

Тема 4. Електричні машини змінного струму.**Тема уроку.** Трифазні електричні кола синусоїдального струму.**Мета.**

- ✓ Формувати знання про трифазні електричні кола синусоїдального струму, їх призначення та спосіб використання;
- ✓ Розвивати вміння аналізувати, логічне мислення, вміння працювати з додатковою інформацією;
- ✓ Виховувати спостережливість, культуру оформлення конспекту, формувати науковий світогляд та інтерес до вивчення електротехніки.

Тип уроку. Урок формування нових знань.**Вид уроку.** Лекція з елементами бесіди.

Демонстрації	Презентація та анімація «Трифазні електричні кола синусоїдального струму»
Обладнання та наочність	Картки з опорним конспектом, модель генератора та двигуна, план-конспект, (ТЗН), Віртуальна лабораторія multisim .
Міжпредметні зв'язки	Фізика
План-схема уроку	
Етапи уроку	Методи й форми роботи
Організаційний момент:	-привітання; -перевірка присутності учнів; -повідомлення основних завдань уроку.
Перевірка ДЗ	- Усне опитування та доповіді учнів з Тем: «Електричні машини змінного струму», «Трифазні електричні кола синусоїдального струму».
Актуалізація опорних знань	
Мотивація навчальної діяльності	Метод «Прес», Мозковий штурм (створення проблемної ситуації). Вказати професійну значимість навчального матеріалу. (Див. додаток з опорними питаннями)
Формування нових знань (Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу)	Пояснення з елементами евристичної бесіди, перегляд демонстрацій, робота з картками. Вивчення нового матеріалу. (Див додаток з теорією)
Закріплення вивченого матеріалу	Бліц – опитування та обговорення вивченого. Мозковий штурм, перевірка засвоєного матеріалу. Методи «Ланцюжок» та «Ключові слова». Орієнтовні питання в додатку.
Підбиття підсумків уроку	Аналіз роботи учнів та оцінювання.
Домашнє завдання	Вивчити теорію за конспектом та підготувати доповідь або презентацію на тему «Потужність трифазного електричного кола»
Використана література	А.М. Гуржій. Електротехніка з основами промислової електроніки. - К.: Форум, 2002. Персональний сайт: formula.kr.ua (розділ електротехніка).

❖ Додаток Т 4 К 10.1.

- Поясніть принцип дії двигуна змінного струму.
- Назвіть основні частини машини постійного струму, поясніть її конструкцію.

Розкажіть за схемою:

- будову машин постійного струму;
- про якір машини постійного струму;
- будову колектора;
- про щітковий механізм машини постійного струму.

❖ Додаток Т 4 К 10.2.

- Що таке електричні машини змінного струму.
- Генератор змінного струму....
- Діюче значення сили струму....
- Основні характеристики змінного електричного струму...
- У колі змінного струму з чисто індуктивним опором струм
- Які є з'єднання споживачів змінного струму?
- Що Ви знаєте про з'єднання трикутником та зіркою?

❖ Додаток Т4 К 10. 3. Трифазні електричні кола синусоїдального струму.

З метою заощадження електричної енергії під час її транспортування та ефективності її використання у техніці об'єднують низку кіл з незалежними джерелами живлення в одну систему. Широко використовуються трифазні та шестифазні кола.

Багатофазними системами називають сукупність електричних кіл, в яких діють синусоїдальні ЕРС однакової частоти, такі, що відрізняються за фазою одна від одної і утворені в одному джерелі енергії (генераторі).

Кожне з однофазних кіл, що входять в багатофазну систему, прийняти називати **фазою**. Отже термін **фаза** в електротехніці позначає два різних поняття: 1) фазовий кут, що визначає миттєве значення синусоїдальної величини; 2) складову частину трифазного кола. Кола, в залежності від кількості фаз, називають двофазними, трифазними, шестифазними і т.п. До цього ми розглядали *однофазні кола*.

Найбільше розповсюдження в сучасній електроенергетиці отримали трифазні кола. Це пояснюється низкою переваг як перед іншими багатофазними колами, так і перед однофазними колами змінного струму. Серед переваг можна виділити такі:

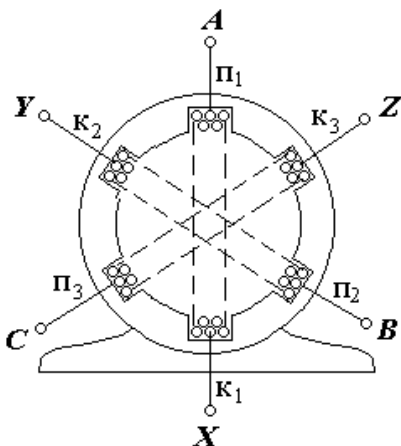
- Економічність виробництва і передачі енергії в порівнянні з однофазними колами.
- Можливість простого отримання магнітного поля, що обертається, необхідного для роботи трифазних асинхронного та синхронного двигунів – одних з найрозповсюджених двигунів змінного струму.
- Можливість одночасного отримання в одній установці двох експлуатаційних номіналів напруг – фазної напруги і лінійної напруги.

Трифазну систему вперше розробив та впровадив наприкінці XIX ст. М.О. Доливо-Добровольський. Джерелом енергії у трифазних системах є три обмотки генератора. Обмотки укладаються таким чином, що вони індукують змінні ЕРС, які зсунуті на третину періоду.

Трифазне електричне коло — це сукупність трьох електричних кіл, що мають синусоїдну ЕРС однакової частоти. ЕРС зсунуті за фазою на одну третину періоду. Ці ЕРС генеруються в одному (звичайно машинному) джерелі живлення.

Устрій генератора трифазного струму

Нагадаємо принциповий устрій генератора однофазного струму. Генератор змінного струму конструктивно складається з двох основних частин: **ротора** – частини, що обертається, і нерухомого **статора**. На роторі розташовані полюси $N-S$ постійного магніту, як правило електромагніту, обмотка якого живиться від допоміжного джерела постійного струму невеликої потужності. Статор – сталевий циліндр, в повздовжніх пазах якого розміщені витки обмотки, в якій індукуються змінні ЕРС.



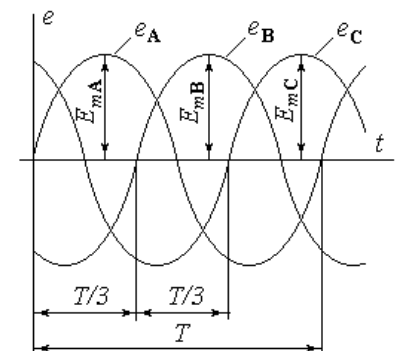
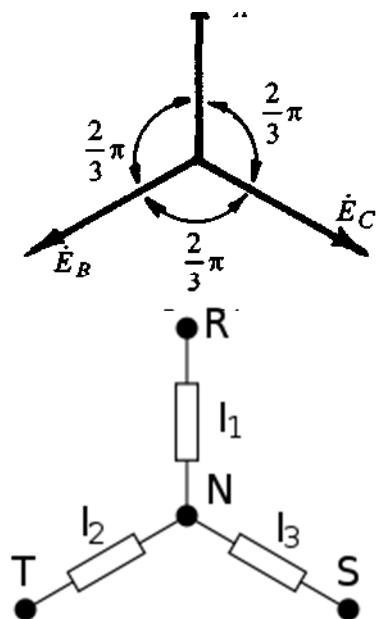
На відміну від однофазного генератора в пазах статора трифазного генератора розміщені три однакові обмотки, зсунуті в просторі відносно одна одної на 120° . При обертанні ротора в кожній з обмоток статора індукуються синусоїдальні ЕРС. Оскільки обмотки однакові, ЕРС, що в них утворюються будуть однакові за амплітудним значенням і частоті, але зсунуті за фазою відносно одна одної на $1/3$ періоду. Виводи обмоток трифазного генератора прийнято позначати так: початки – буквами A, B, C , а відповідні їм кінці – X, Y, Z . Маркування виводів виконується з таким розрахунком, щоб індуковані в обмотках $A-X, B-Y, C-Z$ ЕРС $\vec{E}_A, \vec{E}_B, \vec{E}_C$ відставали на третину періоду $\vec{E}_B$ від $\vec{E}_A$, $\vec{E}_C$ від $\vec{E}_B$.

Беручи за початок відліку моменти часу, коли ЕРС e_A в обмотці $A-X$ дорівнює нулю можна записати такі вирази:

$$\begin{aligned} e_A &= E_{mA} \sin \omega t; \\ e_B &= E_{mB} \sin (\omega t - 120^\circ); \\ e_C &= E_{mC} \sin (\omega t - 240^\circ). \end{aligned}$$

Графіки цих ЕРС мають вигляд:

геометрична сума трьох векторів, рівних за величиною і зсунутих за фазою на третину періоду (120°) дорівнює нулю. Сума миттєвих значень ЕРС трифазного генератора в будь-який момент часу також дорівнює нулю $e_A + e_B + e_C = 0$.

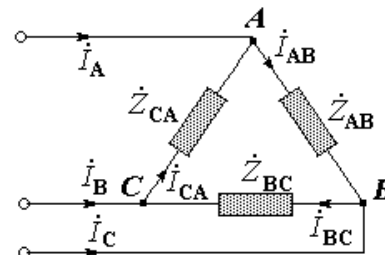
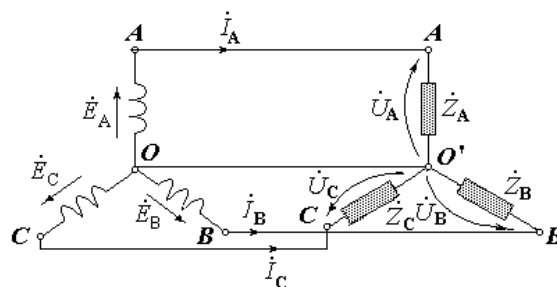


❖ **Додаток Т4 К 10. 4. Трифазні електричні кола синусоїдального струму**

З'єднання за схемою «зірка» Чотирипровідна система. Якщо об'єднати кінці обмоток генератора в спільну точку O , а кінцеві клєми навантажень в спільну точку O' , то для з'єднання генератора і трьох навантажень потрібно буде всього чотири проводи.

Точки O , O' називають відповідно **нульовою (нейтральною) точкою генератора** і **нульовою (нейтральною) точкою навантаження**.

Проводи $A-O$, $B-O$, $C-O$ називають **лінійними**, а провід $O-O'$ – нульовим або нейтральним. Отримана схема має назву **чотирипровідна система трифазного струму**, або **з'єднання зіркою з нульовим проводом**.



Напруга між лінійним проводом і нульовим має назву **фазна напруга** і позначається U_A , U_B , U_C .

Напруга між лінійними проводами називається **лінійною напругою** і позначається U_{AB} , U_{BC} , U_{CA} .

До навантажень Z_A , Z_B , Z_C прикладені фазні напруги.

В трифазних колах розрізняють **лінійні** I_L і **фазні** I_Φ струми.

Лінійними називають струми I_A , I_B , I_C , що протікають по лінійних проводах.

Струми, що протікають по обмотках генератора, або по опорах навантаження називають відповідно **фазними струмами генератора** і **фазними струмами навантаження**.

При з'єднанні зіркою лінійний струм рівний фазному $I_L = I_\Phi$.

Струм, що протікає по нульовому проводі, позначають I_N .

Заміна незв'язаної шостипровідної системи чотирипровідною не впливає на величину фазних напруг генератора, тому струми I_A , I_B , I_C при тій і другій системі залишаються однаковими (якщо не враховувати опір проводів).

З'єднання за схемою «трикутник»

Якщо мережу трифазного струму між кожною парою лінійних проводів $A-B$, $B-C$, $C-A$ включити три опори Z_{AB} , Z_{BC} , Z_{CA} , то під дією лінійних напруг в кожному з цих опорів почне протікати струм. Такий спосіб включення опорів в трифазну мережу має назву **включення трикутником**.

При з'єднанні навантажень «трикутником» по їх опорам протікають струми I_{AB} , I_{BC} , I_{CA} . Ці струми називають **фазними**. Струми I_A , I_B , I_C , що протікають в лінійних проводах мережі називають **лінійними**. Показані на малюнку напрямки струмів є додатними загальноприйнятими напрямками.

Напруга, що прикладена до опорів навантажень Z_{AB} , Z_{BC} , Z_{CA} прийнято називати **фазними напругами** U_Φ . В наведеній схемі фазна напруга дорівнює напрузі між лінійними проводами, тобто лінійній напрузі U_L . Тому при з'єднанні «трикутником» $U_L = U_\Phi$.

Вибір схеми з'єднання споживачів вирішується в залежності від величини лінійної напруги мережі і номінальної напруги споживачів. В трифазних установках можливі випадки, коли одна частина споживачів з'єднана «зіркою», а інша – «трикутником».

При заданій величині лінійної напруги $U_L = U_\Phi$, відомих значеннях опорів навантаження можна розрахувати фазні струми і коефіцієнти потужності окремих фаз:

$$I_{AB} = \frac{U_L}{Z_{AB}}; \quad I_{BC} = \frac{U_L}{Z_{BC}}; \quad I_{CA} = \frac{U_L}{Z_{CA}};$$

$$\cos \varphi_{AB} = \frac{R_{AB}}{Z_{AB}}; \quad \cos \varphi_{BC} = \frac{R_{BC}}{Z_{BC}}; \quad \cos \varphi_{CA} = \frac{R_{CA}}{Z_{CA}};$$

мережі в тричі більшою за потужність, що споживається цими ж опорами при з'єднанні «зіркою». Дійсно, при з'єднанні «зіркою»

На практиці буває необхідно переключити опори навантаження із схеми «трикутник» на схему «зірка», наприклад, переключення трифазних електропечей з метою регулювання їх потужності, а, відповідно і температури. Потужність, що споживається при з'єднанні «трикутником», буде при тій же напрузі

$$I_{\Phi \text{ зірка}} = \frac{U_L}{\sqrt{3} \cdot Z}; \quad P_{\text{зірка}} = 3 \cdot I_{\Phi \text{ зірка}}^2 \cdot R = \frac{U_L^2}{Z^2} \cdot R, \text{ а при з'єднанні «трикутником»}$$

$$I_{\Phi \text{ трикут}} = \frac{U_L}{Z}; \quad P_{\text{трикут}} = 3 \cdot I_{\Phi \text{ трикут}}^2 \cdot R = \frac{3 \cdot U_L^2}{Z^2} \cdot R, \text{ звідки } \frac{P_{\text{трикут}}}{P_{\text{зірка}}} = 3.$$

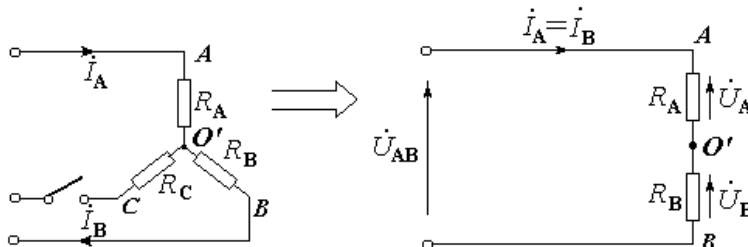
Приклад. $U_L = 220$ В; $R_A = 10$ Ом; $R_B = 5$ Ом; $R_C = 7,5$ Ом. Визначити:

1) лінійні струми I_A та I_B ; фазні напруги U_A та U_B , якщо нульовий провід відсутній, а навантаження R_C відключене.

Розрахунок: При відключенні R_C навантаження R_A і R_B утворюють послідовне однофазне коло. Струм в опорі R_C дорівнює 0. Тоді $I_A = I_B = U_{AB} / (R_A + R_B) = 220 / (10 + 5) = 14,7$ А.

$U_A = I_A \cdot R_A = 14,7 \cdot 10 = 147$ [В]; $U_B = I_B \cdot R_B = 14,7 \cdot 5 \approx 73$ В.

Отриманий результат показує, що фазні напруги U_A на опорі R_A підвищилась в порівнянні з номінальним режимом (коли $U_\Phi = U_L / \sqrt{3} = 220 / \sqrt{3} = 127$ В). Якщо б в фазу A були включені електричні лампи, розраховані на номінальну напругу 127 в, то при відсутності нульового проводу вони б знаходились під дією підвищеної напруги (147 в) і швидко б



Персональний сайт: formula.kr.ua
вийшли з ладу. **Неприпустимо встановлення запобіжника в нульовому проводі.**

Викладач: Вихристюк О.В.