

2.10.25

Урок №5

Тема: «Кола змінного струму».

Визначення, отримання та зображення змінного струму.

Змінним називають струм, значення і напрямок якого змінюються через рівні проміжки часу.

Змінний струм широко застосовують у різних галузях техніки, що пов'язано з легкістю його отримання і перетворення, а також простотою пристрою генераторів і двигунів змінного струму, надійністю їх роботи і зручністю експлуатації.

Розглянемо принцип дії найпростішого генератора змінного струму (рис. 5.1). Між полюсами електромагніту або постійного магніту розташований циліндричний ротор (якір), набраний із листів електротехнічної сталі. На якорі укріплена котушка, розташована так, щоб індукція магнітного поля в ньому змінювалася за синусоїдальним законом:

$$B = B_m \sin \alpha,$$

де α – кут між площиною котушки і нейтральною площиною OO' .

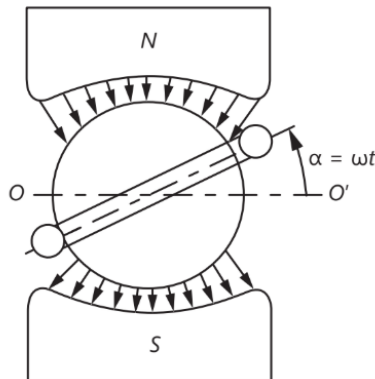


Рис. 5.1. Модель генератора змінного струму

Коли якір обертається в магнітному полі зі швидкістю ω , в активних сторонах котушки наводиться ЕРС індукції (активними називають сторони, які перебувають у магнітному полі генератора):

$$e_l = Blv \sin \beta,$$

де β – кут між напрямками векторів індукції магнітного поля B і швидкості v ;

l – довжина активних сторін витків котушки.

Магнітне поле в зазорі розташоване так, що кут $\beta = \pi/2$. Тому

$$e_l = Blv = Bmlv \sin \alpha = B_m \sin \omega t.$$

За кількості витків ω кількість активних сторін котушки 2ω . Тоді ЕРС котушки:

$$e = e_{l2w} = 2B\omega l v \sin \omega t = E_m \sin \omega t, \quad (5.1)$$

де $E_m = 2B\omega l v$ – максимальне значення ЕРС.

Отже, ЕРС генератора змінюється за синусоїдальним законом. Якщо до затискачів генератора підключити навантаження, то через нього піде струм, який також змінюватиметься за синусоїдальним законом. Графік синусоїдального струму $i = I_m \sin \omega t$ подано на рис. 5.2.

На осі ординат відкладають струм i , на осі абсцис – кут $\alpha = \omega t$ або час t .

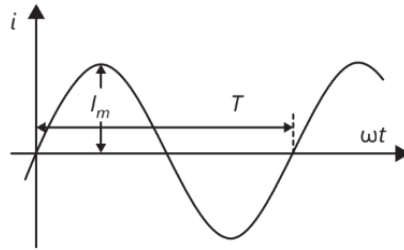


Рис. 5.2. Графік синусоїдального струму

Параметри змінного струму

Усі значення змінного струму повторюються через однакові проміжки часу, які називають **періодом** – T (с): $T = 1 / f$.

Упродовж однієї половини періоду струм має один напрямок, протягом наступної половини – інший, протилежний напрямок.

Період T – це проміжок часу, впродовж якого струм здійснює повне коливання і набирає попереднього за величиною та знаком миттєвого значення. Період виражають у секундах (с), мілісекундах (мс) і мікросекундах (мкс).

Зворотну періоду величину, тобто кількість періодів у секунду, називають **частотою змінного струму**:

$$f = 1/T.$$

Одиницею частоти є герц (Гц).

У нашій країні промислова частота дорівнює 50 Гц, тобто в одну секунду відбувається 50 повних коливань і струм 100 разів змінює свій напрямок.

Кутова швидкість ω характеризує швидкість обертання котушки генератора у магнітному полі. На практиці для отримання потрібної частоти за відносно малої кутової швидкості генератори мають кілька пар полюсів p . Величину ω , що пропорційна частоті f і дорівнює кутовій швидкості обертання радіуса-вектора, називають кутовою частотою. Виражають у радіанах за секунду (рад/с) або в $1/c$ і визначають за формулою

$$\omega = 2\pi/T = 2\pi f. \quad (5.2)$$

На рис. 5.3 зображено криву зміни змінного струму за півперіод. Побудуємо прямокутник з основою $T/2$ і площею, яка дорівнює площі між кривою і горизонтальною віссю. Висота прямокутника становитиме середнє значення струму $I_{\text{сеп}}$ за півперіод.

Найбільше значення змінної величини за половину періоду називають максимальним, або амплітудним значенням: амплітудне значення струму – I_m , амплітудне значення напруги – U_m , амплітудне значення ЕРС – E_m .

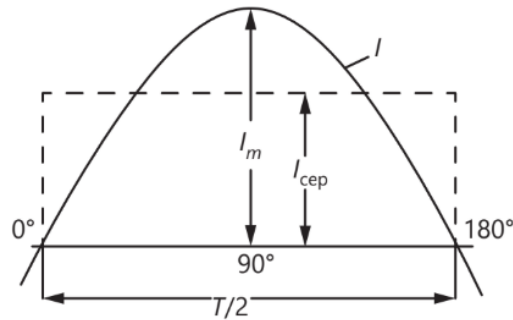


Рис. 5.3. Середнє значення змінного струму

Здатність змінного струму здійснювати механічну роботу або створювати тепло оцінюють за його **діючим значенням**.

Діючим значенням змінного струму називають таке значення постійного струму, за якого виділяється стільки ж тепла, як і при змінному, із тим самим опором і за той самий час.

Діючі значення позначають прописними літерами: струм – I , напруга – U , ЕРС – E .

На шкалах вимірювальних приладів наносять діюче значення змінних величин.

Діюче значення змінної величини менше, ніж амплітудне, у 1,41 разу, для його визначення використовують такі формули:

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}; \quad U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}; \quad E = \frac{E_m}{\sqrt{2}}. \quad (5.6)$$

Графічно зображений на рис. 5.2 змінний струм можна описати виразами:

$$i = I_m \cdot \sin \omega t \text{ або } i = I_m \cdot \sin (\omega t + \psi).$$

Тут ωt і $(\omega t + \psi)$ – фази, що характеризують значення струму i в заданий момент часу; ψ – початкова фаза, що визначає значення струму при $t = 0$.

Для струму i початкова фаза дорівнює нулю ($\psi = 0$). Різницю початкових фаз двох змінних величин з однакою частотою називають зсувом за фазою ϕ .

Кут ψ (початкову фазу) завжди відраховують від нульового значення синусоїдальної величини при переході її від негативних значень до позитивних від початку координат ($t = 0$). При цьому позитивну початкову фазу відкладають вліво від початку координат (у бік негативних значень ωt), а негативну початкову фазу – вправо. Зображення змінної величини за допомогою графіка називається хвильовою або векторною діаграмою.

Зображати змінні величини можна за допомогою векторної діаграми (рис. 5.4). На цій діаграмі зо-

бражують вектори амплітудних або діючих значень у певному масштабі.

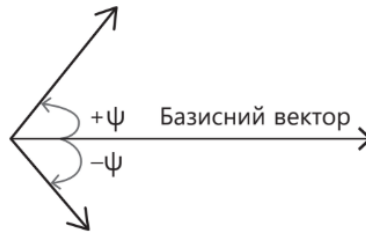


Рис. 5.4. Вектори амплітудних або діючих значень

Для побудови відзначають базисний вектор – горизонтальний промінь, спрямований зліва направо. Якщо початкова фаза змінної величини позитивна, то вектор цієї величини відкладається проти ходу годинникової стрілки від базисного.

Якщо початкова фаза змінної величини негативна, то вектор цієї величини відкладається по ходу годинникової стрілки від базисного.

Питання для самоконтролю

1. Схарактеризуйте параметри змінного струму.
2. Дайте визначення понять «фаза змінного струму», «зсув фаз».
3. Зобразіть синусоїдальні величини за допомогою векторів.
4. Які одиниці використовують для вимірювання активної та реактивної потужності?

Домашнє завдання

1. Опрацювати матеріал уроку
2. Знати відповіді на питання для самоконтролю