**Дата: 7.02.2022**

**Группа: 11.02.2022**

**ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ.  
СВОБОДНЫЕ И ВЫНУЖДЕННЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ.**

Электромагнитные колебания - взаимосвязанные колебания электрического и магнитного полей.

Электромагнитные колебания появляются в различных электрических цепях. При этом колеблются величина заряда, напряжение, сила тока, напряженность электрического поля, индукция магнитного поля и другие электродинамические величины.

Свободные электромагнитные колебания возникают в электромагнитной системе после выведения ее из состояния равновесия, например, сообщением конденсатору заряда или изменением тока в участке цепи.

Это затухающие колебания, так как сообщенная системе энергия расходуется на нагревание и другие процессы.

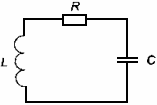
Вынужденные электромагнитные колебания - незатухающие колебания в цепи, вызванные внешней периодически изменяющейся синусоидальной ЭДС.

Электромагнитные колебания описываются теми же законами, что и механические, хотя физическая природа этих колебаний совершенно различна.

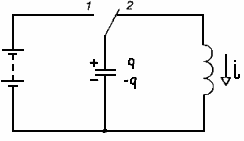
Электрические колебания - частный случай электромагнитных, когда рассматривают колебания только электрических величин. В этом случае говорят о переменных токе, напряжении, мощности и т.д.

**КОЛЕБАТЕЛЬНЫЙ КОНТУР**

Колебательный контур - электрическая цепь, состоящая из последовательно соединенных конденсатора емкостью C, катушки индуктивностью L и резистора сопротивлением R.

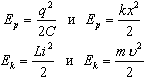


Состояние устойчивого равновесия колебательного контура характеризуется минимальной энергией электрического поля (конденсатор не заряжен) и магнитного поля (ток через катушку отсутствует).



Величины, выражающие свойства самой системы (параметры системы): L и m, 1/C и k

величины, характеризующие состояние системы:



величины, выражающие скорость изменения состояния системы: *u = x'(t)*и *i = q'(t)*.

**ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ КОЛЕБАНИЙ**

Можно показать, что уравнение свободных колебаний для заряда *q = q(t)* конденсатора в контуре имеет вид

C:\Users\ST\AppData\Local\Temp\lu81447ewcij.tmp\lu81447ewcl6_tmp_36318cc2e187b1f7.png

где *q"* - вторая производная заряда по времени. Величина

C:\Users\ST\AppData\Local\Temp\lu81447ewcij.tmp\lu81447ewcl6_tmp_e0a3c855c3540c5c.png

является циклической частотой. Такими же уравнениями описываются колебания тока, напряжения и других электрических и магнитных величин.

Одним из решений уравнения (1) является гармоническая функция

Одним из решений уравнения (1) является гармоническая функция

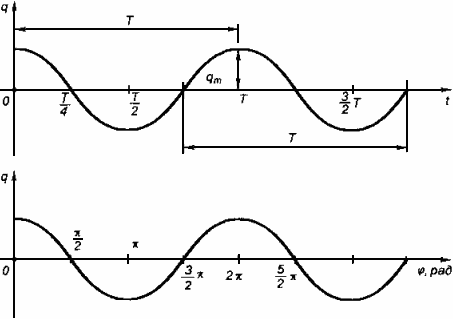
C:\Users\ST\AppData\Local\Temp\lu81447ewcij.tmp\lu81447ewclu_tmp_9dae22b4d3775f7f.png

Период колебаний в контуре дается формулой (Томсона):

C:\Users\ST\AppData\Local\Temp\lu81447ewcij.tmp\lu81447ewclu_tmp_2608cd956853103.png

Величина φ = ώt + φ0, стоящая под знаком синуса или косинуса, является фазой колебания.

Фаза определяет состояние колеблющейся системы в любой момент времени t.

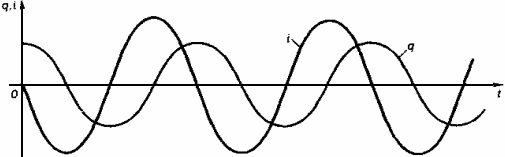


Ток в цепи равен производной заряда по времени, его можно выразить

C:\Users\ST\AppData\Local\Temp\lu81447ewcij.tmp\lu81447ewclu_tmp_fc5895249ad21456.png

Чтобы нагляднее выразить сдвиг фаз, перейдем от косинуса к синусу

C:\Users\ST\AppData\Local\Temp\lu81447ewcij.tmp\lu81447ewclu_tmp_4a18eb7860274114.png

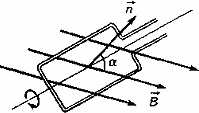


**ПЕРЕМЕННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК**

1. Гармоническая ЭДС возникает, например, в рамке, которая вращается с постоянной угловой скоростью в однородном магнитном поле с индукцией В. Магнитный поток *Ф*, пронизывающий рамку с площадью *S*,

C:\Users\ST\AppData\Local\Temp\lu130447foyah.tmp\lu130447foyf3_tmp_bb10e7b26c5fec2e.png

где-C:\Users\ST\AppData\Local\Temp\lu130447foyah.tmp\lu130447foyf3_tmp_17a753f700d4d09c.png  угол между нормалью к рамке и вектором магнитной индукции .



По закону электромагнитной индукции Фарадея ЭДС индукции равна

C:\Users\ST\AppData\Local\Temp\lu130447foyah.tmp\lu130447foyf3_tmp_d53049c827ca0b45.png

где - C:\Users\ST\AppData\Local\Temp\lu130447foyah.tmp\lu130447foyf3_tmp_2f053184facd33a7.png скорость изменения потока магнитной индукции.

Гармонически изменяющийся магнитный поток вызывает синусоидальную ЭДС индукции

C:\Users\ST\AppData\Local\Temp\lu130447foyah.tmp\lu130447foyf3_tmp_7f74c35540da009b.png

где - C:\Users\ST\AppData\Local\Temp\lu130447foyah.tmp\lu130447foyf3_tmp_158f7359d58e5f9f.png амплитудное значение ЭДС индукции.

2. Если к контуру подключить источник внешней гармонической ЭДС C:\Users\ST\AppData\Local\Temp\lu130447foyah.tmp\lu130447foyf3_tmp_1d94cb1d4de5814b.png

то в нем возникнут вынужденные колебания, происходящие с циклической частотой ώ, совпадающей с частотой источника.

При этом вынужденные колебания совершают заряд q, разность потенциалов *u*, сила тока *i*и другие физические величины. Это незатухающие колебания, так как к контуру подводится энергия от источника, которая компенсирует потери. Гармонически изменяющиеся в цепи ток, напряжение и другие величины называют переменными. Они, очевидно, изменяются по величине и направлению. Токи и напряжения, изменяющиеся только по величине, называют пульсирующими.

В промышленных цепях переменного тока России принята частота 50 Гц.

Для подсчета количества теплоты Q, выделяющейся при прохождении переменного тока по проводнику с активным сопротивлением R, нельзя использовать максимальное значение мощности, так как оно достигается только в отдельные моменты времени. Необходимо использовать среднюю за период мощность - отношение суммарной энергии W, поступающей в цепь за период, к величине периода:

C:\Users\ST\AppData\Local\Temp\lu130447foyah.tmp\lu130447foyf3_tmp_8e09ec96d2c938e1.png

Поэтому количество теплоты, выделится за время Т:

C:\Users\ST\AppData\Local\Temp\lu130447foyah.tmp\lu130447foyf3_tmp_92c1ec42fbfa169.png

Действующее значение I силы переменного тока равно силе такого постоянного тока, который за время, равное периоду T, выделяет такое же количество теплоты, что и переменный ток:

C:\Users\ST\AppData\Local\Temp\lu130447foyah.tmp\lu130447foyf3_tmp_4d185bc16473c322.png

Отсюда действующее значение тока

C:\Users\ST\AppData\Local\Temp\lu130447foyah.tmp\lu130447foyf3_tmp_1b9e41963044d07a.png

Аналогично действующее значение напряжения

C:\Users\ST\AppData\Local\Temp\lu130447foyah.tmp\lu130447foyf3_tmp_65f82d8ea3173294.png

**ТРАНСФОРМАТОР**

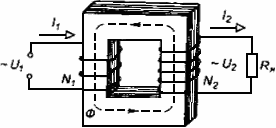
*Трансформатор* - устройство, увеличивающее или уменьшающее напряжение в несколько раз практически без потерь энергии.

Трансформатор состоит из стального сердечника, собранного из отдельных пластин, на котором крепятся две катушки с проволочными обмотками. Первичная обмотка подключается к источнику переменного напряжения, а к вторичной присоединяют устройства, потребляющие электроэнергию.

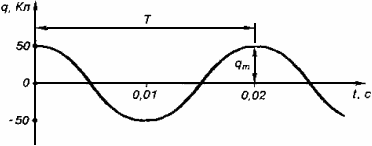
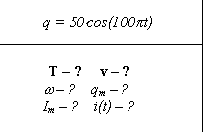
Величину

C:\Users\ST\AppData\Local\Temp\lu130447foyah.tmp\lu130447foyf3_tmp_baaefedc6845dc79.png

называют коэффициентом трансформации. Для понижающего трансформатора К > 1, для повышающего К < 1.



**Пример.** Заряд на пластинах конденсатора колебательного контура изменяется с течением времени в соответствии с уравнением C:\Users\ST\AppData\Local\Temp\lu130447foyah.tmp\lu130447foyf3_tmp_7c95c9cffef96185.png . Найдите период и частоту колебаний в контуре, циклическую частоту, амплитуду колебаний заряда и амплитуду колебаний силы тока. Запишите уравнение i = i(t), выражающее зависимость силы тока от времени.



Из уравнения следует, что C:\Users\ST\AppData\Local\Temp\lu130447foyah.tmp\lu130447foyf3_tmp_8666ffb442d1024e.png . Период определим по формуле циклической частоты C:\Users\ST\AppData\Local\Temp\lu130447foyah.tmp\lu130447foyf3_tmp_cecbf72e3858bfdf.png

C:\Users\ST\AppData\Local\Temp\lu130447foyah.tmp\lu130447foyf3_tmp_3f0192fbf37dcc11.png

Частота колебаний

C:\Users\ST\AppData\Local\Temp\lu130447foyah.tmp\lu130447foyf3_tmp_c04fa0fb356b6dc0.png

Зависимость силы тока от времени имеет вид:

C:\Users\ST\AppData\Local\Temp\lu130447foyah.tmp\lu130447foyf3_tmp_5f58642943c8caef.png

Амплитуда силы тока.

C:\Users\ST\AppData\Local\Temp\lu130447foyah.tmp\lu130447foyf3_tmp_ecd3f9ec5b5bfcb0.png

**Ответ:** заряд совершает колебания с периодом 0,02 с и частотой 50 Гц, которой соответствует циклическая частота 100 рад/с, амплитуда колебаний силы тока равна 5C:\Users\ST\AppData\Local\Temp\lu130447foyah.tmp\lu130447foyf3_tmp_bac6c71bafb34769.png 103А, ток изменяется по закону:

*i*=-5000C:\Users\ST\AppData\Local\Temp\lu130447foyah.tmp\lu130447foyf3_tmp_bac6c71bafb34769.png  sin100C:\Users\ST\AppData\Local\Temp\lu130447foyah.tmp\lu130447foyf3_tmp_bac6c71bafb34769.png t