

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 21

Тема: Расчет электрических цепей с несинусоидальными токами

Цель: Научиться производить расчет электрических цепей с несинусоидальными токами.

Студент должен

знать: причины возникновения несинусоидальных токов и напряжений, основные методы расчета электрических цепей с несинусоидальными токами.

уметь: производить расчет электрических цепей с несинусоидальными токами.

Теоретическое обоснование.

В аппаратуре связи в большинстве случаев протекают токи, изменяющиеся не по синусоидальным, а по более сложным законам. Такие токи называют *несинусоидальными*.

Для расчета линейной цепи, по которой протекает несинусоидальный ток, периодическую функцию несинусоидального тока следует разложить на гармонические составляющие и произвести расчет цепи для каждой составляющей в отдельности с последующим суммированием величин.

Разложение несинусоидальных кривых производится на основании теории ряда Фурье, который доказал, что любая периодическая функция, удовлетворяющая условиям Дирихле, может быть разложена в тригонометрический ряд.

Например, периодически изменяющееся несинусоидальное напряжение может быть выражено следующим рядом:

$$u(t) = U_0 + U_{m1} \sin(\omega t + \psi_1) + U_{m2} \sin(2\omega t + \psi_2) + U_{m3} \sin(3\omega t + \psi_3) + \dots + U_{mk} \sin(k\omega t + \psi_k)$$

Каждый член этого ряда называется гармоникой.

Действующее значение несинусоидального тока (напряжения) является средней квадратичной из постоянной составляющей и действующих величин синусоидальных составляющих этого тока (напряжения):

$$I = \sqrt{I_0^2 + I_1^2 + I_2^2 + \dots + I_k^2},$$

где $I_k = \frac{I_{mk}}{\sqrt{2}}$ - действующее значение тока k-ой гармоники.

Активная мощность в цепи несинусоидального тока равна сумме активных мощностей каждой гармоники:

$$P = P_0 + P_1 + P_2 + \dots + P_k,$$

$$P = U_0 I_0 + U_1 I_1 \cos \varphi_1 + U_2 I_2 \cos \varphi_2 + \dots + U_k I_k \cos \varphi_k,$$

где $\cos \varphi_k = R_k / Z_k$ - коэффициент мощности k-ой гармоники;

φ_k - фазовый сдвиг между током и напряжением k-той гармоники.

Расчет линейной электрической цепи с несинусоидальными токами выполняется на основе принципа наложения.

При расчете следует помнить, что реактивные сопротивления зависят от частоты. Поэтому для каждой гармонической составляющей нужно определять сопротивления цепи.

Так, индуктивное сопротивление k-ой гармоники больше сопротивления первой гармоники в k раз, а емкостное сопротивление в k раз меньше:

$$X_{kL} = \omega_k X_L = k \omega L = k \omega X_L;$$

$$X_{kC} = 1 / \omega_k X_C = 1 / k \omega C = \omega X_C / k.$$

Ход работы

1. По данным своего варианта записать выражение несинусоидального тока.
2. Для каждой гармоники определить реактивное индуктивное X_{kL} и емкостное X_{kC} , а также полное Z_k сопротивления цепи.
3. Для каждой гармоники определить амплитудные значения напряжений U_{mk} .

4. Рассчитать действующие значения тока, напряжения цепи.
5. Определить коэффициенты мощности $\cos \varphi_k$ для каждой гармоники.
6. Определить фазовые сдвиги φ_k для каждой гармоники. Указать характер сопротивления гармоники.
7. Записать выражение для несинусоидального напряжения цепи.

Сначала записать выражение для несинусоидального напряжения в общем виде, затем подставить рассчитанные в ходе выполнения практической работы амплитудные значения и фазовые сдвиги. При этом учесть характер сопротивления для каждой гармоники, так как от этого зависит знак угла φ_k .

Задание для учащихся

По электрической цепи, состоящей из последовательно соединенных активного сопротивления R , индуктивного X_L и емкостного X_C , протекает несинусоидальный периодически изменяющийся ток:

$$i(t) = I_{m1} \sin(\omega t + \psi_{i1}) + I_{m3} \sin(3\omega t + \psi_{i3}), \text{ A.}$$

Изобразить схему цепи. Определить действующие значения несинусоидальных тока и напряжения, активную и полную мощность цепи, коэффициент мощности. Написать уравнение мгновенного значения напряжения цепи. Частота тока первой гармоники $\omega = 314$ рад/с. Данные для расчета указаны в таблице 21.1.

Таблица 21.1 – Данные для расчета

Вариант	R, Ом	X_L , Ом	X_C , Ом	I_{m1} , А	I_{m3} , А	Ψ_{i1} , град	Ψ_{i2} , град
1	8	6	12	14,1	7,05	0	30
2	5	18	6	28,2	7,05	0	0
3	16	6	18	14,1	7,05	30	-30
4	15	10	30	28,2	14,1	0	45
5	8	9	3	4,23	2,82	50	-20
6	10	20	35	9,87	5,64	-60	10
7	30	4	20	16,9	7,05	0	-45
8	8	30	15	8,46	4,23	15	-20
9	60	10	21	31	14,1	35	0
10	40	45	15	22,56	9,87	-15	20
11	6	12	4	141	70,5	0	0
12	3	5	1	28,2	7,05	-54	0
13	8	3	9	20	10	-50	20
14	3	2	6	14,1	2,8	0	30
15	10	35	20	1,7	0,9	-60	0
16	15	30	10	28,2	14,1	0	-45
17	30	20	4	16,9	7,05	0	0
18	60	21	10	31	14,1	55	0
19	40	15	45	2,3	1	0	0
20	4	20	17	2,8	0,7	0	0

Контрольные вопросы

1. Каковы причины возникновения несинусоидальных периодических токов?
2. Опишите разложение несинусоидального тока в ряд Фурье.
3. Что такое гармоника?
4. Как рассчитать действующее значение несинусоидального тока?
5. Как влияет на форму кривой несинусоидального тока наличие в цепи катушки и конденсатора?

Содержание отчета

1. Дата, тема, цель, номер варианта
2. Данные для расчета согласно варианту
3. Расчет параметров цепи с пояснениями
4. Ответ на контрольные вопросы