

Група	<u>M182</u>
Дата	<u>23.03.2020</u>

Тема заняття:

Тема 1.5 Однофазні електричні кола
Найпростіші кола змінного струму

План заняття:

1. Особливості електричних кіл змінного струму.
2. Коло з активним опором.
3. Коло з індуктивністю.
4. Коло з ємністю.

Джерела інформації:

Навчальний посібник

Левченко Т.В., Хоменко В.В., Оверчук М.П., Стефанішен М.В.

ЗАГАЛЬНА ЕЛЕКТРОТЕХНІКА З ОСНОВАМИ АВТОМАТИКИ

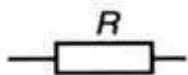
с.57-60

Викладення матеріалу (методичні рекомендації) для опрацювання:

1. Особливості електричних кіл змінного струму

У колах змінного струму існують два принципово різних види навантажень — активні й реактивні.

Навантаження, в якому вся підведена електрична енергія перетворюється на інший вид енергії, називають активним, опір цього навантаження також називають **активним опором R** .



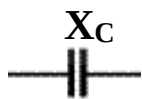
Активний опір R [Ом] характеризує необоротне перетворення електричної енергії в інший вид.

Величина струму в колі змінного струму залежить не тільки від його активного опору. У будь-якому колі змінного струму діє ЕРС самоіндукції, яка, за правилом Ленца, перешкоджає будь-якій зміні електричного струму в колі, затримує наростання струму і зменшує його діюче значення, тобто діє як опір.



Цей опір називають **індуктивним опором** і позначають **X_L [Ом]**.

Крім того, в колі змінного струму після його розмикання по провідниках (особливо в кабелях) ще протягом деякого часу протікає струм, наявність якого можна виявити чутливим амперметром. Це пояснюється тим, що провідники, якими приєднані споживачі, подібні до конденсатора, що підтримує в колі зарядний і розрядний струми. Ці струми при замиканні кола збільшують діюче значення струму в споживачі.



Вплив ємності кола на величину діючого значення змінного струму враховується його **ємнісним опором X_C** .

Отже, коло змінного струму має три опори: активний R , індуктивний X_L та ємнісний X_C . Індуктивний і ємнісний опори називають **реактивними опорами**.

Природа реактивних опорів польова, тобто їхнє походження пов'язане зі змінами електричного поля (наприклад, конденсатора) або магнітного (наприклад, котушки зі струмом).

Реактивні опори не спричиняють необоротних перетворень енергії. У колах лише з реактивними опорами відбуваються тільки оборотні процеси, в них енергія періодично накопичується, а потім повертається до джерела.

Індуктивний опір X_L - в ньому електрична енергія перетворюється в енергію магнітного поля котушки, а потім повертається до джерела.

Формула індуктивного опору $X_L = \omega L = 2\pi fL$, [Ом]

Ємнісний опір X_C - в ньому електрична енергія перетворюється в енергію електричного поля конденсатора (ємності), а потім повертається до джерела.

Формула ємнісного опору $X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi fC}$, [Ом]

Розглянемо спочатку найпростіші ідеальні кола змінного струму, які мають лише один із трьох опорів, а потім — складніші.

2. Коло з активним опором

Електричні кола, що складаються з електричних ламп, нагрівальних приладів, реостатів і з'єднувальних проводів, практично можна вважати колами тільки з активним опором. У цих колах електрична енергія майже цілком перетворюється в теплову.

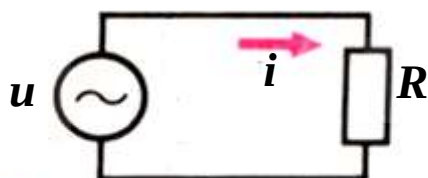


Рисунок 1 – Коло змінного струму з активним опором

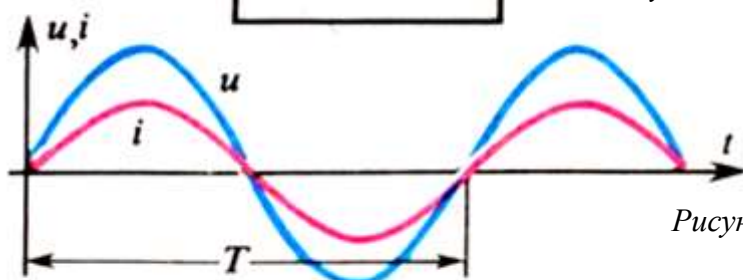


Рисунок 2 – Хвильові діаграми струму і напруги в активному опорі



Рисунок 3 – Векторна діаграма струму і напруги

Миттєві значення i та u

У колах змінного струму з активним опором коливання сили струму збігаються за фазою з коливаннями напруги

$$u = U_m \cdot \sin \omega t$$
$$i = I_m \cdot \sin \omega t$$

Векторна діаграма

Фазові співвідношення між струмом і напругою в колах змінного струму стають особливо наочними у векторному зображенні (Рисунок 3)

Оскільки у колі з активним опором коливання сили струму і напруги збігаються за фазою, вектор напруги буде напрямлений так само, як і вектор сили струму.

U_a – діюче значення напруги на активному опорі

Закон Ома

$$I = \frac{U_a}{R} \quad U_a = I \cdot R$$

Значення активного опору R в колі змінного струму можна визначити як відношення діючих значень напруги і струму:

$$R = \frac{U_a}{I}$$

Потужність кола

У електричному колі, яке містить лише активні опори, струм і напруга збігаються за фазами ($\cos \varphi = 1$), тому середня потужність, що споживається активним опором за період, дорівнює добуткові діючих значень струму і напруги. Вся ця потужність витрачається на нагрівання.

В колі з активним опором споживається **активна потужність** P [Вт] – це потужність, яка необоротно споживається з мережі і перетворюється в інший вид енергії.

$$P = U_a \cdot I = I^2 \cdot R \quad [Вт]$$

3. Коло з індуктивністю

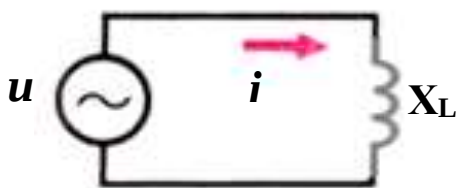
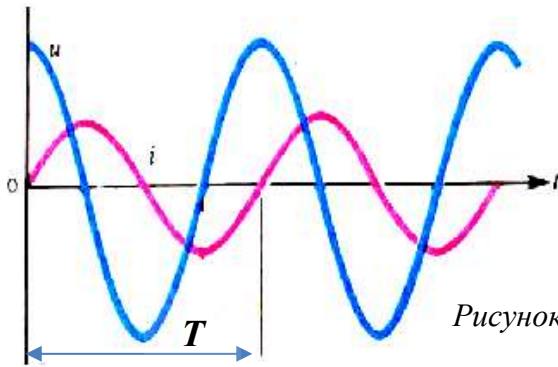


Рисунок 4 – Коло змінного струму з індуктивним опором

Миттєві значення i та u

У колах змінного струму з індуктивним опором по котушці протікає струм, виникає ЕРС самоіндукції, яку компенсує напруга в колі.

$$i = I_m \cdot \sin \omega t$$
$$u = U_m \cdot \sin(\omega t + 90^\circ)$$



Таким чином, при вмиканні індуктивності на синусоїдальну напругу струм у колі залишається синусоїдним і відстає від напруги на чверть періоду

Рисунок 5 – Хвильові діаграми струму і напруги в індуктивному опорі

Векторна діаграма



Вектор напруги на індуктивності випереджає вектор струму на 90°

U_L – діюче значення напруги на індуктивному опорі

I Рисунок 6 – Векторна діаграма струму і напруги для кола з індуктивністю

Закон Ома

$$I = \frac{U_L}{X_L} \quad U_L = I \cdot X_L$$

Значення індуктивного опору X_L в колі змінного струму можна визначити як відношення діючих значень напруги і струму:

$$X_L = \frac{U_L}{I}$$

Потужність кола

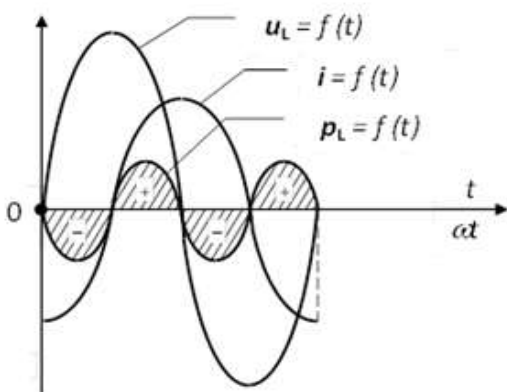


Рисунок 7 – Графік миттєвої потужності в колі

Миттєве значення потужності в колі

$$p = u \cdot i$$

В колі з індуктивним опором протягом однієї чверті періоду потужності має додатне значення, протягом наступної чверті від'ємне, причому додатні і від'ємні амплітуди потужності дорівнюють одна одній за величиною. Протягом третьої чверті періоду потужність знову додатна, а в четвертій – знову від'ємна.

Оскільки за період потужність двічі набуває додатних і двічі від'ємних значень, то можна зробити висновок, що в колі з індуктивністю протягом періоду електромагнітна енергія двічі надходить від зовнішнього джерела в коло і двічі повертається з кола у зовнішнє джерело.

Інакше кажучи, що у колі з чисто індуктивним опором немає перетворення енергії в інші види енергії, а відбувається лише взаємний обмін енергією між зовнішнім джерелом і магнітним полем кола, а корисного витрачання енергії немає, тобто джерело не витрачає енергії. $P=0$

Потужність, яка характеризує швидкість взаємного періодичного обміну енергією між зовнішнім джерелом і магнітним полем кола і яка не витрачається в колі, називається реактивною потужністю індуктивності Q_L і визначається за формулою:

$$Q_L = UI \sin \varphi \quad [\text{вар}] \text{ - вольт-ампер реактивний}$$

$$Q_L = UI \sin \varphi = U_L \cdot I = I^2 \cdot X_L$$

Приклад 1. До мережі змінного струму з напругою $U = 220 \text{ В}$ і частотою $f = 50 \text{ Гц}$ приєднано котушку, індуктивність якої $L = 35 \text{ мГн}$.

Визначити величину струму I у колі і реактивну потужність Q_L .

Розв'язання.

1. Знаходимо індуктивний опір:

$$X_L = \omega L = 2\pi f L = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 35 \cdot 10^{-3} = 11 \text{ Ом}$$

2. Знаходимо діюче значення струму:

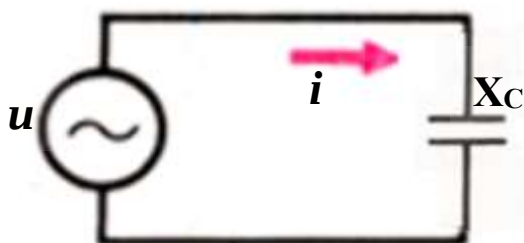
$$I = \frac{U}{X_L} = \frac{220}{11} = 20 \text{ А}$$

3. Знаходимо реактивну потужність: $Q_L = U_L \cdot I = 220 \cdot 20 = 4400 \text{ вар}$

4. Коло з ємністю

Якщо в колі постійного струму ми увімкнемо конденсатор то жодного струму не виявимо, що цілком зрозуміло, бо пластинки конденсатора відокремлені одна від одної ізолятором.

Через конденсатор постійний струм не протікає.



Тільки після якогось часу ми будемо спостерігати імпульс струму. Це - зарядний струм, який припиниться, як тільки напруга на обкладках конденсатора стане дорівнювати напрузі джерела.

Зовсім інше явище спостерігається, якщо на обкладки конденсатора подати змінну напругу.

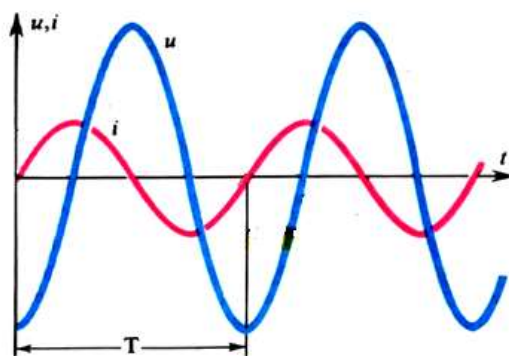
Рисунок 8 – Коло змінного струму з ємнісним опором

При підключенні конденсатора до джерела змінної напруги він перезаряджається, тобто з одночасним припливом енергії до однієї обкладки конденсатора відбувається відплив її від другої. Внаслідок цього струм в обох ділянках кола, розділених діелектриком конденсатора однаковий.

Усе це відбувається так, як могло б бути при проходженні змінного струму через конденсатор, хоч у дійсності електричні заряди крізь діелектрик не проходять.

Миттєві значення i та u

Сила струму, яка проходить по колу з конденсатором, змінюється так само, як і прикладена до його затисків зовнішня напруга, за законом синуса **i випереджає напругу по фазі на 90°** , що математично можна записати так:



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

$$i = I_m \cdot \sin(\omega t + 90^\circ)$$

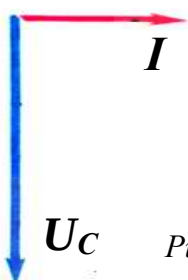
Таким чином, при підключенні ємності до джерела синусоїдальної напруги струм у колі залишається синусоїдним і випереджає напругу на чверть періоду (90°)

Рисунок 9 – Хвильові діаграми струму i та напруги u на ємнісному опорі

У першу чверть періоду (рис. 9) разом зі збільшенням напруги джерела конденсатор заряджається доти, поки напруга джерела не досягне найбільшого значення U_m . Сила ж струму, який надходить від генератора на заряджання конденсатора, в момент вмикання є максимальною, а в міру заряджання конденсатора сила зарядного струму зменшується і дорівнює нулеві в момент, коли напруга на конденсаторі досягає свого максимального значення.

В другу чверть періоду напруга й заряд конденсатора зменшуються від максимуму до нуля, і конденсатор розряджається і повертає енергію джерелу. По колу проходить струм, але вже іншого напрямку - струм розряджання. Коли напруга спадає до нуля, сила струму в колі досягає максимального значення I_m .

Векторна діаграма



Вектор напруги на ємності відстає від вектору струму на 90°

U_C – діюче значення напруги на ємнісному опорі

Рисунок 10 – Векторна діаграма струму i та напруги u для кола з ємністю

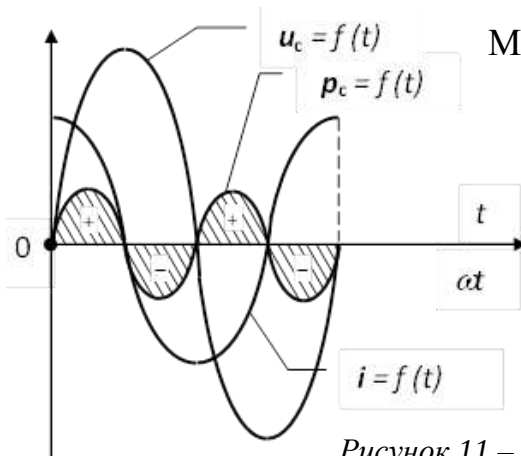
Закон Ома

$$I = \frac{U_C}{X_C} \quad U_C = I \cdot X_C$$

Значення ємнісного опору X_C в колі змінного струму можна визначити як відношення діючих значень напруги і струму:

$$X_C = \frac{U_C}{I}$$

Потужність кола



Миттєве значення потужності в колі

$$p = u \cdot i$$

У колі з чисто ємнісним опором не має перетворення енергії в інші види енергії, а відбувається лише взаємний обмін енергією між зовнішнім джерелом і електричним полем конденсатора, а корисного витрачання енергії немає, тобто джерело не витрачає енергії.

Рисунок 11 – Графік миттєвої потужності в колі

Потужність, яка характеризує швидкість взаємного періодичного обміну енергією між зовнішнім джерелом і електричним полем конденсатора, називається реактивною потужністю ємності і визначається за формулою:

$$Q_C = UI \sin \varphi \quad [\text{вар}] - \text{вольт-ампер реактивний}$$

$$Q_C = UI \sin \varphi = U_C \cdot I = I^2 \cdot X_C$$

Приклад 2. До мережі змінного струму з напругою $U = 220 \text{ В}$ і частотою $f = 50 \text{ Гц}$ приєднано конденсатор, ємність якого $C = 4,5 \text{ мкФ}$. Визначити величину струму I у колі і реактивну потужність Q_C .

Розв'язання.

1. Знаходимо ємнісний опір:

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{10^6}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 4,5} = 708 \text{ Ом}$$

2. Знаходимо діюче значення струму:

$$I = \frac{U_C}{X_C} = \frac{220}{708} = 0,311 \text{ А}$$

3. Знаходимо реактивну потужність:

$$Q_C = U_C \cdot I = 220 \cdot 0,311 = 68,4 \text{ вар}$$

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ СТУДЕНТАМ ПО НАПИСАННЮ КОНСПЕКТУ ЛЕКЦІЇ:

1. **По першому питанню** записати у конспект:
 - Активний опір-як позначається, що характеризує
 - Індуктивний опір опір-як позначається, що характеризує, формула
 - Ємнісний опір-як позначається, що характеризує, формула
2. **По другому питанню** записати у конспект:
 - Зарисувати рисунки 1, 2,3.
 - Записати рівняння миттєвих значень струму і напруги
 - Закон Ома
 - Що таке активна потужність, формула, одиниця вимірювання
3. **По третьому питанню** записати у конспект:
 - Зарисувати рисунки 4, 5,6.
 - Записати рівняння миттєвих значень струму і напруги
 - Закон Ома
 - Що таке реактивна індуктивна потужність, формула, одиниця вимірювання
4. **По третьому питанню** записати у конспект:
 - Зарисувати рисунки 8, 9,10.
 - Записати рівняння миттєвих значень струму і напруги
 - Закон Ома
 - Що таке реактивна ємнісна потужність, формула, одиниця вимірювання

ЗАВДАННЯ

1. Чому дорівнює опір індуктивності $L=0,1\text{Гн}$ змінному струмові частотою 50Гц ?
2. Як зміниться опір ємності, якщо частота мережі зросла вдвічі?

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ:

1. Які види опору розрізняють в колі змінного струму?
2. Який опір називають активним, а який реактивним?
3. Запишіть формули індуктивного і ємнісного опорів.
4. Напишіть рівняння зміни миттєвого значення напруги і струму на активному опорі .
5. Що таке активна і реактивна потужність, одиниці вимірювання?
6. записати формули закону Ома для кола з індуктивністю і для кола з ємністю.
7. Запишіть формули активної і реактивних потужностей.
8. Одиниці вимірювання активної і реактивної потужностей.
9. Зарисуйте векторні діаграми для кола з активним опором, кола з індуктивністю і кола з ємністю.

Студенти повинні опрацювати представлений матеріал, зробити конспект, виконати завдання і переслати його викладачу для перевірки

Виконані завдання відправляйте
на електронну адресу:
Luda251252@ gmail.com