4 ЛИНЕЙНЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА И МЕТОДЫ ИХ РАСЧЕТА

4.1 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ. ПРИНЦИП ГЕНЕРИРОВАНИЯ СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА

4.1.001. Электрическая машина (ЭМ) –

4.1.002. По направлению преобразования энергии ЭМ делятся на

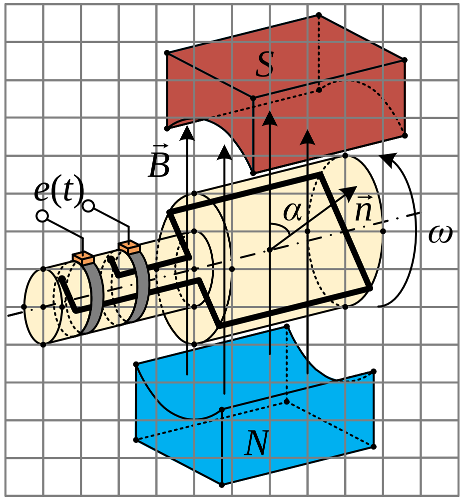
4.1.003. Большинство ЭМ обратимы. **Обратимость –**

4.1.004. Любая электрическая машина состоит из неподвижной и подвижной частей:

4.1.005. Принцип генерирования синусоидального тока иллюстрируется рисунком Р.4.1.001.

4.1.006. На диэлектрическом барабане расположен плоский проводящий контур (рамка).

Контур находится в постоянном магнитном поле, создаваемом постоянными магнитами.



Р.4.1.001

В общем случае нормаль к плоскости контура составляет с вектором магнитной индукции некоторый угол α. Поэтому контур пронизывается магнитным потоком (Ф.3.2.004):

Если начать вращать барабан вместе с проводящим контуром с постоянной угловой скоростью ω, то угол α будет изменяться по закону:

(Ф.4.1.001)

где $\alpha_о$ – угол между нормалью к плоскости рамки и вектором магнитной индукции при t=0, рад.

Изменение угла α приведет к изменению магнитного потока. Согласно закону электромагнитной индукции Фарадея (Ф.3.2.005) в этом случае в контуре возникнет ЭДС индукции:

(Ф.4.1.002)

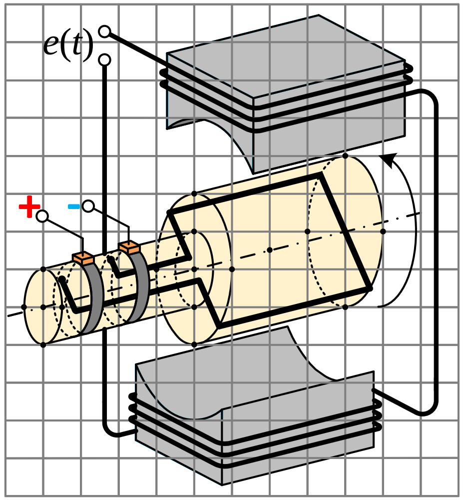
Если концы рамки подключить к двум изолированным проводящим кольцами, укрепленным на оси барабана, то при помощи прижимных проводников (щеток) можно подключить рамку к внешней цепи без нарушения ее вращения.

4.1.007. В **любом** электрическом генераторе можно выделить

4.1.008. Постоянные магниты применяются в ЭМ малой мощности. В большинстве ЭМ для создания магн. поля применяют электромагниты, питаемые от источника постоянной ЭДС.

4.1.009. Из (Ф.4.1.002) следует, что ЭДС в контуре возникает при любом изменении магнитного потока

4.1.010. На Р.4.1.002 к контактным кольцам через щетки подключен источник постоянной ЭДС. Вращающаяся рамка выполняет функцию индуктора, а обмотки статора – функцию ротора (на Р.4.1.001 все наоборот).



Р.4.1.002

4.1.011. Если подключить нагрузку к выводам $e(t)$ на Р.4.1.001 или Р.4.002, то все условия существования тока выполнятся и во всей цепи (внешняя цепь и якорь генератора) потечет ток,

4.1.012. **Синусоидальным** называется ток, мгновенное значение i которого изменяется по синусоидальному закону:

(Ф.4.1.003)

где I_m – максимальное (амплитудное) значение тока (амплитуда тока), А;

T – время одного полного колебания (период колебаний), с;

$(\omega t+\psi_i)$ – фаза (аргумент синуса), рад;

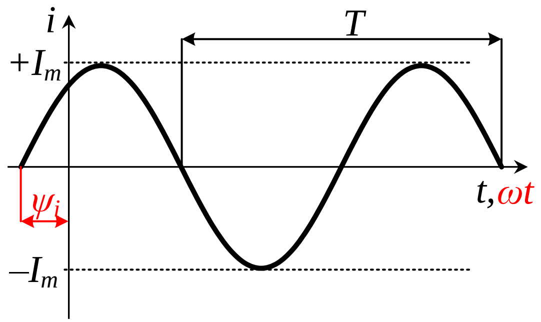
ψ_i – значение фазы в начальный момент времени (t=0) – начальная фаза, рад.

Величина *f*, обратная периоду и равная числу колебаний, совершаемых за 1 секунду

(Ф.4.1.004)

Величина *ω*, равная числу колебаний, совершаемых за 2*π* секунд

(Ф.4.1.005)



Р.4.1.002

4.1.013. Если у нескольких синусоидальных функций, **изменяющихся с одинаковой частотой**, начала синусоид не совпадают, то говорят, что они **сдвинуты по фазе**.

Сдвиг фаз измеряется разностью фаз, которая равна разности начальных фаз

Если у синусоидальных функций **одной и той же частоты** одинаковые начальные фазы, то говорят, что они **совпадают по фазе**, если разность их фаз равна ±π, то говорят, что они **противоположны по фазе**, если их разность равна ±π/2, то говорят, что они находятся в **квадратуре**.

4.2 ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О ЦЕПЯХ СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА

4.2.001. Для суждения о переменном токе вводится понятие о

___

___

___

(Ф.4.2.001)

4.2.002. Можно показать, что количество теплоты *Q*, выделяемое за время *T*, равное одному периоду, в проводнике сопротивлением *R*, по которому протекает переменный ток *i*, равно

(Ф.4.2.002)

___

___

___

___

___

___

___

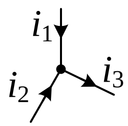
4.2.003. Можно показать, что для **синусоидального** тока формула (Ф.4.2.001) примет следующий вид:

(Ф.4.2.003)

Очевидно, что для синусоидальных ЭДС и напряжений справедливо:

(Ф.4.2.004)

4.2.004. Пусть имеется некоторый узел, в котором сходятся три ветви (Р.4.2.001).



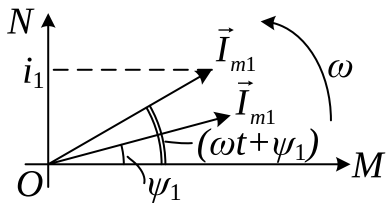
Р.4.2.001

Известно, что $i_1 = I_{m1}\sin(\omega t+\psi_1)$, $i_2 = I_{m2}\sin(\omega t+\psi_2)$. Необходимо определить $i_3(t)$, который, очевидно, равен (по 1ЗК)

(Ф.4.2.005)

Из курса математики известны формулы для сложения тригонометрических функций, однако расчет цепи переменного тока облегчается, если **изображать синусоидальные функции времени векторами или комплексными числами**.

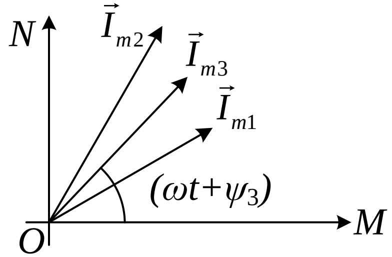
4.2.005. Для этого в произвольной прямоугольной системе координат *MON* расположим под углом ψ_1 относительно горизонтальной оси *OM* вектор $\vec{I}_{m1}$, длина которого в выбранном масштабе равна амплитуде тока I_{m1} (см. Р.4.2.002).



Р.4.2.002

Пусть с момента времени t=0 вектор $\vec{I}_{m1}$ начинает вращаться вокруг начала координат против часовой стрелки с постоянной угловой скоростью, равной циклической частоте ω. В момент времени t вектор $\vec{I}_{m1}$ составит с осью *OM* угол $(\omega t+\psi_1)$. Тогда его проекция на ось *ON* равна мгновенному значению i_1 в выбранном масштабе.

Те же действия повторим для тока i_2. (см. Р.4.2.003).



Р.4.2.003

Тогда вектор $\vec{I}_{m3}$ можно определить путем сложения векторов $\vec{I}_{m1}$ и $\vec{I}_{m2}$. Зная длину вектора $\vec{I}_{m3}$ и угол между ним и осью *OM*, можно определить i_3.

4.2.006. Совокупность векторов, изображающих рассматриваемые синусоидальные функции времени, называется **векторной диаграммой**.

4.2.007. Если считать оси *OM* и *ON* осями действительных и мнимых величин на комплексной плоскости, то вектор $\vec{I}_{m1}$ соответствует комплексному числу $\dot{I}_{m1}$, модуль которого равен I_{m1}, а аргумент – углу ψ_1. Это комплексное число $\dot{I}_{m1}$ называется **комплексной амплитудой (комплексом амплитудного значения) тока**.

Комплексную амплитуду можно записать в полярной, показательной, тригонометрической и алгебраической формах:

(Ф.4.2.006)

где $j = \sqrt{-1}$

4.2.008. Переходя от мгновенных значений к комплексам амплитудных, можно свести задачу п.4.2.004 к определению комплекса амплитудного значения:

(Ф.4.2.007)

Пусть

Тогда

Откуда

Поэтому

4.2.009. Вместо комплексных амплитуд часто в расчетах применяют значения в √2 раз меньшие, т.н. **комплексы действующих значений:**

(Ф.4.2.008)

4.2.010. Первый закон Кирхгофа: алгебраическая сумма мгновенных значений токов в ветвях, соединенных в узел, равна нулю:

(Ф.4.2.009)

4.2.011. Второй закон Кирхгофа:

1 формулировка: алгебраическая сумма **мгновенных** напряжений на всех элементах любого замкнутого контура схемы равна нулю:

(Ф.4.2.010)

2 формулировка: алгебраическая сумма **мгновенных** ЭДС всех источников ЭДС в любом замкнутом контуре схемы равна **алгебраической** сумме **мгновенных** напряжений на всех остальных элементах того же контура:

(Ф.4.2.011)

4.2.012. Законы Кирхгофа справедливы для

____

____

____

____

4.2.013. Метод расчета цепей синусоидального тока, основанный на изображении гармонических функций времени комплексными числами, называется **комплексным (символическим)** методом расчета.