

Тема: Змінний струм та кола змінного струму

План.

- 1 Основні поняття про змінний струм.
2. Коло змінного струму з активним опором.
3. Коло з індуктивністю.

1 Основні поняття про змінний струм

Особливості змінного струму. Період і частота змінного струму

Постійний струм являє собою упорядкований усталений рух заряджених часток. Якщо ці частки ще виконують коливальний рух, то струм буде змінний. Таким чином, змінний струм - це струм, який з часом змінює свою величину та напрямок. Змінний струм, який через деякий проміжок часу повторюється, називається періодичним

де  $T$  - період часу - це проміжок часу, за який струм повністю змінюється, або це час, за який відбувається одне повне коливання,  $c$

Кількість періодів в одиницю часу, тобто величина зворотна періоду, називаються частотою -  $f$ .

Звідси  $f = 1/T$ , тому при  $f = 50$  Гц,  $T = 0.02$  с

Герц - це одиниця вимірювання частоти. Прийнята в ім'я німецького фізика, який експериментально доказав існування електромагнітних хвиль у другій половині 18 століття, що підтвердило електромагнітну теорію світла та дало поштовх виникненню радіотехніці.

В радіотехніці використовують високі частоти: від  $10^5$  Гц (довгі хвилі) до  $3 \cdot 10^{10}$  Гц (короткі хвилі). Для устаткування електронагріву - від 50 Гц до 50 МГц. У міжміському зв'язку - до 150 кГц, у мобільному зв'язку - 880÷2000 МГц. Для високочастотних пристроїв вводять поняття довжини хвилі - це величина, яка чисельно дорівнює відстані, яку проходить хвиля за час одного періоду:

При визначенні довжини хвилі змінного струму швидкість вважають рівною швидкості світла у вакуумі. З цією швидкістю розповсюджуються електромагнітні хвилі у просторі або уздовж повітряних ЛЕП (у кабельних ЛЕП швидкість зменшується приблизно у 10 раз). Тоді довжина хвилі змінного струму при частоті 50 Гц буде 6000 км, а при частоті  $3 \cdot 10^{10}$  Гц - 1 см.

В США, наприклад, використовують частоту 60 Гц.

Відкриттю змінного струму ми зобов'язані руському вченому І.Ф.Усагіну, який у 1882 році сконструював потужний трансформатор змінного струму. Це відкриття сприяло широкому упровадженню в електротехніку змінного струму й розв'язанню проблеми передачі електроенергії на великі відстані.

Змінний струм у техніці має величезне практичне значення. Досить сказати, що майже вся електроенергія виробляється у вигляді енергії змінного струму.

Основною перевагою змінного струму перед постійним є можливість просто і з малими втратами енергії перетворювати напругу ( трансформувати), отримуючи високу для передачі електроенергії на великі відстані та низьку для передачі електроенергії на маленькі відстані для живлення споживачів. Постійний струм , необхідний у промисловості, транспорті, зв'язку. Його можливо отримати шляхом випрямлення змінного струму. Крім того, електричні машини змінного струму мають більш просту конструкцію, надійніше в роботі й простіше в експлуатації ніж машини постійного струму.

Змінним називають струм, зміни якого за величиною та за напрямком повторюються у тій самій послідовності через рівні проміжки часу.

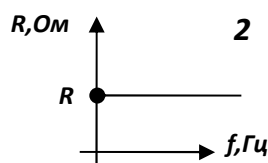
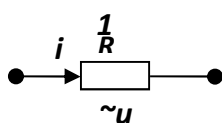
## 2. Коло змінного струму з активним опором

У колі постійного струму при постійній напрузі й опорах незмінними залишаються струм, потужність, енергія електричного та магнітного полів. Процеси у колах змінного струму відрізняються. Змінна напруга на затискачах електричного кола створює в ньому змінний струм. Магнітне поле змінного струму змінюється й створюється ЕРС самоіндукції. Змінюється і електричне поле, тобто і його енергія. Потужність кола, яка характеризує швидкість перетворення енергії, теж змінюється зі зміною струму. Тобто при аналізі змінних кіл потрібно враховувати як перетворення енергії так і зміну електричного та магнітного полів. Тому, електричне коло змінного струму характеризують трьома параметрами: опором, індуктивністю та ємністю. В елементах кола з індуктивністю та ємністю енергія у вигляді тепла не виділяється, а періодично накопичується у магнітному та електричному полях, а потім повертається до джерела електроенергії. Ці елементи називають реактивними і їх вплив враховують реактивним опором. У техніці зустрічаються кола, в яких може переважати той чи інший параметр, тоді коли інші параметри виявлені слабо і ними можна нехтувати. Таким чином, у колах змінного струму існують наступні види навантаження:

Активне - це опір у колі змінного струму, в якому відбувається незворотне перетворення електричної енергії в інші види енергії. Позначається -  $R, Ом$ . Приклад - опір дроту реостату, дроти кола, нить електричної лампи. Активний опір, як і постійний не залежить від частоти струму. Позначення активного опору в схемах та його залежність від частоти струму вказані на (рис.6.1.)

Реактивне індуктивне (індуктивне). Позначається -  $X_L, Ом$ . Приклад - ненавантажений трансформатор.

Реактивне ємнісне (ємнісне). Позначається -  $X_C, Ом$ . Приклад - кабельна лінія без навантаження.



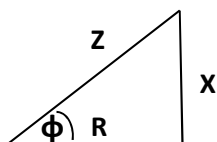
Позначення активного опору в схемах (1) та його залежність від частоти струму (2)

Повний опір кола. Позначається -  $Z$ , Ом. Він враховує, як активне, так і реактивне навантаження кола. Реактивне навантаження кола складається з індуктивного та ємнісного:

$$x = x_L - x_C$$

Між собою опори у змінному колі пов'язанні трикутником опорів (рис.6.2), з якого за теоремою Піфагора:

$$z = \sqrt{R^2 + x^2} = \frac{R}{\cos \varphi} = \frac{X}{\sin \varphi}$$



Трикутник опорів у колах змінного струму

Розглянемо коло змінного струму з одним активним опором і уявимо, що вплив індуктивності та ємності на процеси незначний.

У колі з резистивним елементом при синусоїдній напрузі

$$u = U_m \sin \omega t$$

проходить синусоїдний струм, так як по закону Ома:

$$i = \frac{u}{R} = \frac{U_m}{R} \sin \omega t = I_m \sin \omega t$$

Тобто, у будь-який момент часу миттєве значення струму пропорційно миттєвому значенню напруги і графіки струму та напруги будуть. Вісі декартових координат при побудові векторних діаграм можна не вказувати.

У колах з активним опором струм й напруга збігаються за фазою (синфазні):

$$\varphi = \Psi_u - \Psi_i = 0$$

Хвильова та векторна діаграми струму і напруги у колі з резистивним елементом приведені на (рис.6.3.)

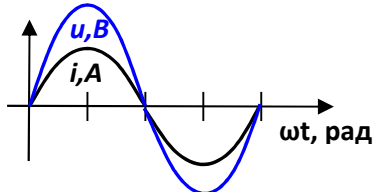
Спад напруги на активному опорі теж збігається за фазою зі струмом.

Закон Ома для усіх значень струму та напруги в цьому колі буде:

$$U = I \times R,$$

$$U_m = I_m \times R,$$

$$u = i \times R$$



Хвильова та векторна діаграми струму і напруги у колі з резистивним елементом

Активна потужність позитивна при будь-якому напрямку струму, так як вона перетворюється у тепло.

Поняттям середньої потужності, тобто активної, користуються при вирахуванні енергії, яка розходується за проміжок часу набагато більший за тривалість періоду. Саме ця потужність вказується у технічній документації на електрообладнання. При визначенні енергії, яка розходується за долі періоду, користуються поняттям миттєвої потужності.

Потрібно відзначити, що енергія у колах змінного струму з активним опором передається від джерела до споживача не безперервним рівномірним потоком, як у колах постійного струму, а у вигляді двох імпульсів за період. Величина цієї енергії за період  $T$  буде:  
$$W = PT = UIT = I^2 RT$$

### 3. Коло з індуктивністю

Електричні машини змінного струму, трансформатори, електромагніти, реле, контактори мають обмотки (катушки). Будь-яка катушка володіє індуктивністю, опором і ємністю. У деяких випадках параметри опору і ємності незначні і практично не впливають на фізичні процеси в електричному колі. Ці катушки близькі до ідеальної, в якій враховують лише індуктивність. Позначення індуктивного опору в схемах та його залежність від частоти струму

Індуктивність характеризує здатність елемента електричного кола створювати магнітне поле при протіканні по ньому струму. Якщо струм постійний, а ідеальний індуктивний елемент не має активного опору, то він не гріється. Спад напруги на такому елементі дорівнює нулю. У колі змінного струму індуктивність створює навколо себе змінне магнітне поле, яке індукує у витках елемента ЕРС самоіндукції. Індуктивність у колах змінного струму враховують реактивним індуктивним (індуктивним) опором, величина якого збільшується з ростом частоти:

де  $L$  - індуктивність катушки, Гн

$\omega$  - кутова частота,  $s^{-1}$

$f$  - частота струму, Гц

З формули видно, що індуктивний опір пропорційний частоті струму та індуктивності катушки. З графіка залежності індуктивного опору від частоти видно, що при дуже високих частотах струм скрізь катушку з великою індуктивністю практично не проходить.

Домашнє завдання: Електротехніка з основами промислової електроніки, А.М.Гуржій, Київ «Форум»2002, конспект &5.1,5.4,5.5

Самостійно на оцінку опрацювати &5.6 за зразком конспекту 2,3 питання/

Тести на оцінку (відповіді на вайбер)

1. Одиниця виміру напруги

а) Ампер б) Т есла

в) Г енрі г) Воль т

д) Ватт

2. Одиниця виміру сили струму

а) Ампер б) Г енрі

в) Т есла г) Фарад

д) Воль т е) Ом

3. Одиниця виміру електричного опору

- а) Ампер б) Ватт
  - в) Вольт г) Фарад
  - д) Генрі е) Ом
4. Одиниця виміру ЕРС
- а) Ампер б) Вольт
  - в) Ватт г) Фарад
  - д) Генрі е) Кулон
5. Величину, зворотно періоду називають
- а) Амплітудою сили струму б) Амплітудою напруги
  - в) Частотою змінного струму г) Початковою фазою
6. Інтервал часу, через який повторюються миттєві значення електричної величини, називають
- а) Амплітудою коливань б) Частотою коливань
  - в) Періодом коливань г) Початковою фазою
  - д) Зсувом фаз
7. Найбільше миттєве значення величини, що періодично змінюється за синусоїдальним законом, називається
- а) Миттєвим б) Амплітудним
  - в) Періодом г) Частотою
8. Величина, зворотня по відношенню до періоду, виражає кількість періодів у секунду
- а) Фаза б) Амплітуда
  - в) Циклічна частота г) Кутова частота
9. Стандартна (технічна) частота для промислових установок в Україні (СНД)
- а) 20 Гц б) 50 Гц
  - в) 60 Гц г) 100 Гц
10. Різниця початкових фаз двох синусоїдальних величин однієї частоти
- а) Фаза б) Початкова фаза
  - в) Протифаза г) Зсув фаз