

Лекція. Тема: Кола змінного струму. Активний опір, реактивний опір індуктивності та ємності. Векторні діаграми струмів і напруг.

План:

1. Змінний струм. Кола змінного струму.
2. Утворення змінного струму та основні його параметри.
3. Коло змінного струму з активним опором.
4. Коло змінного струму з реактивним опором індуктивності.
5. Коло змінного струму з реактивним опором ємності.

1. Змінний струм. Кола змінного струму.

Змінним називається такий електричний струм, сила й напрям якого з часом змінюються. Це періодичний змінний струм, який через однакові проміжки часу, що називаються **періодами**, повторює своє значення. Електричні кола, в яких використовують змінний струм, називаються колами змінного струму.

У народному господарстві й побуті в основному застосовується змінний струм. Це пояснюється тим, що він має ряд істотних переваг над постійним струмом.

Змінний струм можна трансформувати, що дає змогу дістати струм високої напруги, потрібний для передавання електричної енергії на великі відстані, а також струм низької напруги, який застосовується для живлення різних струмоприймачів.

Електродвигуни змінного струму, що є основними споживачами електричної енергії в народному господарстві, значно простіші, економічніші й надійніші в експлуатації, ніж двигуни постійного струму.

Першим змінний струм застосував російський учений П. М. Яблочков. Він його використав для освітлення, створив перші генератор і трансформатор змінного струму, розробив основи теорії передавання електричної енергії на великі відстані за допомогою змінного струму високої напруги.

2. Утворення змінного струму та основні його параметри.

У техніці застосовуються в основному гармонічні змінні струми, що змінюються за законом синуса. Вони називаються **синусоїдними струмами**.

Джерелом такого струму може бути чи генератор, чи інвертор, який перетворює постійний струм у змінний. Розглянемо спочатку утворення синусоїдного струму на **найпростішій моделі генератора**. Така модель складається з північного та південного полюсів, які створюють рівномірне магнітне поле, а також ротора — барабана з неферромагнітного матеріалу з закріпленим уздовж його твірної провідником, що обертається зі сталою кутовою швидкістю стороннім двигуном. **Дія моделі ґрунтується на явищі електромагнітної індукції**. При обертанні барабана провідник перетинає силові лінії магнітного поля, і в ньому індукується **е. р. с.**

Оскільки йдеться про змінний струм, треба ввести поняття е. р. с. і сили струму в даний момент, або миттєвих значень е. р. с. і струму. Вони

позначаються малими літерами, тобто миттєве значення струму — i , миттєве значення е. р. с.— e , а миттєве значення напруги — u .

Рівняння синусоїдної е. р. с:
$$e = E_m \sin \cdot \omega \cdot t \quad (1.)$$

Відповідне рівняння синусоїдного струму має вигляд:
$$i = I_m \sin \cdot \omega \cdot t \quad (2.)$$

Розглянемо параметри утвореної синусоїди е. р. с.

1. Період — це час, протягом якого відбувається повний цикл змін миттєвих значень е. р. с. Виражається він у секундах або кутових градусах і позначається літерою T . При двополюсному генераторі періоду відповідає один повний оберт ротора, що становить 360° , або 2π радіанів.

Максимальне, чи амплітудне, значення е. р. с. позначається - E_T , **максимальне значення струму** — I_T .

2. Частота — це величина, обернена періоду, тобто:
$$\nu = \frac{1}{T} \quad (3.)$$

Частота виражається в герцах (**Гц**). У нас стандартна промислова частота дорівнює 50 Гц.

3. Величина ω називається **кутовою частотою**. Її можна виразити через частоту змінного струму:
$$\omega = \frac{2\pi}{T}, \text{ оскільки із (3.) } T = \frac{1}{\nu}, \text{ то } \omega = 2\pi\nu.$$

4. Кут $\omega \cdot t$, який характеризує положення провідника в магнітному полі, а значить, і е. р. с, називається **фазовим кутом**, або **фазою**.

5. Кут зміщення провідників на поверхні ротора називається зсувом фаз між провідниками - φ . З урахуванням початкових фазових кутів φ , що характеризують синусоїдні е.р.с. і струм у початковий момент часу, **рівняння синусоїдної е. р. с (1.) перепишеться:**
$$e = E_m \sin(\omega \cdot t + \varphi); \quad (1.1.)$$

а відповідне рівняння синусоїдного струму матиме вигляд:
$$i = I_m \sin(\omega \cdot t + \varphi). \quad (2.2.)$$

6. Діюче значення сили змінного струму дорівнює силі такого постійного струму, котрий виділить у провіднику таку саму кількість теплоти, що й змінний струм за той самий час.:
$$I = \sqrt{i^2} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}.$$
 Аналогічно:
$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}, \xi = \frac{\xi_m}{\sqrt{2}}.$$

Діючі значення напруги та Е.Р.С. змінного струму.

3. Коло змінного струму з активним опором.

На **рис. 1, а** зображено **коло змінного струму з активним опором**. Якщо до останнього прикласти синусоїдну напругу, то вона спричинить появу в колі синусоїдного струму, що збігатиметься за фазою з напругою (**рис. 1, б – Векторна діаграма**), бо тут немає причин, які б могли зумовити зсув фаз між струмом і напругою.

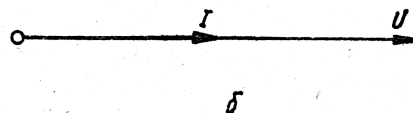
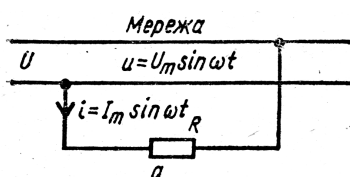


Рис.1.

4. Коло змінного струму з реактивним опором індуктивності.

Оскільки дія е. р. с. самоіндукції у колі з котушкою індуктивності (рис 2.а.)аналогічна збільшенню опору провідника, для таких кіл введено умовне поняття **реактивного опору індуктивності, чи індуктивного опору.**

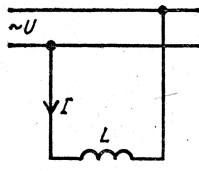
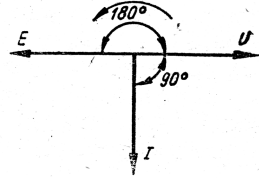


Рис. 2. а.



б.

Позначається він X_L і виражається в омах:

$$X_L = \omega L = 2\pi \cdot \nu \cdot L.$$

Звідси робимо такий висновок: у колі змінного струму з чисто індуктивним опором струм відстав за фазою від напруги мережі на кут 90° .

На рис. 2.б. зображено векторну діаграму діючих значень струму, е. р. с і напруги в розглядуваному колі.

5. Коло змінного струму з реактивним опором ємності.

Якщо конденсатор приєднати до мережі змінного струму (рис. 3. а.), то неперервна зміна напруги в ній спричинить неперервне переміщення зарядів.

При збільшенні напруги мережі заряди йтимуть до конденсатора (зарядний струм), він заряджатиметься, а напруга на його обкладках зростатиме; при зниженні напруги мережі напруга на обкладках конденсатора перевищуватиме напругу мережі й заряди від конденсатора йтимуть до мережі (розрядний струм).

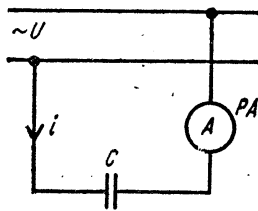
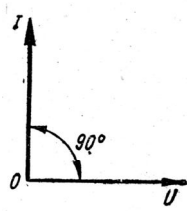


Рис. 3. а.



б.

Отже, в колі змінного струму з конденсатором електричний струм проходить.

Опір конденсатора струмові називається **реактивним опором ємності** чи ємнісним опором. Позначається він X_C

і виражається в омах: $X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot \nu \cdot C}$.

Звідси робимо такий висновок: у колі змінного струму з ємністю струм випереджає за фазою напругу на 90° .

На рис. 3 б. зображено векторну діаграму струму та напруги в розглядуваному колі.

Струм, який випереджає напругу на 90° , називається **ємнісним струмом.**

Підсумок та закріплення знань:

Задача № 1: До мережі змінного струму частотою 50 Гц паралельно приєднуються чотири конденсатори ємністю $C_1 = 1$ мкФ кожний. Напруга в колі змінюється за законом $u = 250 \sin \omega \cdot t$. Записати вираз миттєвого значення струму в колі.

Розв'язання:

Загальна ємність чотирьох конденсаторів: $C = 4C_1 = 4 \times 1 = 4$ мкФ.

Ємнісний опір кола:

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot \nu \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 4 \cdot 10^{-6}} = 796 \text{ Ом.}$$

Максимальне значення струму в колі: $I_m = \frac{U_m}{X_C} = \frac{250}{796} = 0,31 \text{ А.}$

Кутова частота струму: $\omega = 2\pi\nu = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 = 314 \text{ рад/с.}$

Миттєве значення струму в колі: $i = 0,31 \cdot \sin(314 \cdot t + \pi/2).$

Питання для самоконтролю

1. Який струм називається змінним?
2. Чим пояснюється застосування змінного струму?
3. Що таке миттєве значення ЕРС, струму й напруги?
4. Що таке фаза?
5. Що таке амплітуда?
6. Що таке частота?
7. Який зв'язок між періодом і частотою?
8. З яких міркувань обирають частоту змінного струму в промисловості і на транспорті?
9. Дайте визначення діючого значення струму й напруги.
10. Як змінний струм та змінну напругу представити з допомогою вектора?
11. Як змінний струм та змінну напругу представити з допомогою комплексного числа?
12. Який опір називається активним?

Домашнє завдання: Опрацювати конспект.