

ТОК. НАПРЯЖЕНИЕ. СОПРОТИВЛЕНИЕ. ЧАСТОТА. МОЩНОСТЬ

Все материалы состоят из атомов, которые, в свою очередь состоят из протонов, электронов и нейтронов. Атом имеет ядро, состоящее из протонов и нейтронов. Вокруг ядра находятся электроны, которые располагаются на разных расстояниях от ядра и группируются в орбиты, имеющие разные диаметры. На рис. 1.1 показана схема атома кремния.

Протон имеет единичный положительный электрический заряд, электрон - отрицательный, а нейтрон не имеет никакого заряда. В обычном состоянии атом в целом нейтрален, поскольку число положительно и отрицательно заряженных частиц в нем одинаково, что иллюстрируется приведенной ниже таблицей

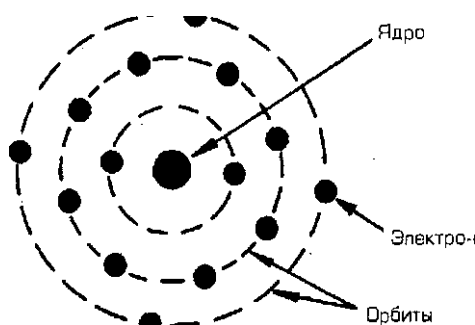


Рис. 1.1. Атом кремния

<i>Атом</i>	<i>Число протонов</i>	<i>Число нейтронов</i>	<i>Число электронов</i>
Водород	1	0	1
Кислород	8	8	8
Медь	29	34	29
Кремний	14	14	14

СВОБОДНЫЕ ЭЛЕКТРОНЫ (ПРОВОДИМОСТЬ)

Атом имеет очень сложную структуру. Его наружные электроны слабо притягиваются к ядру, так же, как далекая планета к солнцу. Случайные воздействия могут сорвать электроны со своих орбит и эти электроны начнут двигаться случайным образом в толще металла (см. рис. 1.2).

Такие электроны называются *свободными*. В некоторых материалах таких электронов очень много, а в других - мало или нет совсем. Материал с большим количеством свободных электронов - это *проводник*, а материал, не имеющий свободных электронов - *изолятор*.

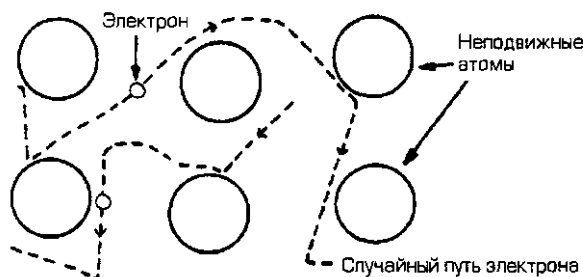


Рис. 1.2. Движение свободных электронов

Вообразите медный провод как скопление атомов и свободных электронов, блуждающих в промежутках между атомами. Электроны настолько малы по сравнению с расстояниями между атомами, что электронам достаточно просторно и они могут летать между атомами во всех направлениях практически беспрепятственно. Однако, скорости и направления их движения случайны, поэтому внешне это движение ничем не проявляется.

ПОТОК ЭЛЕКТРОНОВ (ТОК)

Если к концам медного провода подсоединить батарею, то все свободные электроны начнут двигаться в одном общем направлении вдоль провода, подобно тому, как начинается двигаться жидкость в трубе, к которой подключили насос.

Важно понять, что батарея не производит новых электронов, как насос не производит жидкость. Как насос, так и батарея лишь приводят в движение то, что уже существует.

Продолжая сравнение, можно заметить, что жидкость движет не сам насос, а та разность давлений, которую насос создает. Это справедливо и в отношении электричества: любое устройство (например, батарея или генератор), которое способно создать *разность потенциалов* в электрической цепи, может заставить течь по проводу электрический ток.

Как насос создает давление, так и батарея создает электродвижущую силу (э.д.с.), которая измеряется в *Вольтах*.

Идея потока электронов породила понятие электрического тока, который, как принято считать, движется от положительного полюса батареи через электрическую цепь к отрицательному полюсу. На самом деле электроны движутся в обратном направлении, поэтому направление тока - понятие условное и зависит от принятого соглашения.

В дальнейшем мы будем подразумевать, как это принято, что ток движется от плюса (+) к минусу (-), если не оговорено иное.

Электрический ток, это упорядоченное (направленное) движение электрических зарядов по проводнику под действием внешних электрических сил.

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЦЕПЬ

Электрическая цепь - это неразрывный путь, по которому электрический ток может течь от плюса к минусу.

Батарея или генератор, которые заставляют ток двигаться по цепи, во многом подобен масляному насосу, установленному в Вашем автомобиле. Поток масла также движется по замкнутой цепи и в основном расходуется на смазку подшипников.

Сравним электрическую и масляную системы, показанные на рис. 1.3 и 1.4 а .

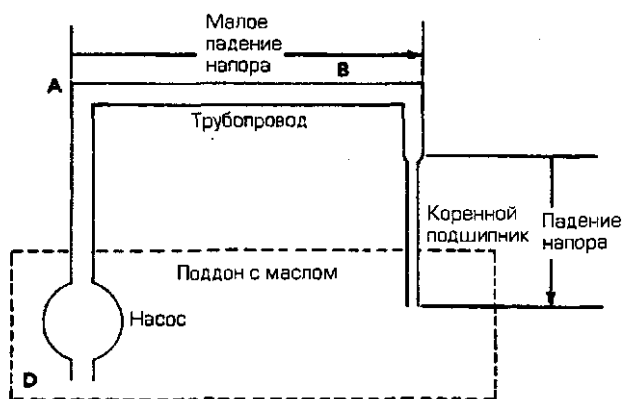


Рис. 1.3. Масляный насос и подвод смазки к подшипнику

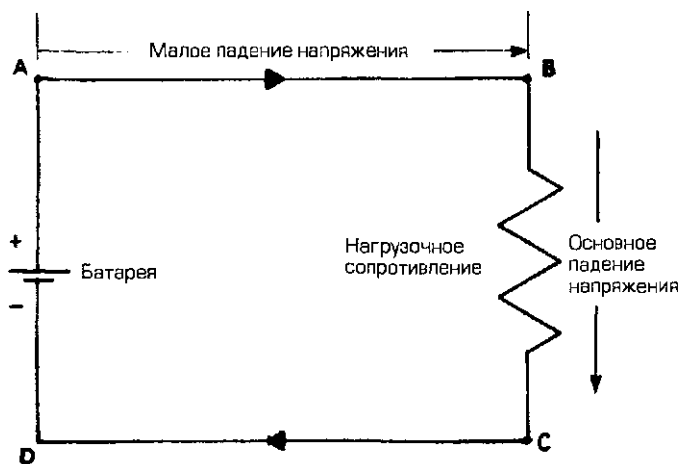


Рис. 1.4.а. Батарея с нагрузкой

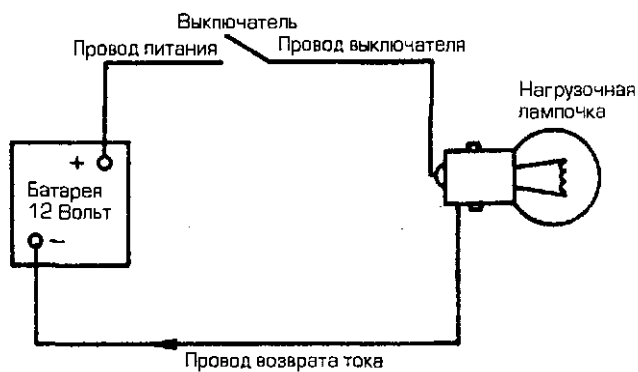


Рис. 1.4.б. Простейшая электрическая схема с возвратом тока по проводу

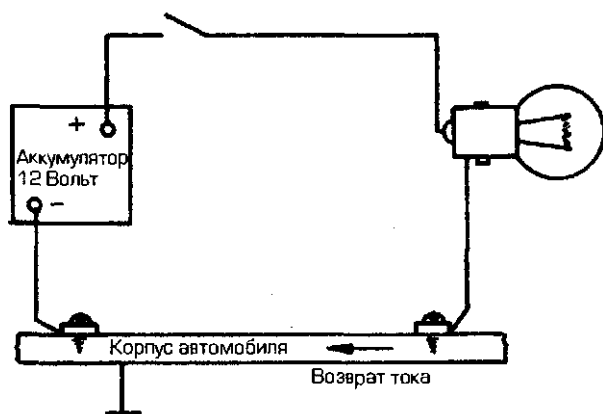


Рис. 1.4.в. Схема с возвратом тока через корпус автомобиля

Масляный насос создает разность давлений между точками А и D. Это заставляет масло двигаться по трубопроводу - В к коренному подшипнику.

Здесь происходит основное падение напора вследствие большого гидравлического сопротивления в зазоре подшипника. Большая часть энергии насоса тратится на то, чтобы продавить масло через этот зазор. В трубопроводе (в идеале) энергия не теряется.

В электрической цепи батарея создает разность потенциалов между точками А и D. Это заставляет электрический ток двигаться по проводу к нагрузочному сопротивлению. Здесь происходит основное падение напряжения вследствие того, что нагрузка представляет собой проводник с большим электрическим сопротивлением. Большая часть энергии батареи тратится на то, чтобы заставить ток двигаться через нагрузочное сопротивление. В подводящих проводах энергия почти не теряется (хотя практически небольшие потери все же есть).

ОСНОВНЫЕ ЕДИНИЦЫ

Количество электронов, которое батарея приводит в движение, измеряется астрономическими числами, поэтому для удобства определенное их число (для нас неважно, какое именно] объединено в единицу количества электричества, которая называется *Кулоном*.

Однако, нас редко интересует количество электричества. Практически более важно знать скорость прохождения этого количества по цепи. Число Кулонов, прошедших через некоторую точку цепи за секунду, называется *силой тока* или *током*. Единицей силы тока является *Ампер*, т.е. ток, соответствующий прохождению 1 Кулона за 1 секунду.

Соответствие между сходными величинами в гидравлической и электрической цепях дает следующая таблица:

	Единицы в гидравлической системе	Единицы в электрической системе
Количество	<i>Литр</i>	<i>Кулон</i>
Давление и потеря напора	<i>Ньютон / кв. метр</i>	<i>Вольт</i>
Сила тока	<i>Литр в секунду</i>	<i>Кулон в секунду (Ампер)</i>

ЗАКОН ОМА

Нагрузочное сопротивление (или нагрузка) - это элемент, ради которого создается электрическая цепь. Например, электрический нагревательный элемент представляет собой кусок провода, сопротивление которого значительно выше сопротивления соединительных проводов.

Хорошо известно, что при прохождении тока через нагрузочное сопротивление в последнем выделяется тепло. Так, лампочка фары, а точнее - ее нить, представляет собой нагрузочное сопротивление, такое, что нить раскаляется добела. Единицей сопротивления является Ом по имени немецкого ученого Георга Ома.

Единицу сопротивления - 1 Ом легко себе представить: это такое сопротивление, в котором разность потенциалов в 1 Вольт заставит течь ток в 1 Ампер (см. рис. 1.5).

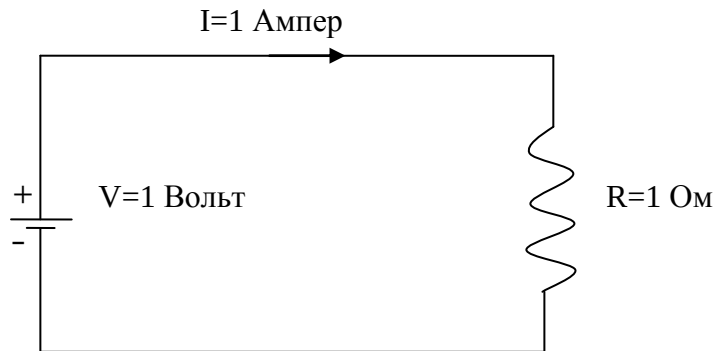


Рис. 1.5. Соотношение между Вольт, Ампером и Ом

Георг Ом известен как автор основополагающего закона электротехники, который установил, что ток пропорционален приложенному напряжению, или

$$V = I \times R$$

т.е. напряжение = ток × сопротивление

Сегодня это кажется элементарным, но самому Ому в 1826 году такое утверждение стоило потери работы, потому что оно противоречило представлениям того времени.

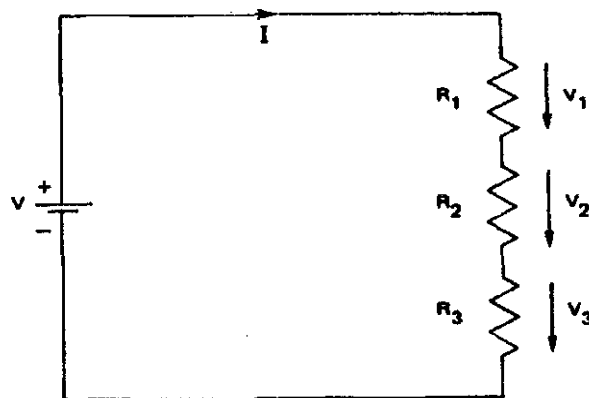
Пример

Лампочка передней фары питается напряжением 12 Вольт от аккумулятора и потребляет 3 Ампера. Каково сопротивление лампочки?

$$V = I \times R \text{ или } 12 = 3 \times R \text{ отсюда } R = 12/3 = 4 \text{ Ома}$$

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЕ И ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ЦЕПИ

Редко, когда электрическая цепь состоит только из батареи и нагрузочного сопротивления. Чаще в цепь включено два и более резисторов. Если они включены один за другим, как изображено на рис. 1.6, то их соединение называют последовательным, а если так, как на рис. 1.7, то соединение называют параллельным.



Сумма падений напряжения вдоль цепи
равно напряжению источника

Рис. 1.6. Последовательное соединение

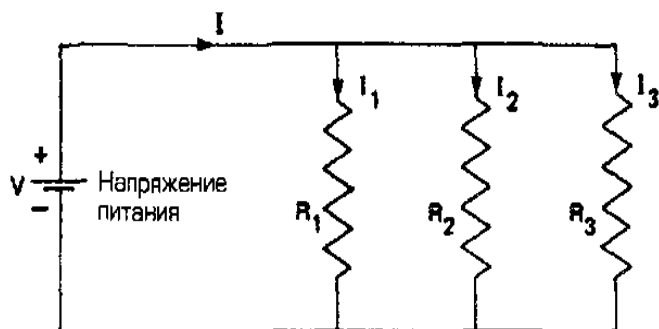


Рис. 1.7. Параллельное соединение

Последовательное соединение $V = I \times (R_1 + R_2 + R_3)$

Пример

Для того, чтобы посмотреть, как может быть использовано при введенное выше соотношение, положим, что

$R = 3 \text{ Ом}$, $R_2 = 4 \text{ Ом}$ и $R_3 = 5 \text{ Ом}$.

Какова сила тока в цепи, если напряжение батареи $V = 12 \text{ Вольт}$

$$12 = I \times (3 + 4 + 5) \text{ или } 12 = I \times 12 \text{ отсюда } I = \frac{12}{12} = 1 \text{ Ампер}$$

Параллельное соединение - потребляемый от аккумулятора ток, будет равен сумме токов составных частей цепи $I = I_1 + I_2 + I_3$

Пример

Положим, что напряжение источника равно 12 Вольт, а нагрузочные сопротивления равны $R_1 = 6 \text{ Ом}$, $R_2 = 3 \text{ Ом}$, $R_3 = 4 \text{ Ом}$ (см. рис. 1.8)

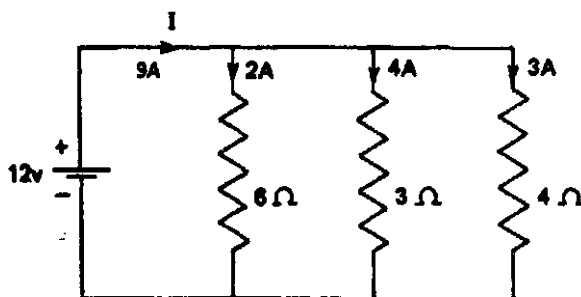


Рис. 1.8. Пример параллельного соединения резисторов

$$I_1 = V/R_1 = 12/6 = 2A$$

$$I_2 = V/R_2 = 12/3 = 4A$$

$$I_3 = V/R_3 = 12/4 = 3A$$

Таким образом, полный ток, который должна обеспечить батарея, составляет $I = 9 \text{ А}$.

Практически все ветви электрической схемы автомобиля соединены параллельно, поскольку все они питаются от одного источника – аккумулятора.

Например, если передние фары потребляют ток 5А, задние фонари - 0.5А, а катушка зажигания - 1,5А, то, если они включены одновременно, их общий ток будет составлять

$$I = 5 + 0.5 + 1.5 = 7A$$

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ МОЩНОСТЬ

Электрическая мощность - физическая величина, характеризующая скорость передачи или преобразования электрической энергии.

Таким образом для цепей постоянного тока:

$$P = V \times I$$

Ватты = Вольты × Амперы.

Например, аккумулятор с напряжением 12В, питающий лампочку током 3А, выдает мощность

$$P = V \times I = 12 \times 3 = 36 \text{ Ватт.}$$

ПАДЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ НА ПРОВОДАХ

Осмотр проводов в автомобиле показывает, что они имеют разную толщину, и что часто провод представляет собой не просто одну сплошную жилу, а скручен из многих тонких жил.

Конструктор выбирает провода для электрических цепей таким образом, чтобы при передаче по ним тока от источника к потребителю провода не рассеивали слишком много энергии. Важно помнить, что, хотя провода обычно изготовлены из меди, которая является хорошим проводником, тем не менее они имеют вполне реальное, хотя и небольшое сопротивление, вызывающее нагрев и падение напряжения. Это приводит к тому, что до потребителя доходит меньше энергии, а цепь теряет эффективность.

На рис. 1.9 показан аккумулятор с присоединенной к нему лампочкой. На клеммах аккумулятора напряжение составляет 12 Вольт и в идеале такое же напряжение должно быть на контактах лампочки. Однако на самом деле подводящий и отводящий провода лампочки имеют сопротивление с падением напряжения по 0.2 В в каждом. В результате до волоска лампочки доходит напряжение лишь 11.6 В.

В результате из-за потерь напряжения в проводах мы получим плохое освещение. Улучшить освещение можно, сделав провода более толстыми, но в этом направлении тоже надо соблюдать меру, поскольку провода станут дороже, да к тому же потеряют гибкость.

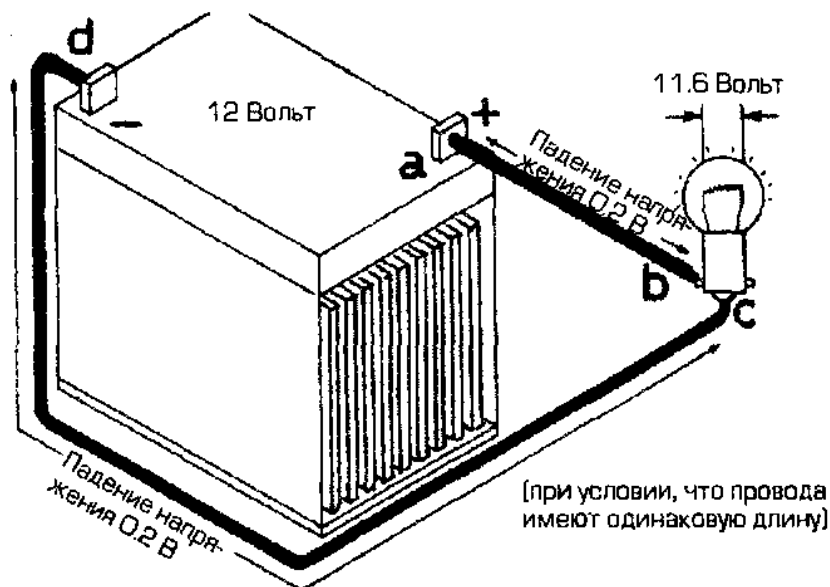


Рис. 1.9. Падение напряжения в подводящих проводах

АМПЕРМЕТР И ВОЛЬТМЕТР

Не обязательно много знать об устройстве электроизмерительных приборов, для того, чтобы уметь ими пользоваться. Основные же правила просты.

Амперметр измеряет силу тока, текущего по цепи. Его подсоединяют так, чтобы этот же ток протекал и через прибор, т.е. последовательно с нагрузкой, как показано на рис. 1.10.

Амперметр сконструирован так, чтобы его внутреннее сопротивление было по возможности минимальным. Поэтому, если его по ошибке включить не последовательно, а параллельно нагрузке, последствия могут быть разрушительными. Из-за малого внутреннего сопротивления через амперметр потечет большой ток, который может сжечь прибор, а также оплавить изоляцию подводящих проводов.

Вольтметр, в отличие от амперметра, наоборот, конструируется так, чтобы его внутреннее сопротивление было по возможности высоким. Поэтому его трудно сжечь неосторожным подключением.

Вольтметр измеряет напряжение (разность потенциалов) на концах элемента цепи и его надо подключать параллельно этому элементу. Например, если в схеме на рис. 1.9 вольтметр включить между точками а и d, он покажет напряжение аккумулятора, между точками b и c - напряжение на лампочке, между a и b или между d и c - падение напряжения на проводах.

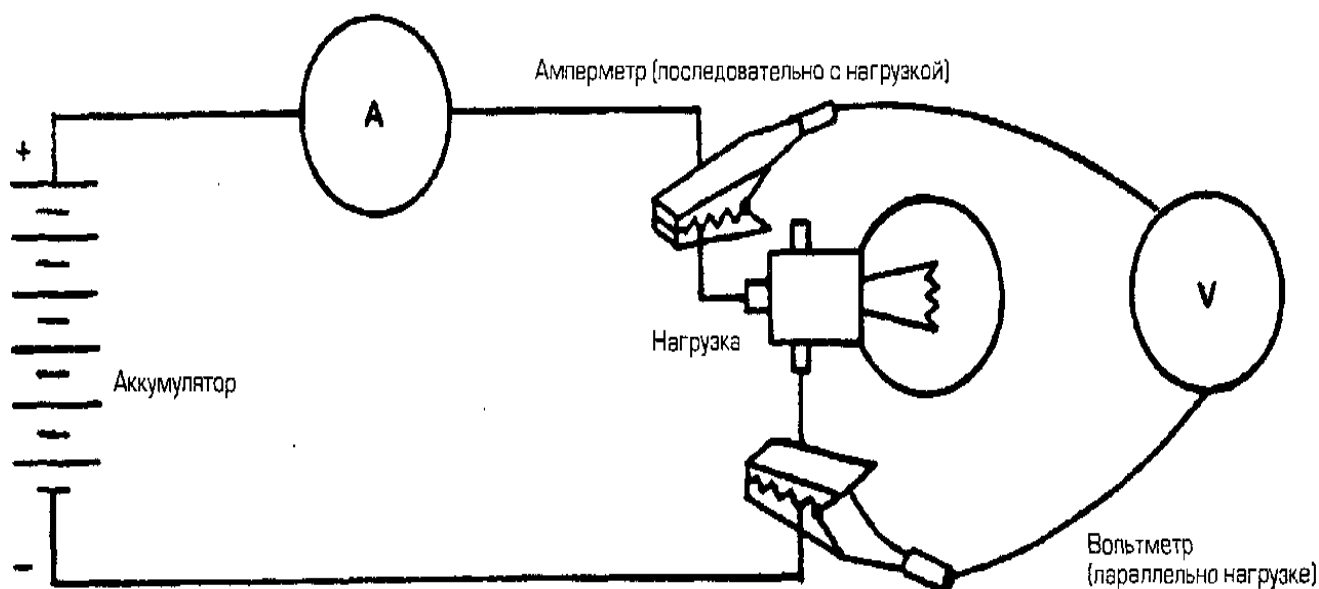


Рис. 1.10. Подключение амперметра и вольтметра

Иногда прибор снабжен переключателем, чтобы получить разные диапазоны измерения. В этом случае следует выбрать такой измерительный диапазон, чтобы стрелка прибора отклонялась как можно дальше по шкале (но не зашкаливала). При малых отклонениях стрелки, сопоставимых с толщиной самой стрелки трудно рассчитывать не достаточно высокую точность измерения.

Любые приборы имеют погрешность измерения. Обычно чем дешевле прибор, тем меньшую точность он имеет. Очень дешевые приборы вообще не стоит считать измерительными - ими можно пользоваться лишь как индикаторами.

Очень полезны в работе multifunctional instruments (multimeters or testers). However, when using them, one must be very careful in choosing modes and operating range and in no case switch the measurement mode when the instrument is connected to the circuit. This is related to the fact that

при вращении переключателя диапазонов в поисках нужного диапазона измерения напряжения, Вы случайно можете войти в режим амперметра и это будет означать конец вашего прибора.

ЧАСТОТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

Периодическим переменным током называется такой электрический ток, который через равные промежутки времени повторяет полный цикл своих изменений, возвращаясь к своей исходной величине.

На представленной диаграмме на рис. 1.11. мы видим, что через равные промежутки времени график тока воспроизводится полностью без каких-либо изменений.

Время, в течение которого переменный периодический ток совершает полный цикл своих изменений, возвращаясь к своей исходной величине, называется *периодом переменного тока*.

Величина, обратная периоду, называется частотой переменного тока:

$$f = \frac{1}{T}, \text{ где } f - \text{ частота переменного тока;}$$

T - период переменного тока.

Если выразить время в секундах (sec), то будем иметь:

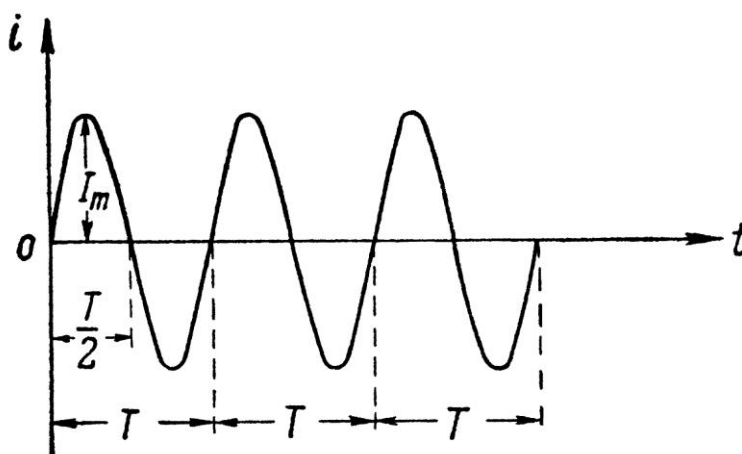
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{\text{sec}},$$

то есть размерность частоты переменного тока выражается в 1/с..

Частота переменного тока численно равна числу периодов в секунду.

За единицу измерения частоты переменного тока принят 1 Герц (1 гц, 1 Гц, 1 Hz).

$$1 \text{ Гц} = 1 \text{ с}^{-1}.$$



Развернутая диаграмма периодического переменного тока

Рис. 1.11. Диаграмма переменного тока

ОБОЗНАЧЕНИЕ ЕДИНИЦ ИЗМЕРЕНИЯ В ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ

Единицы измерения в электротехнике имеют краткие обозначения:

[V – напряжение] Вольт = В

[I – сила тока] Ампер = А

[R – сопротивление] Ом = Ohm или OM или Ω

[P – мощность] Ватт = Вт или W

[f – частота] Герц = Гц или Hz

Контрольные вопросы :

- 1) **Строение атома .**
- 2) **Что такое электрический ток ?**
- 3) **Как обозначается и в каких единицах измеряется электрический ток .**
- 4) **Что такое напряжение ?**
- 5) **Как обозначается и в каких единицах измеряется напряжение .**
- 6) **Что такое сопротивление проводника ?**
- 7) **Как обозначается и в каких единицах измеряется сопротивление проводника .**
- 8) **От каких факторов и как зависит сопротивление проводника ?**
- 9) **Какую зависимость между силой тока, напряжением и сопротивлением устанавливает закон Ома ?**
- 10) **Что такое электрическая мощность, как обозначается и в каких единицах измеряется ?**

- 11) Какие существуют соединения источников тока и потребителей между собой ?**
- 12) Чему равны напряжение и сила тока на участках цепи при последовательном соединении потребителей ?**
- 13) Чему равны напряжение и сила тока на участках цепи при параллельном соединении потребителей ?**
- 14) Как подсоединяются к электрической цепи для измерений приборы амперметр и вольтметр ?**
- 15) Что такое частота электрического тока, как обозначается и в каких единицах измеряется ?**