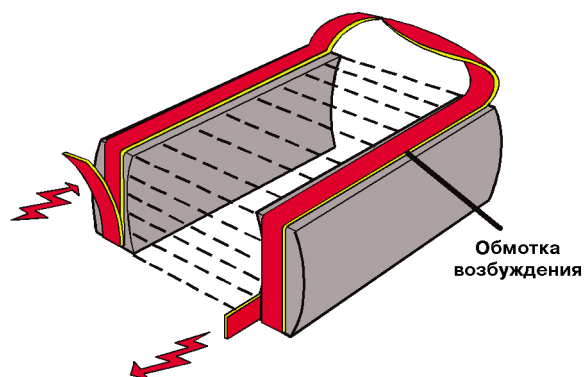


Рис. 153

g01073454

Если вокруг полюсных башмаков намотан провод (обмотка статора) и через него пропущен ток, напряженность магнитного поля между полюсными башмаками увеличится.

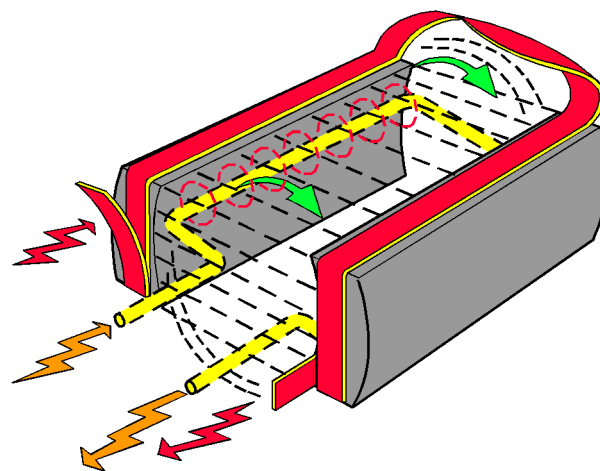


Рис. 155

g01073457

Рамка провода, помещенная в магнитное поле между двумя полюсными башмаками, через которую проходит ток, представляет простейший ротор. Магнитное поле, имеющееся вокруг рамки, и поле между полюсными башмаками отталкиваются друг друга, приводя рамку во вращение.

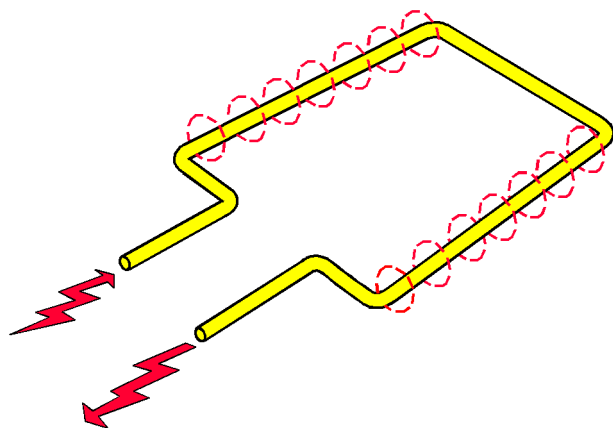


Рис. 154

g01073455

Если подать ток из аккумуляторной батареи в рамку провода, вокруг провода также образуется магнитное поле.

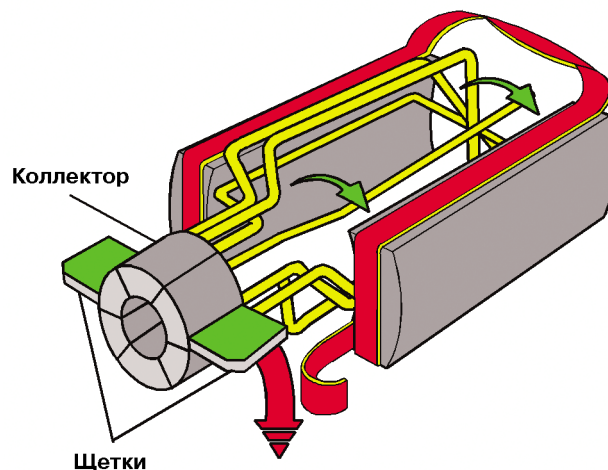


Рис. 156

g01073459

Для поддержания электродвигателя во вращающемся состоянии посредством управления током, проходящим через рамку провода, используются коллектор и несколько щеток. Коллектор обеспечивает скользящее электрическое соединение между рамкой провода и щетками. Коллектор имеет множество сегментов, изолированных друг от друга.

Щетки находятся над коллектором и скользят по нему, подводя ток от аккумуляторной батареи к вращающимся рамкам проводов. Как только рамки проводов отворачиваются от полюсных башмаков, сегменты коллектора меняют электрическое соединение между щетками и рамками проводов. При этом магнитное поле вокруг рамок проводов меняет направление. Рамка провода притягивается вновь и поворачиваясь, проходит мимо другого полюсного башмака. За счет постоянного изменения электрического соединения электродвигатель поддерживается в состоянии вращения. При движении каждой рамки мимо полюсных башмаков производится воздействие выталкивания -притягивания.

Для увеличения мощности электродвигателя и плавности его работы увеличивают количество рамок (витков) провода и сегментов коллектора. Каждая рамка провода соединена со своим сегментом на коллекторе, чтобы обеспечить протекание тока через каждую рамку провода, когда щетки приходят в контакт с соответствующим сегментом. При вращении электродвигателя все рамки проводов вносят свой вклад, обеспечивая непрерывное и плавное усилие поворота.

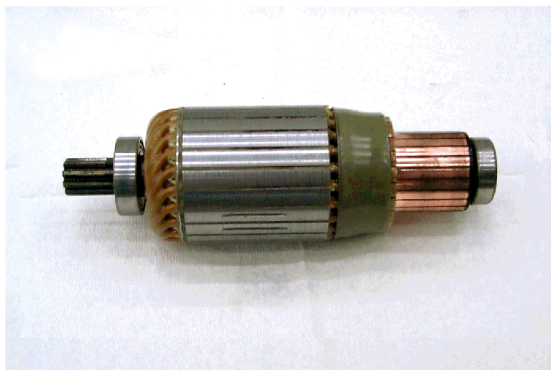


Рис. 157

g01073460

Электростартер, как и обычный электродвигатель, должен создавать очень большой крутящий момент и относительно высокую частоту вращения. Поэтому необходима система поддержания рамок проводов и увеличения усилия воздействия магнитного поля каждой рамки (витка) провода.

Ротор стартера состоит из следующих составных частей:

- Сердечника ротора
- Вала ротора
- Коллектора
- Обмоток ротора (рамок проводов)

Ротор электростартера, вращается внутри корпуса статора. Коллектор смонтирован на одном конце вала ротора. Сердечник ротора удерживает обмотки на месте. Сердечник изготовлен из железа, чтобы увеличить напряженность магнитного поля, создаваемого обмотками.

*

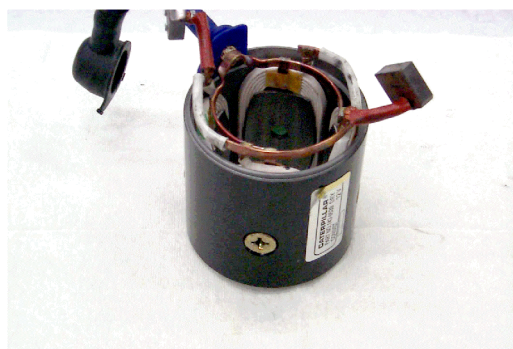


Рис. 158

g01073461

Обмотка статора представляет собой неподвижный изолированный провод, намотанный круговыми витками, который создает сильное магнитное поле вокруг ротора электродвигателя. Когда через обмотку статора течет ток, магнитное поле между полюсными башмаками становится очень сильным. Напряженность магнитного поля может быть в 5 - 10 раз сильнее напряженности постоянного магнита. Поскольку магнитное поле между полюсными башмаками действует против поля, создаваемого ротором, электродвигатель вращается с большой мощностью.

Характеристики электростартера

Стартеры представляют собой электродвигатель повышенной мощности, предназначенный для работы в повторно-кратковременном режиме, который должен обладать следующими особыми характеристиками:

- Если электростартеры используются для приведения в действие определенной механической нагрузки, они будут потреблять определенную мощность, Вт.
- Если нагрузка снимается, частота вращения увеличится и потребляемый ток должен уменьшиться.

- Если нагрузка увеличивается, частота вращения должна уменьшиться, а потребляемый ток должен увеличиться.

Значение крутящего момента, развиваемое электродвигателем, увеличивается с увеличением силы тока, протекающего через электродвигатель. Электростартер предназначен для работы в течение коротких периодов времени, при чрезвычайно большой нагрузке. Электростартер развивает очень высокую удельную мощность.

Изменение силы тока при изменении частоты вращения происходит из-за возникновения обратной электродвижущей силы (противоздс). Обратная эдс увеличивает сопротивление протеканию тока из аккумуляторной батареи через стартер, когда увеличивается частота вращения стартера. Это происходит тогда, когда под действием крутящего усилия проводники в роторе пересекают магнитное поле, создаваемое обмоткой возбуждения. За счет этого в роторе наводится обратная эдс, направленная против напряжения аккумуляторной батареи. Эта обратная эдс увеличивается с увеличением частоты вращения ротора. Это проявляется как регулирование частоты вращения, за счет чего предотвращается свободное нарастание частоты вращения.

Если в большинстве электродвигателей применяются какие-либо защитные устройства от больших токов в цепи, то в большинстве электростартеров их нет. В некоторых стартерах устанавливают тепловую защиту. Это достигается посредством установки теплочувствительных термостатических переключателей. Термостатический переключатель размыкается, если температура стартера повысится из-за длительного проворачивания коленчатого вала двигателя. Переключатель автоматически устанавливается в исходное состояние (замыкается) после уменьшения температуры стартера. Электродвигатель классифицируется как устройство, работающее в прерывистом режиме. Если электродвигатель предназначался бы для непрерывного режима работы, он по размерам приближался бы к двигателю. Поскольку от электростартера требуется высокий крутящий момент, во время его работы выделяется много тепла. При длительной работе электростартера происходит его внутреннее повреждение из-за перегрева. Все элементы электрической цепи электростартера предназначены для тяжелых условий работы. Это позволяет пропускать через него очень большие токи, необходимые для его работы.

Поскольку с увеличением нагрузки требуется увеличивать мощность, электростартер должен развивать достаточный крутящий момент, чтобы обеспечить частоту вращения, необходимую для пуска двигателя. Эта мощность непосредственно зависит от напряженности магнитного поля, поскольку мощность создается за счет силы магнитного поля.

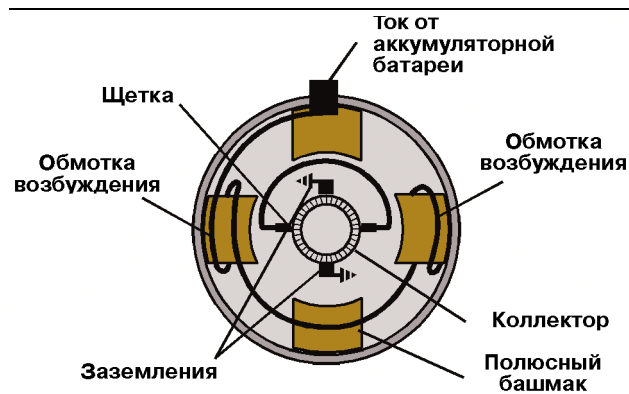


Рис. 159

g01073464

Как указывалось ранее, электростартер состоит из неподвижной части (обмоток возбуждения) и подвижной части (ротора). Обмотки возбуждения соединены обычно друг с другом таким образом, что весь ток, протекающий через электродвигатель, протекает как через обмотку, так и через ротор. Так построена схема электродвигателя.

Щетки предназначены для переноса тока от внешней цепи (обмоток возбуждения) к внутренней цепи (обмоткам ротора).

Щетки установлены в щеткодержателях. Обычно половина щеток заземлена на торцевой крышке. Другая половина щеток изолирована и соединена с обмотками возбуждения.

Обмотки электростартера могут соединяться друг с другом четырьмя разными способами для обеспечения необходимой напряженности поля:

- Последовательно
- Компаундным (сложным) соединением (шунтовым)
- Параллельно
- Последовательно-параллельно

Стартеры с последовательно соединенными обмотками (рисунок 159) способны создавать очень большой начальный выходной крутящий момент в момент зацепления стартера. Этот крутящий момент затем уменьшается из-за возникновения обратной эдс. За счет этого ток уменьшается, поскольку все обмотки соединены последовательно.

Стартеры с компаундным соединением обмоток имеют три обмотки, соединенные последовательно, и одну параллельную обмотку. За счет этого достигается хороший начальный крутящий момент для пуска и преимущество в возможности некоторого регулирования характеристики в зависимости от нагрузки благодаря наличию параллельной обмотки. Стартер такого типа имеет также дополнительное преимущество за счет возможности регулирования частоты вращения благодаря наличию параллельной обмотки.

Электромоторы с параллельным соединением обмоток обеспечивают повышенный ток и повышенный крутящий момент за счет деления последовательных обмоток в двух параллельных цепях.

Последовательно-параллельные электродвигатели сочетают в себе преимущества как последовательных, так и параллельных электродвигателей.

Многие стартеры имеют четыре обмотки и четыре щетки. Стартеры, предназначенные для выработки очень высоких крутящих моментов, могут иметь до шести обмоток и щеток. В некоторых стартерах, работающих в легком режиме, может быть только две обмотки.

Многие электростартеры для тяжелого режима эксплуатации не заземляются через корпус стартера. Для обеспечения работы электростартер такого типа заземляется через изолированную клемму, которая должна соединяться с заземлением. Для обеспечения работы электрической системы провод заземления для соленоида и других электрических устройств также должен прикрепляться к клемме заземления стартера.

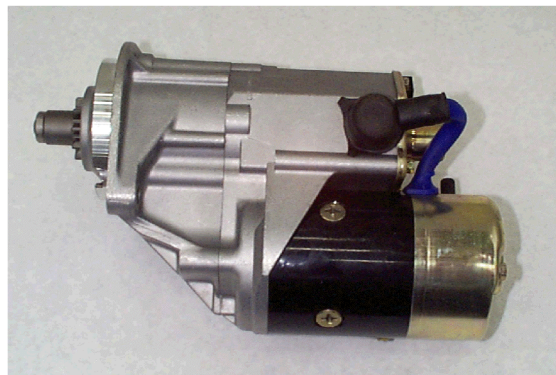


Рис. 160

g01073469

После подачи электрической мощности в электростартер, необходимо обеспечить особое соединение, чтобы использовать его для производства работы. Такое соединение для использования механической энергии, создаваемой электростартером, обеспечивается приводом электростартера.

Хотя крутящий момент, создаваемый электростартером достаточно высок, он недостаточен для непосредственного пуска двигателя. Необходимо использовать другой способ обеспечения соответствующей частоты вращения при пуске и необходимого крутящего момента.

Для обеспечения соответствующего крутящего момента для проворачивания коленчатого вала двигателя, частота вращения стартера меняется в соответствии с передаточным отношением между ведущим зубчатым колесом стартера и маховиком двигателя. Это передаточное отношение может быть от 15:1 до 20:1. Например, если количество зубьев ведущего зубчатого колеса стартера равно 10, то зубчатый венец маховика должен иметь 200 зубьев, чтобы обеспечивалось соответствующее передаточное отношение: 200:10 или 20:1.

Приводные механизмы стартера

Если стартер остался в зацеплении с маховиком после пуска двигателя, может произойти повреждение ротора из-за очень большой ЧВД, развиваемой при работе двигателя. При большой частоте вращения ротор должен удерживать обмотки, противодействуя центробежному усилию.

Зубчатое колесо, которое вводится в зацепление и приводит в движение маховик, называется ведущим зубчатым колесом. Зубчатое колесо на маховике называется зубчатым венцом маховика. Способ приведения в зацепление ведущего зубчатого колеса стартера с зубчатым венцом маховика зависит от типа применяемого привода.

Применяется два разных типа ведущих зубчатых колес и приводных механизмов стартера:

- Инерционный привод
- Обгонная муфта

Инерционные приводы работают под действием силы вращения ротора. В приводе такого типа зацепление обеспечивается после приведения в движение электродвигателя. Приводная муфта имеет очень крупную винтовую резьбу, соответствующую внутренней резьбе ведущего зубчатого колеса.

Когда электродвигатель начинает вращаться, под действием инерционной силы, возникающей на приводе, ведущее зубчатое колесо смещается по резьбовым ниткам до зацепления с зубчатым венцом на маховике. Можно воспроизвести такое действие вращением тяжелой гайки на болте и наблюдать, как вращательное движение преобразуется в поступательное движение при навинчивании или свинчивании гайки.

Недостаток инерционных стартеров заключается в том, что ведущее зубчатое колесо не приводится в принудительное зацепление до момента начала вращения ротора стартера. Если привод не пришел в зацепление с маховиком, ротор стартера начнет вращаться с большой частотой, не вращая маховик двигателя. Если ведущее зубчатое колесо задержится, оно сильно ударит зубчатый венец. Это приведет к повреждению зубцов.

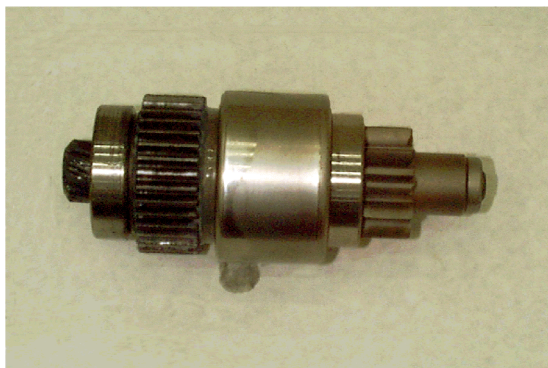


Рис. 161

g01073470

Привод с обгонной муфтой является наиболее распространенным типом муфт сцепления. Для привода с обгонной муфтой требуется рычаг, который бы смещал ведущее зубчатое колесо, приводя его в зацепление с зубчатым венцом маховика. Ведущее зубчатое колесо приводится в зацепление с зубчатым венцом маховика до того момента, как ротор начнет вращаться.

При использовании такой приводной системы должны предусматриваться различные способы предотвращения разгона ротора. Рычаг вытягивает привод из зацепления, пока обгонная муфта не стала вращаться с недопустимой частотой.

Обгонная муфта блокирует ведущее зубчатое колесо при вращении в одном направлении и отпускает ведущее зубчатое колесо при вращении в другом направлении. Это позволяет ведущему зубчатому колесу поворачивать зубчатый венец маховика, чтобы пустить двигатель. Обгонная муфта позволяет также ведущему зубчатому колесу свободно вращаться, когда двигатель начнет работать.

Обгонная муфта состоит из роликов, прижимаемых пружинами к роликовой муфте. Эта роликовая муфта имеет конические скосы, позволяющие ролику фиксировать ведущее зубчатое колесо на вале во время проворачивания маховика.

Крутящий момент передается через корпус муфты. Крутящий момент передается роликами на ведущее зубчатое колесо. Когда двигатель запустится и частота вращения ведущего зубчатого колеса превысит частоту вращения вала ротора, ролики вытолкнут скосы. В результате ведущее зубчатое колесо будет вращаться независимо от вала ротора. Когда ведущее зубчатое колесо стартера выйдет из зацепления с маховиком и перестанет работать, пружины прижмут ролики к скосам, подготовив их к следующему пуску. Имеются разные варианты такого привода, предназначенные для тяжелых режимов работы.

Управление пусковой цепью

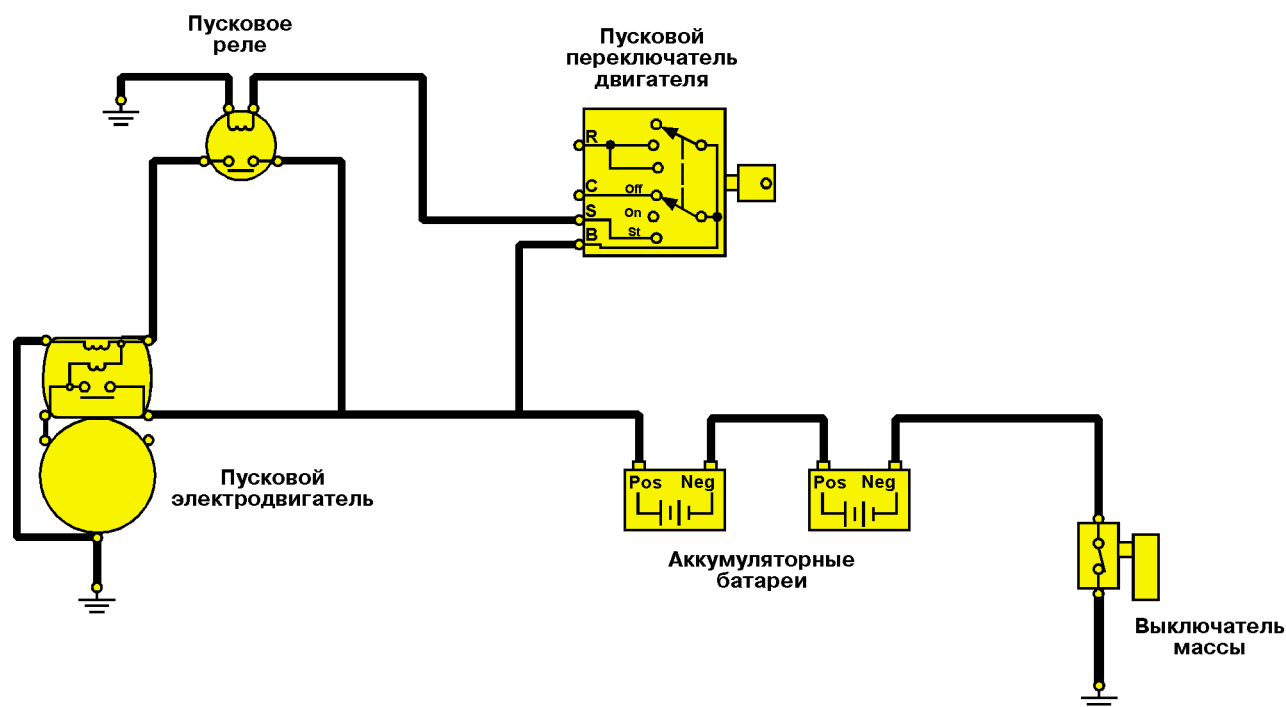


Рис. 162

g01073471

В пусковую цепь входят устройства управления и защиты. Управляющие и защитные устройства необходимы для обеспечения прерывистого режима работы электростартера и предотвращения работы при некоторых режимах работы машины в целях безопасности.

Электрическая цепь стартера может содержать следующие устройства:

- Аккумуляторную батарею
- Провода и кабели
- Пусковой переключатель двигателя
- Защитный выключатель пуска стартера только с нейтрالي и защитный выключатель пуска стартера только при выключенном сцеплении (при наличии)
- Реле стартера
- Соленоид стартера

Аккумуляторная батарея

Аккумуляторная батарея обеспечивает всю электрическую энергию, необходимую стартеру для пуска двигателя от аккумуляторной батареи. Для обеспечения постоянной готовности системы пуска важно, чтобы аккумуляторная батарея была исправной и полностью заряженной.

Кабели и провода

Для передачи больших токов, протекающих через электростартер, необходимы силовые кабели достаточного сечения, чтобы обеспечить их низкое сопротивление. В последовательной цепи любое добавляемое сопротивление влияет на работу нагрузки из-за уменьшения общего тока в цепи.

В некоторых системах силовые кабели соединяют аккумуляторную батарею с электростартером через реле. В других системах аккумуляторная батарея соединяется силовым кабелем непосредственно со стартером.

Для обеспечения хорошей проводимости тока кабели заземления также должны иметь достаточное сечение. Все электрические разъемы и соединения должны иметь, по возможности, малое сопротивление.

Пусковой переключатель двигателя

Пусковой переключатель приводит в действие электростартер, обеспечивая подачу электропитания к реле стартера от аккумуляторной батареи. Пусковой переключатель может приводиться в действие ключом, кнопкой или дистанционно от органа управления, приводимого в действие ключом. Пусковой переключатель может устанавливаться на приборном щитке или на рулевой колонке.



Рис. 163

g01073473

Защитный выключатель пуска стартера только с нейтралю или защитный выключатель пуска стартера только при выключенном сцеплении

Все машины, оборудованные ручной или автоматической коробкой передач, должны оснащаться выключателем пуска стартера только с нейтралю (выключателем, блокирующим включение стартера при включенной передаче). Этот выключатель может устанавливаться на коробке передач, на рукоятке переключения передач или на рычажном механизме. Контакты выключателя замыкаются, когда переключатель передач устанавливается в положение включения ручного тормоза или в нейтраль. Контакты выключателя размыкаются, когда переключатель передач установлен в положение задания какой либо передачи.

На некоторых машинах может использоваться выключатель пуска стартера при выключенном сцеплении, который размыкается, когда сцепление включено и замыкается, когда оператор нажимает педаль сцепления. Это предотвращает работу стартера при включенном сцеплении. В некоторых коробках передач используется переключатель стартера с нейтральной передачи, который предотвращает работу стартера, пока коробка передач не будет установлена в нейтральное положение.

Все защитные выключатели такого типа должны поддерживаться в исправном состоянии. Запрещается шунтировать или снимать любые защитные выключатели.

Реле стартера



Рис. 164

g01073474

В некоторых системах пуска может использоваться реле стартера (магнитный выключатель). Реле стартера располагают между пусковым переключателем и соленоидом стартера. Реле стартера представляет собой магнитный выключатель, приводимый в действие от аккумуляторной батареи, которая соединяется через пусковой переключатель. Реле располагают обычно таким образом, чтобы силовые кабели между стартером и аккумуляторной батареей были по возможности короче.

Реле стартера использует малый ток от пускового переключателя для управления большим током к соленоиду стартера, чтобы уменьшить токовую нагрузку пускового переключателя. При подаче напряжения на обмотки реле происходит выдвижение штока реле под действием магнитной силы, возникающей при протекании тока через обмотки реле. За счет этого выдвигается контактный диск, замыкающий контакты, соединяющиеся с аккумуляторной батареей и выводами с клеммы стартера. При этом потечет ток от аккумуляторной батареи к соленоиду стартера.

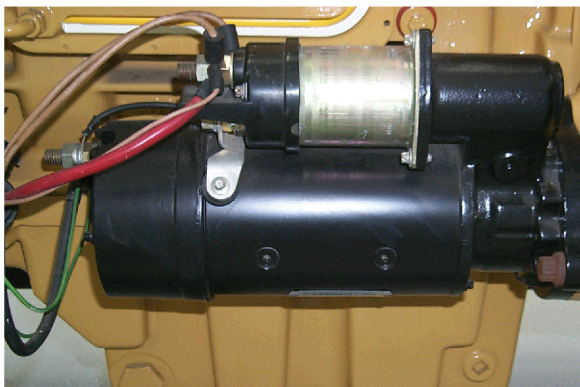


Рис. 165

g01073475

Соленоиды сочетают работу магнитного выключателя (реле) с выполнением механической работы (приведением в действие привода). Соленоид стартера создает магнитное поле, втягивающее шток соленоида и диск в обмотку катушки, замыкая при этом цепь системы пуска. Соленоид установлен на электростартере так, чтобы можно было соединиться тягой с приводом обгонной муфты и привести в зацепление привод.

Соленоиды содержат две разные обмотки, обеспечивающие его эффективную работу. Когда ключ пускового переключателя устанавливается в положение пуска двигателя, ток из аккумуляторной батареи течет через втягивающие и удерживающие во втянутом положении обмотки. Эти обмотки содержат множество витков провода и создают сильное магнитное поле, способное втянуть тяжелый шток вперед и привести в положение зацепления привод стартера.

Когда шток достигает конца хода в соленоиде, он приводит в действие контактный диск, работающий как реле, и через замкнувшиеся контакты ток из аккумуляторной батареи течет в электростартер. При этом также отсоединяется от цепи последовательная втягивающая обмотка, за счет чего ток начинает протекать только через шунтирующую удерживающую обмотку. Для удержания штока требуется лишь небольшое магнитное поле, создаваемое удерживающей обмоткой. За счет этого уменьшается требуемая сила тока управления, обеспечивая уменьшение тепловыделения и увеличение силы тока к электростартеру.

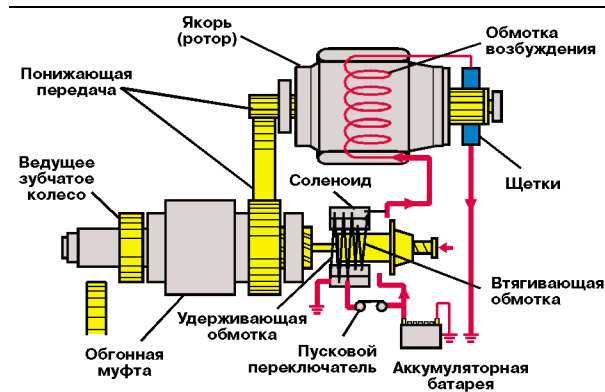


Рис. 166

g01073476

Когда ключ пускового переключателя замкнут, ток из аккумуляторной батареи течет в двух направлениях. Ток течет из аккумуляторной батареи к пусковому переключателю, а затем через втягивающую обмотку, обмотку возбуждения, ротор и щетки течет к заземлению.

При активации втягивающей и удерживающей обмотки создается магнитное усилие. Под действием этой силы шток смещается влево, смещая обгонную муфту и ведущее зубчатое колесо к зубчатому венцу маховика.

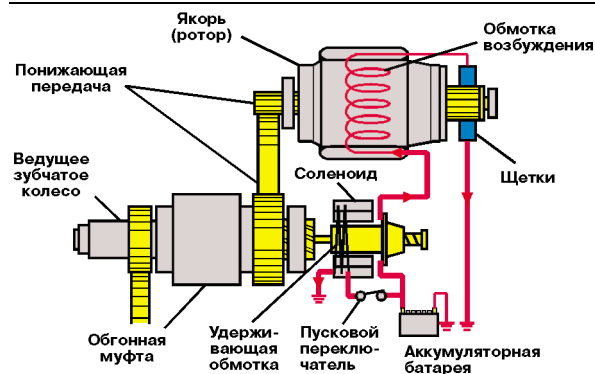


Рис. 167

g01073477

Когда шток втянется влево, замкнутся контакты соленоида. В этот момент ведущее зубчатое колесо начнет входить в зацепление с зубчатым венцом маховика, а втягивающая обмотка будет закорочена. За счет этого ток потечет через контакты соленоида к обмотке возбуждения, ротору, щеткам и далее к заземлению. Электростартер оказывается запитанным. Ведущее зубчатое колесо сцепляется с зубчатым венцом маховика. Двигатель начинает запускаться. В это время шток удерживается во втянутом положении только за счет магнитной силы, создаваемой удерживающей обмоткой.

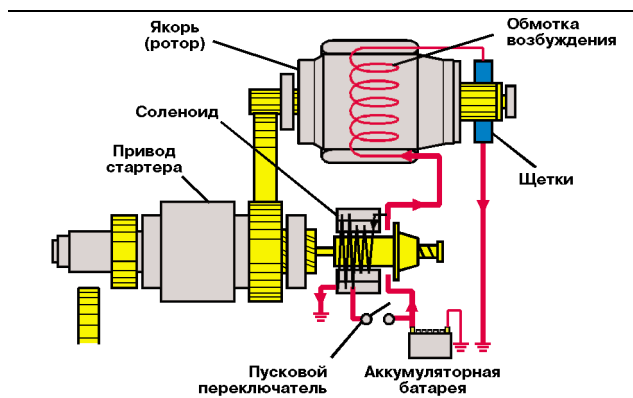


Рис. 168

g01073478

Как только двигатель запустится, зубчатый венец маховика начнет вращать ведущее зубчатое колесо быстрее, чем ротор электростартера. Обгонная муфта разорвет механическое соединение между муфтой и электростартером. Когда ключ пускового переключателя отпустят, ток потечет через удерживающую обмотку и втягивающую обмотку в одинаковом направлении, за счет чего уменьшится магнитное усилие удерживающей обмотки. Разомкнутся контакты соленоида. Шток и обгонная муфта будут установлены в первоначальное положение под действием возвратной пружины. Ротор остановится и электродвигатель окажется в положении ОТКЛЮЧЕНО.

Последовательно-параллельные системы

Машины, оснащенные дизельными двигателями большой мощности, требуют применения стартеров повышенной мощности, способных развивать соответствующую частоту вращения при пуске двигателя. Для достижения этой цели на некоторых машинах используются стартеры 24 В. Применение напряжения 24 В позволяет обеспечить такую же мощность стартера при меньших пусковых токах.

В последовательно-параллельной системе стартер работает при напряжении 24 В, тогда как остальная электрическая система машины работает при напряжении 12 В. При этом используются специальные последовательно-параллельные контакторы, соединяющие две или больше аккумуляторных батареи параллельно для электропитания обычного оборудования и зарядки аккумуляторных батарей, а затем соединяющие аккумуляторные батареи последовательно со стартером при пуске двигателя. Оборудование 12 В предпочтительнее, поскольку оно значительно дешевле осветительных приборов и другого вспомогательного оборудования с электропитанием 24 В.

Электрические системы 12/24 В

В других системах такого типа стартер соединяют последовательно с двумя аккумуляторными батареями 12 В. Генератор переменного тока заряжает аккумуляторные батареи при напряжении 24 В.

Испытание пусковых систем

Всестороннее испытание системы пуска начинается с выяснения работы системы. При наиболее полном понимании работы системы Вы можете логически выявить неисправность посредством осмотра и электрических испытаний.

Осмотр, выявление и устранение неисправностей

Во избежание замены исправных деталей и неоправданного ремонта работоспособных составных частей необходим осмысленный порядок проведения испытаний и осмотра.

Выяснение проблемы

Запустите систему сами, чтобы увидеть, как работает система. Неисправности стартера можно обычно разделить на следующие категории:

- Стартер вращается, но не запускает двигатель.
- Двигатель запускается очень медленно.
- Двигатель не запускается вовсе.
- Излишний шум в работе пускового электродвигателя.

Не следует вращать маховик дольше 30 с за один раз. Для предотвращения повреждения электростартера давайте время на его остывание в промежутках между неудачными пусками.

Выявление неисправности

Выясните характер неисправности, - электрическая она или механическая. Например, если вал стартера вращается, но стартер не запускает двигатель, то неисправность, скорее всего, имеет механический характер, поскольку возможно не вводится в зацепление привод.

Механические неисправности могут быть устранены посредством ремонта составной части или замены неисправных деталей.

Электрические неисправности требуют дополнительных испытаний для выяснения причины неисправности и выполнения необходимого ремонта.

Локализация неисправности

Независимо от типа неисправности, механической или электрической, необходимо выявить, где находится неисправность, с тем, чтобы быстро и аккуратно выполнить ремонтные работы.

Ниже перечислены меры, заключающиеся в проверке и локализации неисправности пусковой цепи.

1. Проверка аккумуляторной батареи для определения полноты заряженности и способности обеспечить ток достаточной силы.
2. Проверка исправности проводов и переключателей.
3. Если двигатель, аккумуляторная батарея и провода исправны, но стартер работает неправильно, неисправность должна быть связана со стартером.

Внешний осмотр

Начните проверку системы пуска с систематического осмотра. Проверьте, нет ли перечисленных ниже неисправностей:

- Ослаблены или подверглись коррозии выводы аккумуляторной батареи
- Изношена или истерта изоляция силовых проводов аккумуляторной батареи
- Окислены соединения соленоида или реле
- Поврежден соленоид стартера или реле

- Треснули или сломались изоляторы реле стартера
- Ослабленное крепление заземления на двигателе или шасси машины
- Повреждены защитные выключатели пуска стартера только с нейтралю
- Поврежден ключ пускового переключателя или его приводной механизм
- Ослабло крепление стартера

Проверка аккумуляторной батареи

Продолжите осмотр с полной проверки и технического обслуживания аккумуляторной батареи.

Проведите все необходимые испытания, чтобы убедиться в исправности аккумуляторной батареи. Необходимые выходные параметры аккумуляторной батареи жизненно важны для хорошей работы системы пуска и правильной диагностики системы пуска.

Испытания системы пуска

Проверки должны выполняться вначале на стартере, установленном на машине, чтобы определить необходимость снятия стартера и дальнейшей проверки.

Должны быть проведены следующие проверки, пока электростартер находится на машине:

- Напряжение системы пуска при пуске двигателя
- Потребление тока при пуске двигателя
- Падение напряжения при пуске двигателя
- Вращение коленчатого вала двигателя
- Осмотр ведущего зубчатого колеса электростартера и зубчатого венца маховика

Необходимость ремонта или замены стартера определяется при стендовых испытаниях. Стендовые испытания включают испытание без нагрузки и испытание составных частей электростартера.

Алфавитный указатель

А

Аккумуляторная батарея	95
Аккумуляторная батарея глубокого циклирования	104
Аккумуляторные батареи	96
Аккумуляторные батареи и цепь зарядки ...	102
Быстрые зарядные устройства	107
Вентиляционные колпачки аккумуляторной батареи	98
Вода для аккумуляторной батареи	98
Время зарядки	108
Выводы аккумуляторной батареи	98
Зарядка аккумуляторной батареи	105
Зарядка необслуживаемых аккумуляторных батарей	108
Зарядка обычных аккумуляторных батарей	106
Зарядные устройства для аккумуляторной батареи	106
Зарядные устройства с постоянным уровнем тока	106
Изменение эффективности аккумуляторной батареи или напряжение на выводах	102
Использование аккумуляторной батареи и ее замена	105
Испытание аккумуляторной батареи под нагрузкой	111
Как работает аккумуляторная батарея	99
Конструкция аккумуляторной батареи	97
Краткое описание аккумуляторной батареи ..	95
Медленные зарядные устройства для зарядки постоянным уровнем тока	106
Медленные зарядные устройства для зарядки при постоянном напряжении	107
Необслуживаемые аккумуляторные батареи	103
Номинальные характеристики аккумуляторной батареи	104
Обычные аккумуляторные батареи	103
Плотномер (ареометр)	109
Потенциал аккумуляторной батареи	98
Предостережения при быстрой зарядке	107
Проверка аккумуляторной батареи	109
Проверка напряжения в разомкнутой цепи ...	111
Проверка плотности электролита необслуживаемой аккумуляторной батареи	110
Проверка плотности электролита обычной аккумуляторной батареи	109
Пуск с помощью соединительных проводов	108
Пусковой ток	105
Рабочие циклы	100
Резервная емкость	105
Рекомендуемая методика зарядки аккумуляторной батареи	107
Температура	102

Техническое обслуживание аккумуляторной батареи	109
Типы аккумуляторных батарей	102
Ток холодного пуска	105
Устройства зарядки при постоянном напряжении	106
Характеристики необслуживаемых аккумуляторных батарей	104
Цикл зарядки	101
Цикл разрядки	100
Электролиз	102

В

Важная информация по технике безопасности ...	2
Введение в электричество	4

З

Закон Ома	23
Базовые единицы	28
Введение в закон Ома	23
Кило	28
Круг-шаблон для решения закона Ома	24
Мега	28
Метрическая система измерения	27
Микро	28
Милли	28
Мощность	29
Неизвестна сила тока	27
Неизвестно напряжение	25
Неизвестно сопротивление	26
Номинальные характеристики резисторов ...	29
Общие правила закона Ома	24
Основные элементы цепи постоянного тока ..	23
Уравнение, выражающее закон Ома	24

Зарядная система.....	111
Встроенные электронные регуляторы.....	128
Выпрямление тока генераторов со статорами, соединенными по схеме звезды или треугольника	118
Выявление неисправности	131
Выяснение проблемы	131
Генератор переменного тока	115
Генераторы	113
Зарядные цепи переменного и постоянного тока	112
Индикаторы зарядки	130
Как индуцируется напряжение	116
Конструкция генератора переменного тока	121
Краткое описание системы зарядки	111
Локализация неисправности	132
Проверка системы зарядки	131
Работа зарядной цепи	113
Работа регулятора в режиме работы двигателя	126
Работа электронного регулятора при пуске двигателя	125
Регулирование выходной мощности генератора переменного тока	123
Схемы регуляторов	129
Тесты системы зарядки	132
Электронные регуляторы напряжения	123

М

Магнитные явления	17
Введение в магнитные явления	17
Взаимоиндукция	23
Генерирование напряжения	22
Искусственные магниты	18
Линии магнитного потока	19
Магнитная сила	19
Магнитные поля	18
Природа магнитных явлений	17
Природные магниты	17
Реле и соленоиды	20
Самоиндукция	22
Силовые линии	18
Способы индуцирования	22
Электромагнитная индукция	21
Электромагниты	18

Н

Напряжение цепи	47
Замыкания на землю	52
Короткие замыкания	49
Неисправности цепей	47
Обрывы	47
Повреждения цепей	47
Пропадающая неисправность	52
Чрезмерное сопротивление	52

О

Основные принципы работы систем	4
Основные составные части электрических цепей	53
Автоматы защиты	67
Загрязнения	59
Измерения емкости конденсатора	74
Инструменты для пайки и подготовка	55
Конденсатор	72
Краткие сведения об основных составных частях электрических цепей	53
Меры предосторожности	57
Механические соединения	56
Мощности резисторов	70
Неисправные резисторы	72
Пайка	54
Переключатели	63
Переменные резисторы	71
Плавкие предохранители	65
Подготовка провода	55
Покрытие	59
Полезные советы	57
Провода	53
Прямоугольный разъем Deutsch (DRC)	62
Разъемы компании Caterpillar, спроектированные с учетом требований по охране окружающей среды (разъемы CE)	62
Разъемы типа Sure-Seal	60
Разъемы типа VE	60
Разъемы Deutsch для тяжелого режима эксплуатации серии HD10	61
Разъемы Deutsch серии (DT) для транспортных машин	61
Расчет общей емкости	74
Резисторы	68
Резисторы и их рассеиваемая мощность, Вт	69
Сечение провода	54
Сохранение энергии конденсатором	73
Термисторы	72
Типы разъемов	60
Устройства защиты цепей	65
Электрические разъемы	58
Основы теории цепей	29
Введение в теорию основных цепей	29
Другие способы и рекомендации по расчету сложных последовательно-параллельных цепей	34
Параллельная цепь	31
Последовательная цепь	29
Последовательно-параллельные цепи	32
Применение правил	30
Расчет последовательно-параллельной цепи	33
Расчет тока в параллельной цепи	32

П

Пусковая система	132
Аккумуляторная батарея	139
Внешний осмотр	143
Выявление неисправности	143
Выяснение проблемы	142
Защитный выключатель пуска стартера только с нейтралю или защитный выключатель пуска стартера только при выключенном сцеплении	140
Испытание пусковых систем	142
Испытания системы пуска	143
Кабели и провода	139
Как работает система пуска	132
Локализация неисправности	143
Осмотр, выявление и устранение неисправностей	142
Последовательно-параллельные системы ..	142
Приводные механизмы стартера	137
Принцип действия электростартера	133
Проверка аккумуляторной батареи	143
Пусковой переключатель двигателя	140
Реле стартера	140
Управление пусковой цепью	139
Характеристики электростартера	135
Электрические системы 12/24 В	142
Электростартер	133

С

Содержание	3
------------------	---

Т

Твердотельные электрические элементы	74
Анод и катод	79
Барьерное напряжение	78
Выпрямитель и генератор	84
Диодное смещение	80
Диоды	78
Диоды в цепи защиты	86
Диоды Зенера и регулирование напряжения	82
Диоды как выпрямители	84
Другие применения	91
Как работают полупроводники	75
Конструкция транзистора	88
Краткие сведения о твердотельных электрических элементах	74
Напряжение Зенера	82
Обедненная зона	77
Основная функция	88
Полупроводники	75
Применение	82
Проверка диодов	87
Протекание тока через полупроводники	76
Пути протекания тока базы	88
Работа транзистора	89
Резисторы в транзисторных цепях	90
Светодиоды в сравнении с лампами накаливания	83
Светодиоды и подсветка	83
Твердотельные реле	90
Типы транзисторов	87
Ток утечки диода	81
Транзисторная терминология	91
Транзисторы	87
Эмиттер, база и коллектор	88
р - п - р или п - р - п транзисторы	89

Э

Электрическая схема	92
Идентификационная маркировка проводов ..	93
Особенности схем	93
Схемы	92
Точки соединений	94
Электрические разъемы	94
Электрические схемы машины нового формата	93
Элементы и устройства	94

Электрические измерения	35
Входы измерительных выводов	39
Жидкокристаллический дисплей	37
Измерение переменного/постоянного тока....	43
Измерение постоянного/переменного напряжения	40
Измерение сопротивления	45
Индикатор перегрузки дисплея	40
Кнопки	38
Поворотный переключатель.....	39
Предельные значения параметров во входных гнездах	40
Цифровой мультиметр.....	36
Цифровой универсальный измерительный прибор	35
Электрические системы машины	95
Электрические цепи	23
Электрические элементы и обозначения	53
Электричество - основные принципы	4
Атомы	6
Вещество и элементы.....	5
Заряды и электростатика	10
Кулон	11
Основы электричества.....	4
Провода	16
Разность потенциалов	11
Сила тока	12
Сопротивление	13
Условный и электронный ток	13
Электрическая энергия.....	9
Электрические проводники	15
Электрические цепи и законы электрических цепей	15

