

## Тема: Трифазні електричні кола

1. Основні положення
2. З'єднання зіркою
3. З'єднання трикутником
4. Симетричні та несиметричні трифазні електричні кола
5. Потужність трифазного кола

### 1. Основні положення

Широке впровадження змінного струму в промислові електроенергетичні установки почалось після 1891 року, коли російським вченим Доліво–Добровольським була розроблена, а потім практично освоєна система трифазного струму.

Трифазна система електричних кіл представляє собою сукупність трьох кіл в яких діють три синусоїдальні ЕРС однієї частоти, які зміщені відносно один одного по фазі і створюється одним джерелом струму.

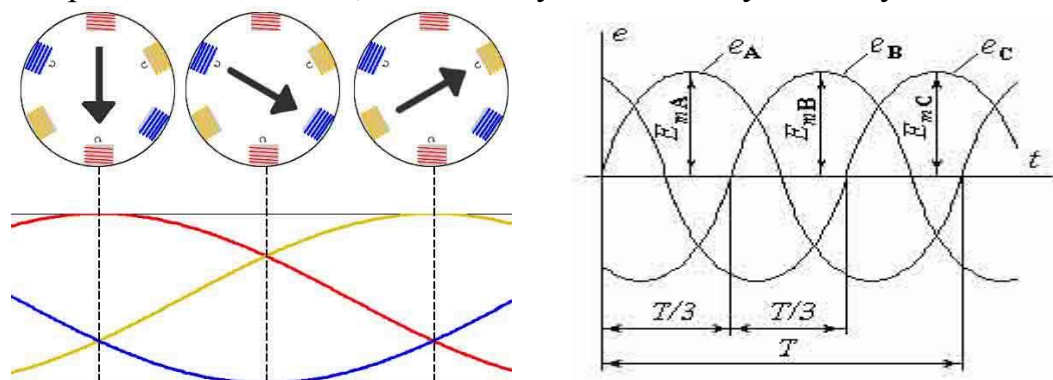
Трифазна система електричних кіл в яких окремі фази які електрично з'єднані один з одним називають *трифазним колом*.

Кожне з однофазних кіл, що входять в трифазну систему, прийняти називати *фазою*.

Отже термін фаза в електротехніці позначає два різних поняття:

- 1) фазовий кут, що визначає миттєве значення синусоїдальної величини; ( в однофазних електричних колах)
- 2) складову частину трифазного кола.

Фазами трифазної системи називають - незалежні електричні кола з незалежними джерелами живлення, що об'єднуються в одну систему.



Миттєві значення фазних ЕРС трифазної системи є:

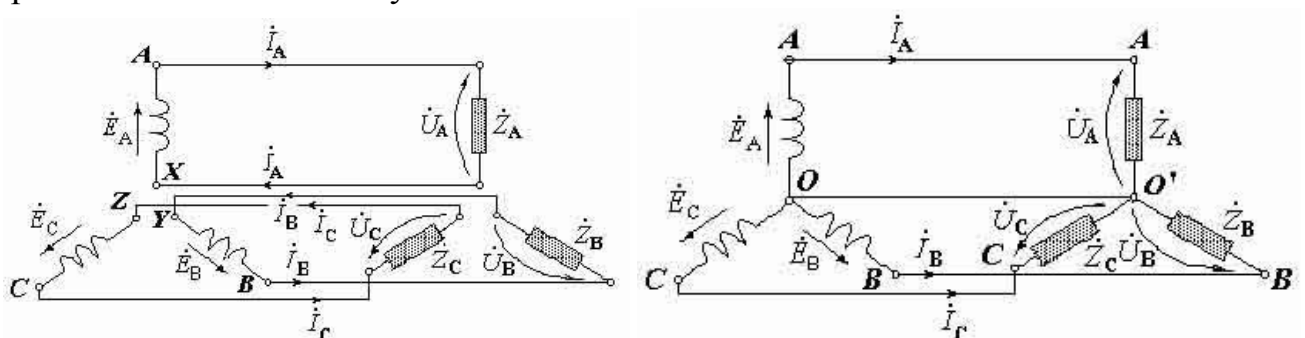
$$e_A = E_m \sin \omega t \quad e_B = E_m \sin(\omega t - 2\pi/3) \quad e_C = E_m \sin(\omega t - 4\pi/3)$$

Фазами джерел позначають буквами - **A, B, C** фазами приймачів - **a, b, c**.

### 2. З'єднання зіркою

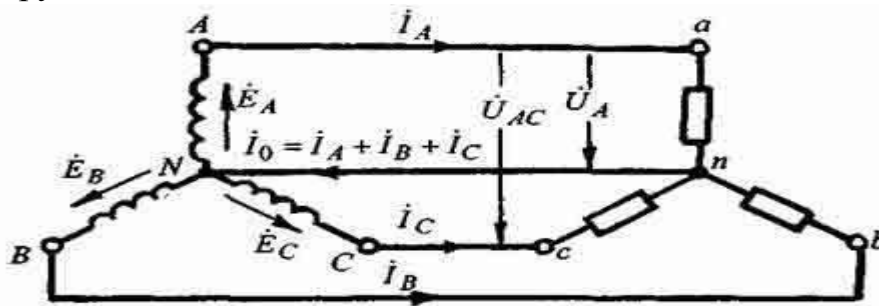
Три незалежні кола можна об'єднати таким чином, що кінці фазних обмоток генератора та фази споживачів утворять два вузли. Таке об'єднання називають *з'єднанням зіркою*.

Трифазна система може бути незв'язаною та зв'язаною



Незв'язана система трифазних струмів

З'язана система трифазних



Провід, що з'єднує два вузли називають нейтральним а точки з'єднання *нульовими*. Інші проводи (Аа, Вв, Сс) називають *лінійними*.

Напруга на затискачах фаз генератора (або навантаження) називають *фазною напругою*.

Струм в обмотках фаз або фазних навантаженнях називають *фазним струмом*.

Напруга між лінійними проводами називають *лінійною напругою*.

Струм в лінійних проводах називають *лінійним струмом*.

Струм в нейтральному проводі

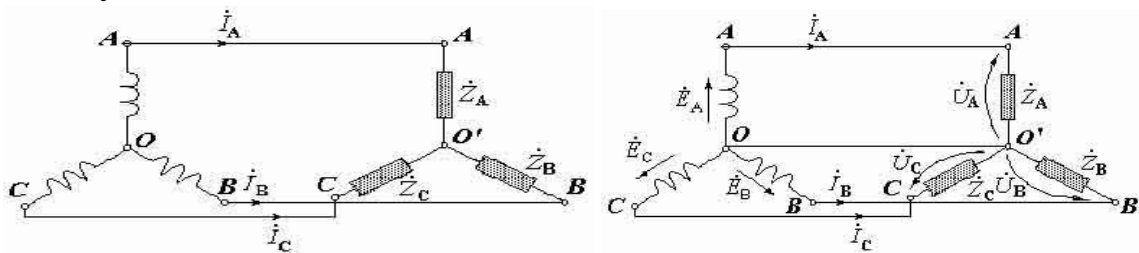
$$i_0 = i_A + i_B + i_C$$

Якщо система симетрична, то, струм у нейтральному проводі відсутній.  $i_0 = 0$

Струм лінійний є фазним струмом  $I_L = I_\phi$

Напруга лінійна більша за фазну в 1,7 раза  $U_L = \sqrt{3} U_\phi$

При з'єднанні споживачів зіркою застосовують три провідну та чотири провідну систему.



Три провідна трифазна система

Чотири провідна трифазна система

Трифазні споживачі що мають гарантоване симетричне навантаження вмикають за три провідною схемою ( без нульового проводу). Наприклад трифазні асинхронні двигуни що мають симетричне навантаження фаз.

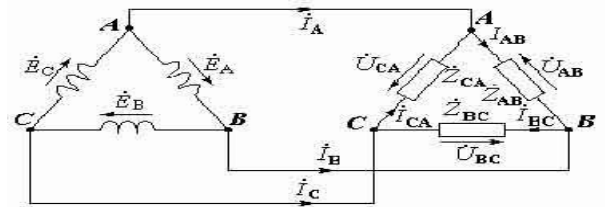
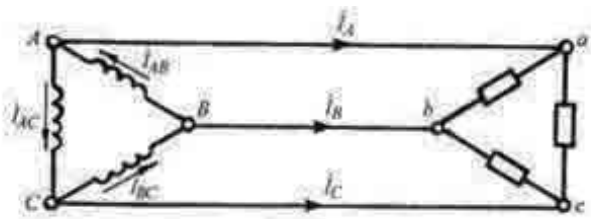
Звичайні однофазні споживачі (побутові прилади, лампи ) вмикають за чотири провідною схемою ( з нульовим проводом). Нульовий провід забезпечує однакові фазні напруги на приймачах при несиметричному навантаженні. Крім того можна застосовувати як лінійну, так і фазну напругу на приймачах.

У нейтральний провід запобіжників не ставлять тому що при неповній симетрії може виникнути явище " перекіс фаз".

*Явище " перекошу фаз"* утворюється при з'єднанні в зірку несиметричному навантаженні та обриві нульового провідника при цьому у фазах з більшим навантаженням напруга буде знижена а у фазах з меншим навантаженням підвищена.

### 3. З'єднання трикутником

З'єднання із трьох обмоток що утворюють замкнутий контур, при якому початок однієї обмотки з'єднується з кінцем іншої називають *з'єднання трикутником*.



При з'єднанні трикутником лінійна напруга є і фазною напругою  $U_{\text{л}} = U_{\text{ф}}$  струми мають таке співвідношення  $I_{\text{л}} = \sqrt{3} I_{\text{ф}}$

До трифазної системи при з'єднанні трикутником навантаження вмикається за схемою. Перевагою цього з'єднання є відсутність четвертого дроту. Крім того, що навантаження з'єднане трикутником, то явище перекосу фаз не виникає.

#### 4. Симетричні та несиметричні трифазні електричні кола

Залежно від величини та характеру електричного опору споживачів енергії система може бути симетричною і несиметричною. Система з трьох е.р.с. рівних по амплітуді, які мають однакову частоту, зсунутих по фазі одна відносно одної на кут  $2\pi/3$  називається *симетричною трифазною системою е.р.с.* Трифазне коло, в якому активні і реактивні опори складових її фаз однакові називають *симетричним*. *Несиметрія* трифазного кола обумовлена різницею навантаження у фазах. Опір фаз може бути неоднаковий за величиною або складом активних і реактивних складових. Несиметрію створюють однофазні споживачі (лампи електричного освітлення). Несиметрія виникає в аварійних ситуаціях (коротке замикання, обрив проводу).

Трифазна система що має однакові умови в усіх фазах називають *симетричною* трифазною системою.

Трифазна система що має різні умови в усіх фазах називають *несиметричною* трифазною системою.

#### 5. Потужність трифазного кола.

Потужність трифазного кола при з'єднанні зіркою. Активні і реактивні потужності в кожній з фаз трифазної системи можна знайти за формулами:

$$P_A = U_A I_A \cos \varphi_A \quad P_B = U_B I_B \cos \varphi_B \quad P_C = U_C I_C \cos \varphi_C$$

$$Q_A = U_A I_A \sin \varphi_A \quad Q_B = U_B I_B \sin \varphi_B \quad Q_C = U_C I_C \sin \varphi_C$$

Загальна потужність трифазної системи (активна і реактивна) визначається сумою потужностей окремих фаз:

$$P = P_A + P_B + P_C; \quad Q = Q_A + Q_B + Q_C.$$

При симетричному навантаженні:  $P_A = P_B = P_C = P_{\text{ф}}$ ;  $Q_A = Q_B = Q_C = Q_{\text{ф}}$ ;  $\varphi_A = \varphi_B = \varphi_C = \varphi$ . Тоді:

$$P = 3 P_{\text{ф}} = 3 U_{\text{ф}} I_{\text{ф}} \cos \varphi$$

$$Q = 3 Q_{\text{ф}} = 3 U_{\text{ф}} I_{\text{ф}} \sin \varphi$$

$$S = 3 U_{\text{ф}} I_{\text{ф}}$$

Ці формули визначають потужність трифазної системи через фазні струми і напруги.

Іноді буває зручніше вираховувати потужність через лінійні величини струмів і напруг. Враховуючи, що при з'єднанні зіркою

$$I_{\text{л}} = I_{\text{ф}} \text{ і } U_{\text{л}} = \sqrt{3} U_{\text{ф}}, \text{ отримаємо}$$

$$P = \sqrt{3} U_{\text{л}} I_{\text{л}} \cos \varphi$$

$$Q = \sqrt{3} U_{\text{л}} I_{\text{л}} \sin \varphi$$

$$S = \sqrt{3} U_{\text{л}} I_{\text{л}}$$

*Потужність* трифазного кола при з'єднанні навантажень «трикутником». В цьому випадку потужність визначається за тими ж формулами, що і при з'єднанні «зіркою».

Потужність окремих фаз:

$$P_{AB} = U_{AB} I_{AB} \cos \varphi_{AB}$$

$$Q_{AB} = U_{AB} I_{AB} \sin \varphi_{AB}$$

$$P_{BC} = U_{BC} I_{BC} \cos \varphi_{BC}$$

$$Q_{BC} = U_{BC} I_{BC} \sin \varphi_{BC}$$

$$P_{CA} = U_{CA} I_{CA} \cos \varphi_{CA}$$

$$Q_{CA} = U_{CA} I_{CA} \sin \varphi_{CA}$$

Загальна потужність трифазної системи визначається сумою потужностей окремих фаз

$$P = P_{AB} + P_{BC} + P_{CA}$$

$$Q = Q_{AB} + Q_{BC} + Q_{CA}$$

При симетричному навантаженні потужності окремих фаз рівні між собою, отже

$$P = 3 P_{\phi} = 3 U_{\phi} I_{\phi} \cos \varphi; \quad Q = 3 Q_{\phi} = 3 U_{\phi} I_{\phi} \sin \varphi; \quad S = 3 U_{\phi} I_{\phi}$$

Враховуючи, що при з'єднанні «трикутником»  $U_{\text{л}} = U_{\phi}$  і , можна отримати вирази потужностей через величини лінійних струму і напруги:

$$P = \sqrt{3} U_{\text{л}} I_{\text{л}} \cos \varphi$$

$$Q = \sqrt{3} U_{\text{л}} I_{\text{л}} \sin \varphi$$

$$S = \sqrt{3} U_{\text{л}} I_{\text{л}}$$