

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,

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

Звідси $f = \frac{1}{T}$, 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.

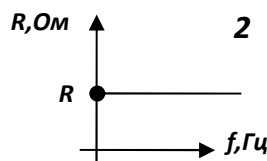
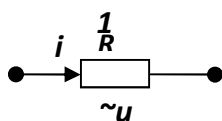
2. Коло змінного струму з активним опором

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 - $R, \text{Ом}$. 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 - $X_L, \text{Ом}$. Приклад - ненавантажений трансформатор.

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



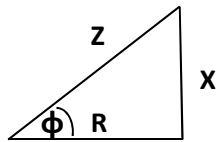
Позначення активного опору в схемах (1) та його залежність від частоти струму (2)

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.)

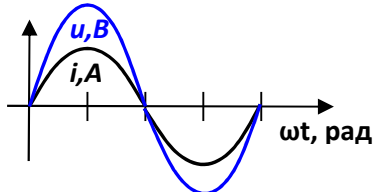
Спад напруги на активному опорі теж збігається за фазою зі струмом.

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 індукуює 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

ω - кутова частота, с^{-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) Тесла

в) Генрі г) Вольт

д) Ватт

2. Одиниця виміру сили струму

а) Ампер б) Генрі

в) Тесла г) Фарад

д) Вольт 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, зворотню 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