

Котушки індуктивності

1. Відмінність реальної та ідеальної котушки індуктивності.
2. Схема заміщення котушки з послідовним з'єднанням елементів.
3. Схема заміщення конденсатора з послідовним з'єднанням елементів.

1. Відмінність реальної та ідеальної котушки індуктивності.

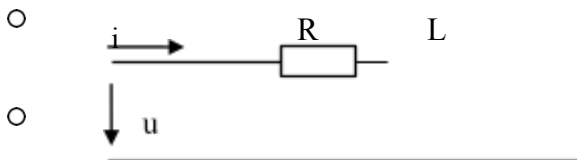
Реальна котушка відрізняється від ідеальної тим, що змінний струм у ній супроводжується не тільки зміною енергії у магнітному полі, але і перетворенням електричної енергії у інший вид (у проводі котушки електрична енергія перетворюється в тепло згідно з законом Джоуля – Ленца).

В колі змінного струму процес перетворення електричної енергії в інший вид енергії характеризується активною потужністю кола P , а зміна енергії у магнітному полі - реактивною потужністю Q .

В реальній котушці мають місце обидва процеси, тобто її активна та реактивна потужності відрізняються від нуля. Тому в схемі заміщення реальна котушка має бути представлена активним та реактивним елементами.

2. Схема заміщення котушки з послідовним з'єднанням елементів.

В схемі з послідовним з'єднанням елементів реальна котушка характеризується активним опором R та індуктивністю L .



Напруга на затискачах кола розподіляється на двох його ділянках. Отже, в будь – який момент

Припустимо, що по колу проходить синусоїдний струм

$$i = I_m \sin \omega t$$

Тоді активна складова частина напруги u виражається рівнянням (оскільки фазовий кут ωt однаковий зі струмом)

$$u_R = R I_m \sin \omega t$$

Індуктивна складова частини напруги

$$u_L = X_L I_m \sin(\omega t + 90^\circ)$$

Значення діючих значень напруг:

$$U_R = I \cdot R$$

$$U_L = I \cdot X_L$$

Для графічного аналізу процесів даного кола побудуємо векторну діаграму в такій послідовності (рис. 1):

1. будуємо вектор діючого струму I (в масштабі). Вважаючи, що початкова фаза $\varphi = 0$, вектор знаходиться в горизонтальному положенні;
2. будуємо вектор діючого спаду напруги на активному опорі, який збігається за фазою з вектором струму, тобто початкова фаза U_a , як і в струмі дорівнює нулю;
3. будуємо вектор діючого спаду напруги на індуктивному опорі (від кінця вектора U_a під кутом 90° , оскільки в колі з ідеальною індуктивністю напруга випереджає струм на 90°).

Через те, що в послідовному колі напруга на затискачах кола дорівнює сумі спадів напруги на ділянках кола, додаємо вектори U_a та U_L і дістаємо вектор напруги U на затискачах кола.

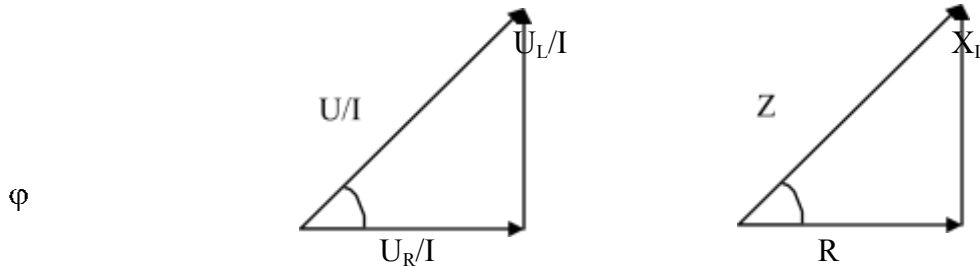


З векторної діаграми випливає, що:

- у колі з реальною котушкою струм відстає від напруги на затискачах кола на кут менший 90° (кут буде тим менше, чим більше активний опір і чим менше індуктивний опір кола).
- загальна напруга дорівнює не арифметичній сумі спадів напруг на ділянках R і X_L , а геометричній сумі векторів U_R та U_L , які разом з вектором U утворюють так званий *трикутник напруг*

За теоремою Піфагора

- коли поділити величини напруг (сторін трикутника напруги) на величину струму, то дістанемо відповідні опори, які розміщуються трикутником:



У подальшому загальний опір у всіх колах змінного струму позначатимемо буквою Z .

З трикутника опорів випливає, загальний опір у такому колі визначається як геометрична

сума:

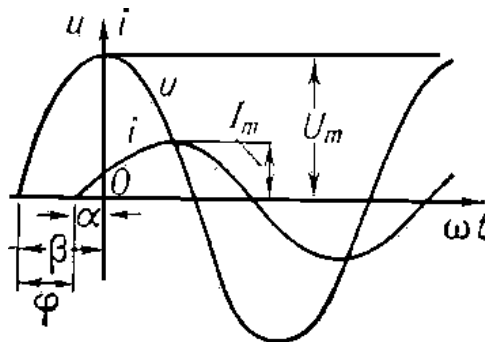
Діюче значення струму визначається за законом Ома:

Якщо припустити, що струм і напруга на затискачах кола в будь-який момент часу зсунуті на кут φ , то формула для їх миттєвих значень набирає вигляду

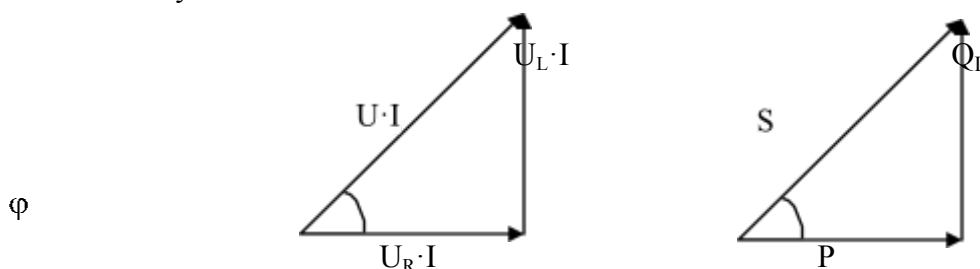
$$i = I_m \sin \omega t$$

$$u = U_m \sin (\omega t + \varphi)$$

Звідси закон Ома для миттєвих значень струму та напруги не виконується. Зважаючи на наявність зсуву за фазою φ , струм не дорівнює нулю в момент, коли напруга дорівнює нулю:



Якщо помножити сторони трикутника напруги на силу струму в колі, то дістанемо вираз для відповідних потужностей:

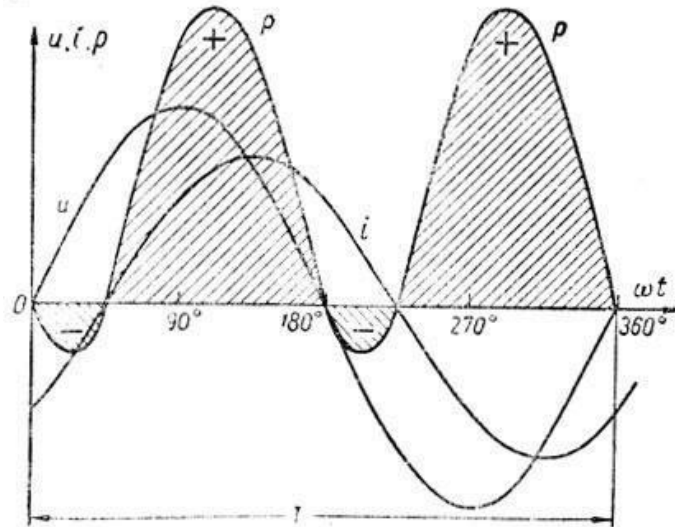


Повна потужність кола (позначається буквою S) дорівнює геометричній сумі активної та реактивної потужностей

Одиницею повної потужності є вольтампер (ВА):

$$[S] = VA$$

Графік залежності потужності від часу:



Згідно з графіком

1. крива повної потужності має нульові значення тоді, коли або струм, або напруга мають нульові значення. Амплітуда її буде всередині між двома нульовими моментами;
2. крива активної потужності має нульові значення тоді, коли криві u_a та i_a мають нульові значення;
3. криву реактивної потужності побудовано так, як в колі з ідеальною котушкою індуктивності.

Площа, обмежена додатною частиною графіка повної потужності p та віссю t , відповідає всій енергії генератора, що надходить до кола. Частина цієї енергії безповоротно втрачається на активному опорі кола, а решта повертається до генератора. Ця частина називається *реактивною енергією*. На графіку реактивній енергії відповідає площа, обмежена від'ємною частиною кривої повної потужності і віссю t .

Згідно з графіком повної потужності, реактивна енергія є досить малою.

З трикутника потужностей знаходимо активну потужність

Середня потужність даного кола дорівнює активній потужності.

Величина $\cos \varphi$ називається коефіцієнтом потужності; показує, яку частину повної потужності становить активна потужність, і характеризує енергію, що безповоротно перетворюється в інші види енергії.

При розрахунках кола з активним та індуктивним опорами можна використати формули, що отримані з трикутників напруг, опорів та потужностей:

— — —

— — —

— — —

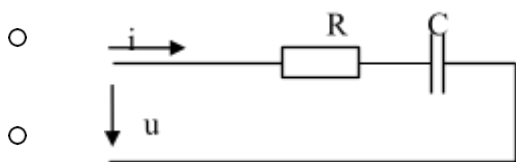
Властивості кола з активним та індуктивним опорами.

- ф 1. Струм відстає за фазою від напруги на кут $\varphi < 90^\circ$, завдяки активному опору в колі.
$$i = I_m \sin \omega t; \quad u = U_m \sin (\omega t + \quad)$$
2. Діюче значення напруги на затискачах кола дорівнює геометричній сумі спадів напруг на активному та індуктивному опорах: _____
3. Діюче значення сили струму в колі прямо пропорційне діючому значенню напруги на затискачах кола і обернено пропорційне повному опору кола.

4. Енергія, яка надходить від генератора в коло, частково накопичується в магнітному колі котушки, а частково витрачається безповоротно на активному опорі та перетворюється в інші види енергії.
Повна потужність кола складається з двох частин – активної та реактивної потужностей.

3. Схема заміщення конденсатора з послідовним з'єднанням елементів.

Для реального конденсатора можна скласти іншу розрахункову схему – з послідовним з'єднанням активного та ємнісного опору.



Розраховують таке коло за методикою розрахунку послідовного з'єднання активного та реактивного елементів.

