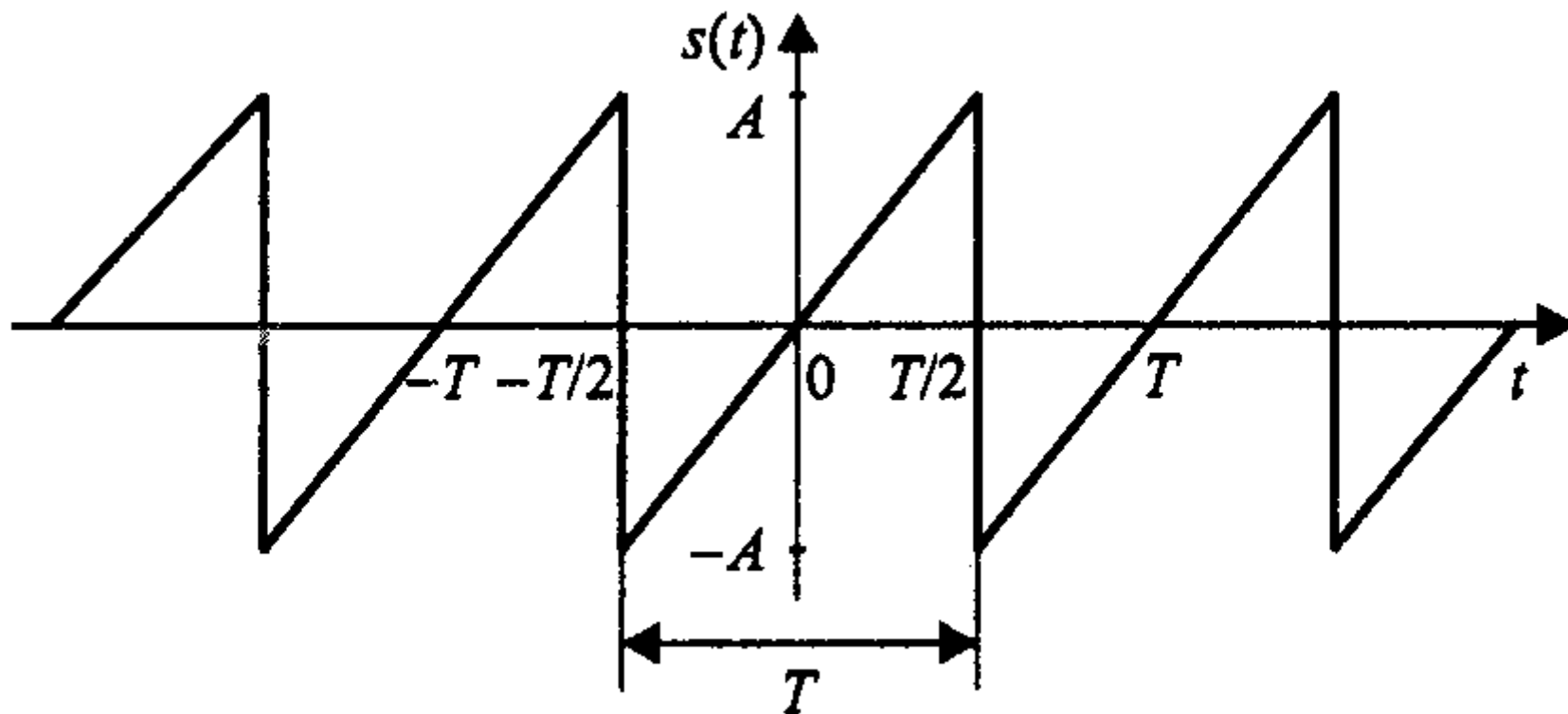


Несинусоидальные токи и напряжения

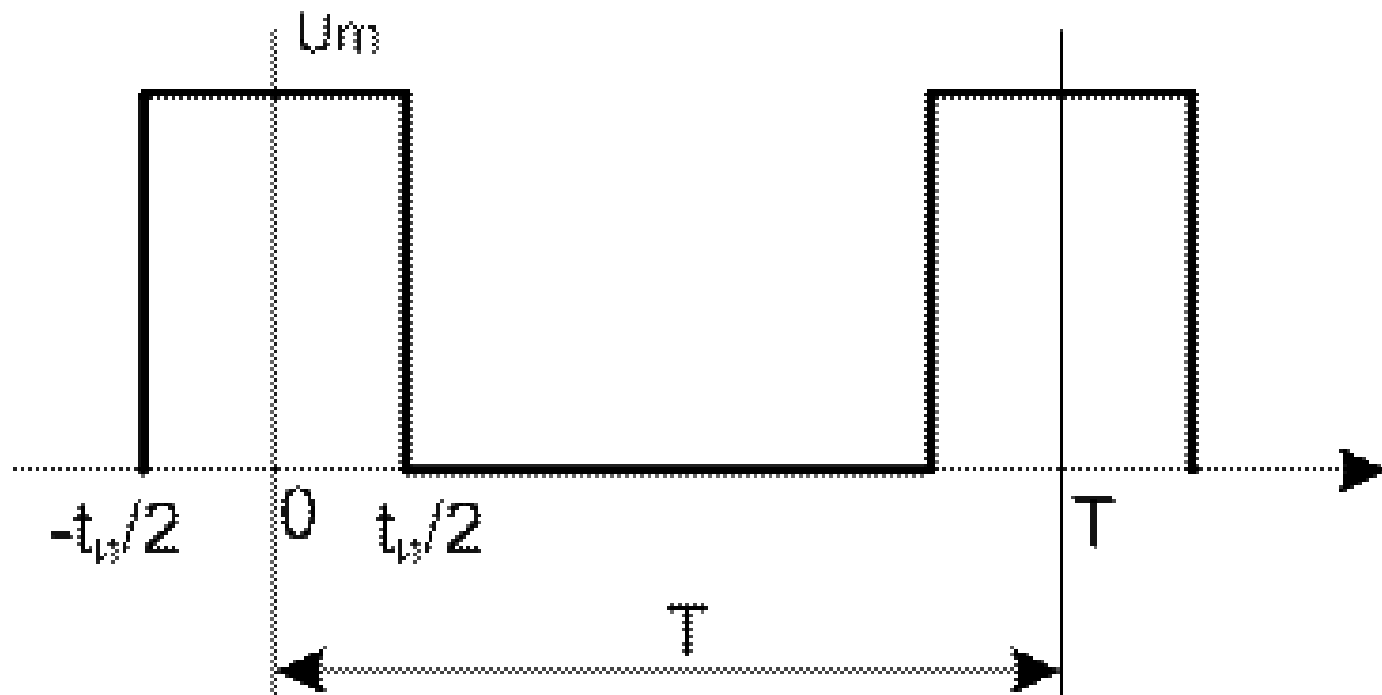
Составить краткий конспект, переписать решенные примеры и выслать на электронную почту natali.makshanowa@yandex.ru до 09.02.2022 г.

- *Периодическими несинусоидальными токами и напряжениями называют токи и напряжения, изменяющиеся во времени по периодическому несинусоидальному закону.*

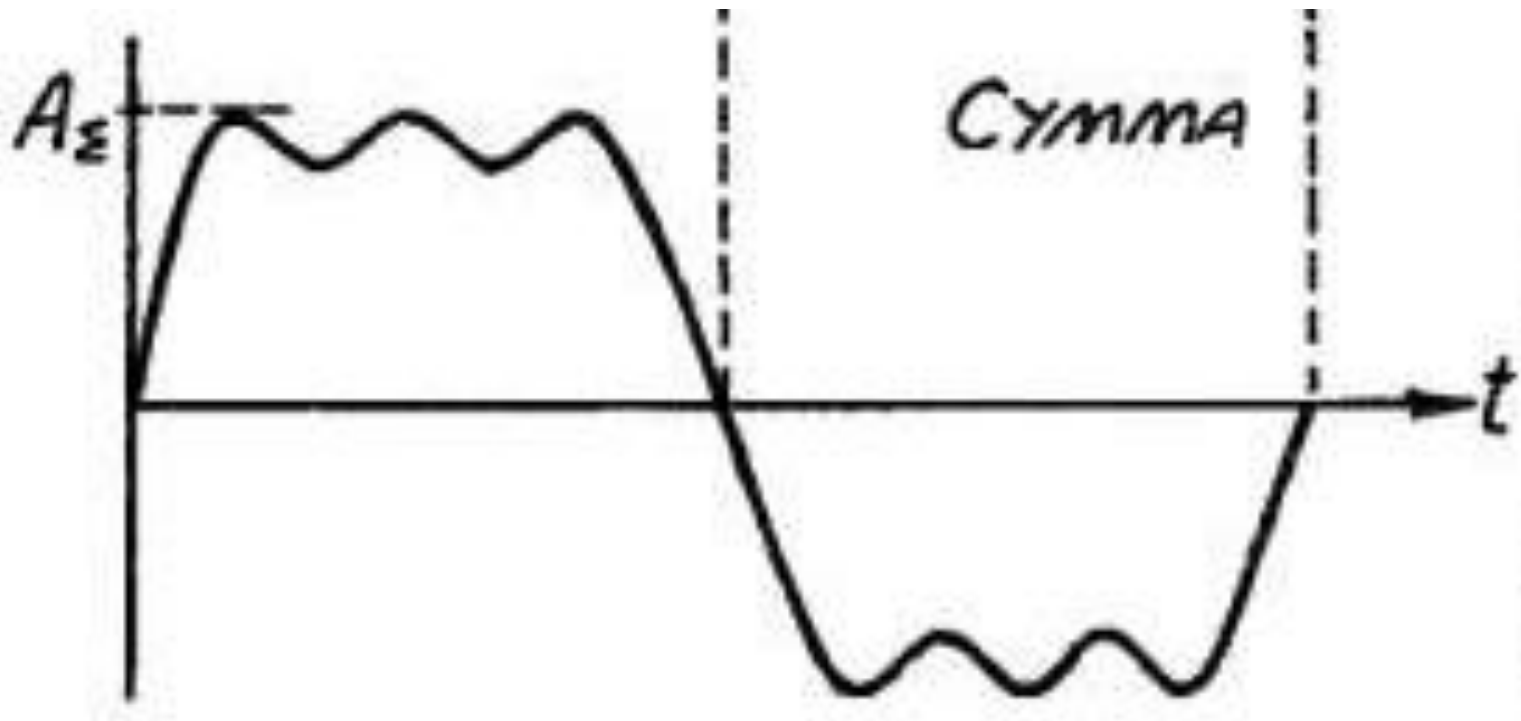
- Они могут иметь различные формы: Пилообразную форму



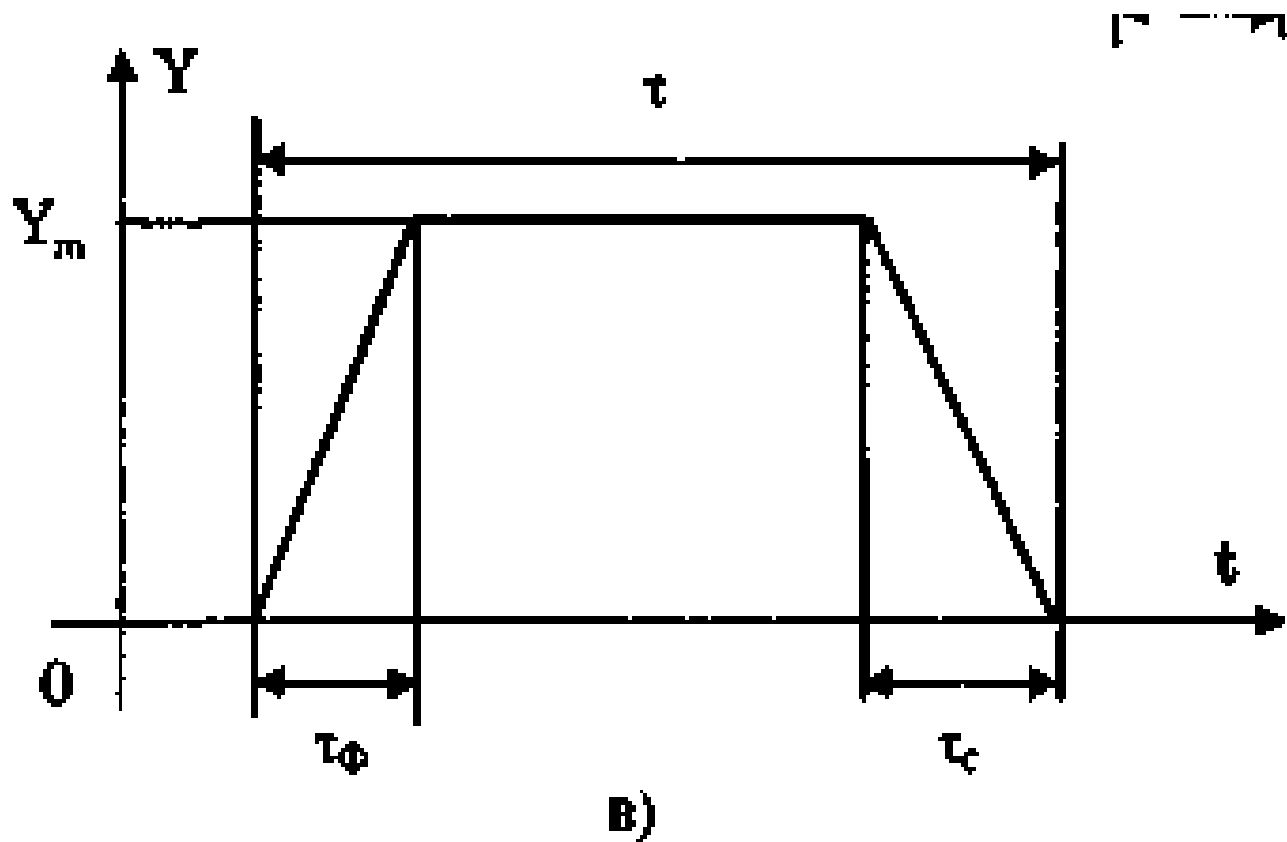
- Прямоугольная форма



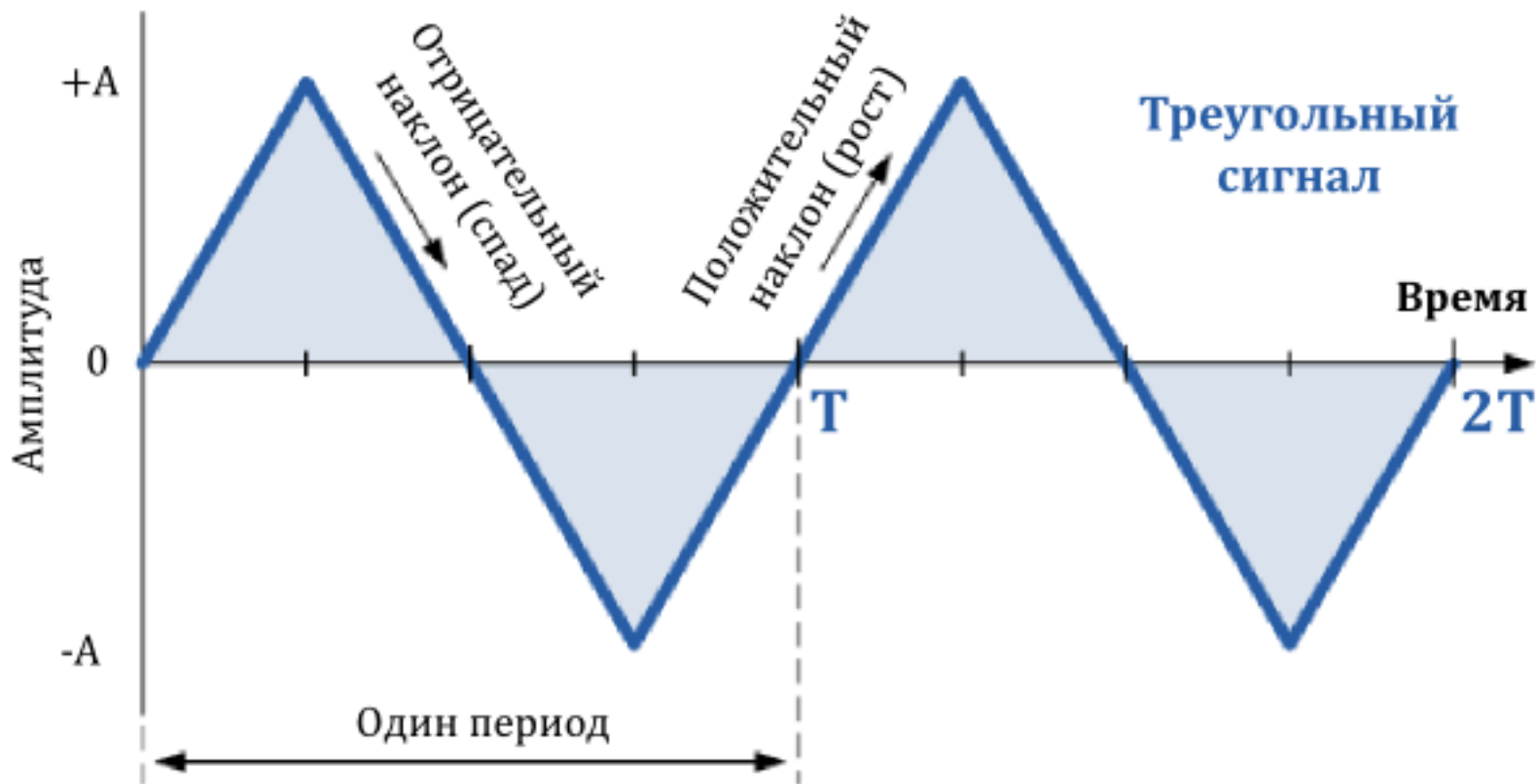
- Симметричная относительно осей X



- Трапециодальная форма



- *Треугольная форма*



- Колокообразная форма

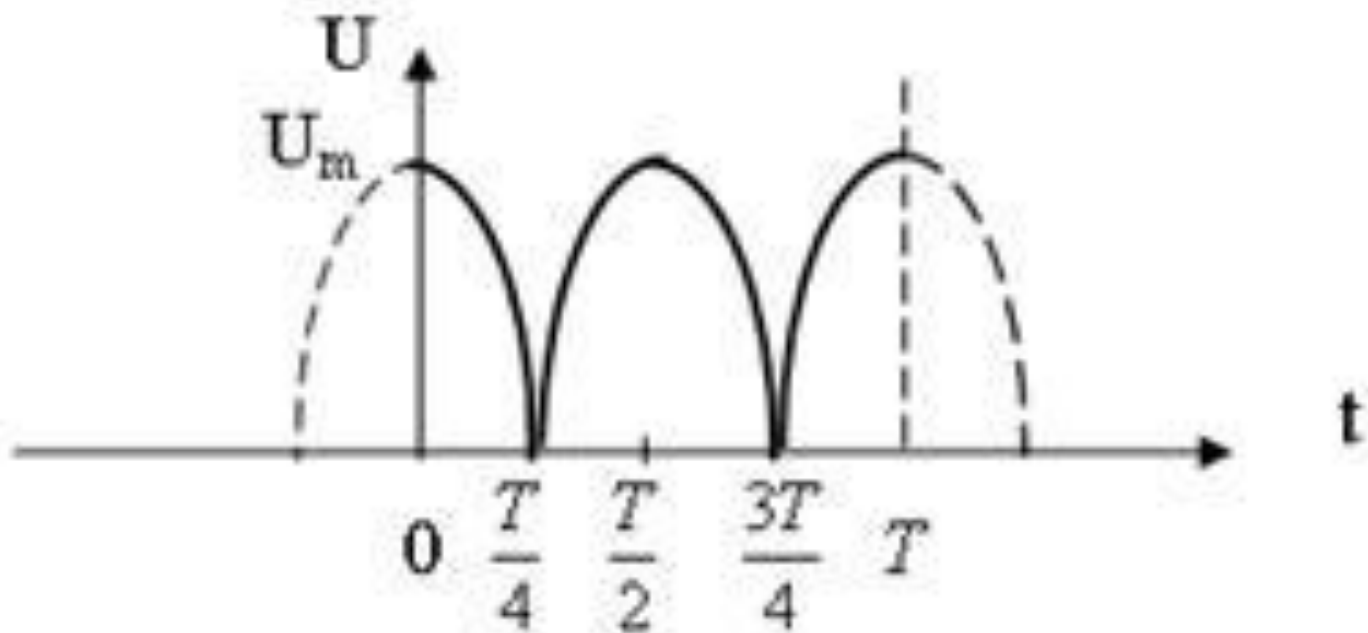


Рис. 6

- *Все электростанции вырабатывают синусоидальный ток , а эти несинусоидальные токи получаются из синусоидальных*

Причины возникновения несинусоидальных токов и напряжений

- 1) *При последовательном включении нескольких генераторов синусоидальной ЭДС с кратными частотами(т.е. частоты отличаются в целое число раз)*
- 2) *Несовершенство источников питания (Зазоре между роторами и статором магнитная индуктивность распределяется по синусоидальному закону)*

- 3) Из-за подключения к сети генератора на синусоидального напряжения специальной формы(Блокинг генераторы, мультивибратор , триггер)
- 4) Из-за наличия в электрической цепи нелинейных элементов (полупроводниковые диоды, катушки индуктивности с ферритовыми сердечниками)

Аналитические выражения несинусоидальной периодической величины

- *Не синусоидальные периодические функции, так как и синусоидальное наглядно изображается в виде графиков. Для расчётов требуется аналитические выражения несинусоидальных функций, которые осуществляется с помощью теоремы Фурье, согласно которой любая периодическая функция $y(\omega t)$ может быть представлена в виде суммы ряда состоящих, из которых одна составляющая постоянная, а другая является синусоидальными функциями с кратными частотами- гармоническими составляющим просто гармониками.*

- $i = I_0 + i_1 + i_2 + \dots + i_n = I_0 + I_{m1} \sin(\omega t + \psi_1) + I_{m2} \sin(2\omega t + \psi_2) + \dots + I_n \sin(n\omega t + \psi_n)$
- Где I_0 – постоянная составляющая;
- $I_{m1} \sin(\omega t + \psi_1)$ – основная гармоника она имеет наибольшую амплитуду (без учёта резонанса) и её период равен периоду изменения на $\sin^2 \theta$ тока.
- i_1, i_2, i_3 и т.д. гармоники несинусоидального тока.
- $1^{ая}, 2^{ая}, 3^{ая}$ и т.д. амплитуды гармонические составляющих.
- С увеличением номера гармоники её амплитуда уменьшается (без учёта резонанса), а частота возрастает в целое число раз по сравнению с основной гармоникой (т.е. $\omega, 2\omega, 3\omega \dots n\omega$)
- $\psi_1, \psi_2, \psi_3 \dots \psi_n$ – начальные фазы гармоник.

- Первая гармоническая составляющая имеет период, равный периоду несинусоидальной кривой $I_m(\omega t)$. Она называется **первой, или основной, гармоникой**.
- Все другие гармонические составляющие имеют частоты, в целое раз число больше частоты первой гармоники. Эти гармоники называются **Высшими**.
- В этом законе содержатся все компоненты, т.е. все чётные и все нечётные гармоники, но бывают случаи, когда присутствуют только чётные гармоники.

- Нельзя судить о номере гармоники только по её месту в уравнении, а надо проследить все последующие, т.е. она может быть $3^{ей}$, а может следующая $5^{ой}$, затем $7^{ой}$ и т.д., т.е. нечётные или только чётные.
- В электротехнике присутствует только 3 вида несинусоидальных кривых
 - - Симметричные относительно оси X
 - - Симметричные относительно оси Y
 - - Симметричные относительно начала координат.

Действующие значения несинусоидального тока

- *Определяется по тому же принципу что и действующее значение синусоидального тока. (Но не точно так же , а по тому же принципу)*

- Действующее значения синусоидального переменного тока численно равно такому постоянному току, при котором выделяется столько же тепловой энергии, сколько при переменном токе в одном и том же резисторе за одинаковое время, равное одному периоду T . Из такого же условия определяют следующее значение переменного несинусоидального тока.

- $Q = I^2 * R * T$ – Количество теплоты, которое выделяется за один период T при несинусоидальном токе. (где I^2 – действующее значение \sin -го тока)
- $Q_o = I_o^2 * R * T$ – Количество теплоты, которую выделяет постоянная составляющая за тоже время.
- $Q_n = I_n^2 * R * T$ - Количество теплоты, которую выделяет постоянная составляющая за время периода T при токе равном n -ной составляющей выделяется тепло (где Q_n – количество теплоты n -ной гармоник. I_n^2 – n -ная гармоника действующей величины тока.

- *Всё сложим:*

- $I^2 * R * T = I_0^2 * R * T + I_1^2 * R * T + I_2^2 * R * T + \dots + I_n^2 * R * T \quad (1)$

- $I^2 = I_0^2 + I_1^2 + I_2^2 + \dots + I_n^2$

- Отсюда следует, что действительная величина несинусоидального тока явл. сл средней квадратичной из постоянной составляющей и действующих величин синусоидальных составляющих этого тока:

$$I = \sqrt{U_0^2 + U_1^2 + U_2^2 + \dots + U_n^2}$$

Пример

- Ток изменяется по закону:
- $i = 282 \sin \omega t + 141 \sin (3\omega t - 56^\circ) + 70 \sin (5\omega t - 30^\circ) \text{ A}$
- Определить действующее значение тока.
- 1) Найдём действующее значение $1^{\text{ой}}$ гармоники
- $I_1 = I_{m1} / \sqrt{2} = 282 / \sqrt{2} = 200 \text{ A}$
- 2) $I_3 = I_{m3} / \sqrt{2} = 1,41 / 1,41 = 100 \text{ A}$
- 3) $I_5 = I_{m5} / \sqrt{2} = 70 / 1,41 = 50 \text{ A}$
- 4) $I = \sqrt{I_1^2 + I_3^2 + I_5^2} = \sqrt{200^2 + 100^2 + 50^2} = 205 \text{ A}$

- Левую и правую часть уравнения (1) сократим на T и получим уравнения активных мощностей:

- $I^2 * R = I_0^2 * R + I_1^2 * R + I_2^2 * R + \dots + I_n^2 * R$ 

- Или $P = P_0 + P_1 + P_2 + \dots + P_n$ – уравнение активных мощностей

- **Активная мощность** в цепи не \sin - ного тока равна сумме активных мощностей , соответствующих постоянной величиной составляющей и отдельными гармоникам.

Задача:

- Ток изменяется по следующему закону:
- $i = 242 \sin \omega t + 141 \sin 3\omega t + 71 \sin (\omega t + 30^\circ) \text{ A}$
- *Определить: Действующее значение тока.*
- *В состав уравнения входит только нечётные гармоники: 1^{ая}, 3^{ей}, 5^{ая}.*
- $I = \sqrt{I_1^2 + I_3^2 + I_5^2}$
- Прежде всего определить действующие значения каждого тока.
- $I_1 = I_{m1} / \sqrt{2} = 242 / \sqrt{2} = 172 \text{ A}$

- $I_3 = I_{m3} / \sqrt{2} = 1,41 / 1,41 = 100 \text{ A}$

- $I_5 = I_{m5} / \sqrt{2} = 71 / 1,41 = 50 \text{ A}$

- $I = \sqrt{I_1^2 + I_3^2 + I_5^2} = \sqrt{172^2 + 100^2 + 50^2} = 205 \text{ A}$