

Змістовий модуль 5. Трифазні електричні кола.

Тема № 5.2. З'єднання фаз трикутником. Потужність трифазної системи.

План лекції

1. З'єднання трифазної системи «трикутником».
2. Потужність трифазної системи.

1. З'єднання трифазної системи «трикутником»

Якщо обмотки генератора трифазного струму з'єднати так, що кінець першої обмотки з'єднується з початком другої, кінець другої з початком третьої, кінець третьої з початком першої, а до загальних точок підключити лінійні проводи, то одержимо **з'єднання трикутником** (мал. 9).

Гаданого короткого замикання в обмотках генератора не відбудеться, тому що сума миттєвих значень ЕРС у них дорівнює нулю:

$$\vec{e}_{AB} + \vec{e}_{BC} + \vec{e}_{CA} = 0 \quad (6)$$

у чому легко переконатися, побудувавши векторну діаграму.

На мал. 9 три приймачі струму z_{AB}, z_{BC}, z_{CA} також включені трикутником. На відміну від з'єднання зіркою, де в більшості випадків застосовується чотирипровідна система, тут використовуються три проводи.

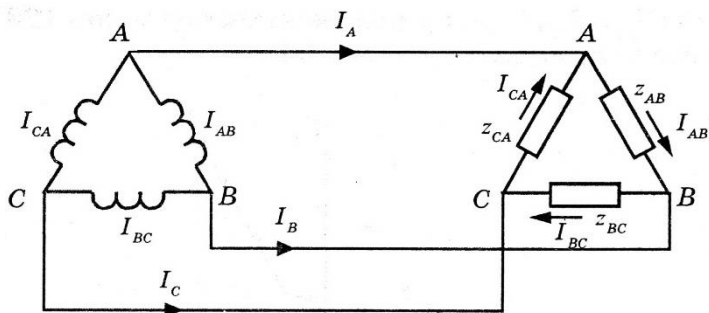
При з'єднанні трикутником існують тільки лінійні напруги (U_{AB}, U_{BC}, U_{CA}), оскільки нульовий провід відсутній, але з'являються фазні (I_{AB}, I_{BC}, I_{CA}) і лінійні (I_A, I_B, I_C) струми. Співвідношення між лінійними й фазними струмами легко можуть бути отримані, якщо для кожної вузлової точки споживача застосувати перше правило Кірхгофа:

$$\begin{aligned} \vec{I}_A &= \vec{I}_{AB} - \vec{I}_{CA}; \\ \vec{I}_B &= \vec{I}_{BC} - \vec{I}_{AB}; \\ \vec{I}_C &= \vec{I}_{CA} - \vec{I}_{BC}. \end{aligned} \quad (7)$$

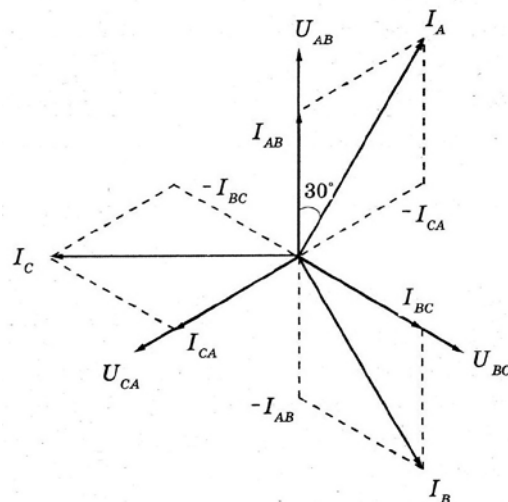
Із цих співвідношень видно, що кожний з лінійних струмів дорівнює геометричній різниці двох фазних струмів. Крім того, почленне додавання цих рівностей показує, що геометрична сума лінійних струмів дорівнює нулю:

$$\vec{I}_A + \vec{I}_B + \vec{I}_C = 0 \quad (8)$$

Для побудови векторної діаграми в якості вихідних оберемо три вектори лінійних напруг (\vec{U}_{AB} , \vec{U}_{BC} , \vec{U}_{CA}), розташованих під кутом 120° відносно один одного (мал. 10).



Мал. 9. Фазні й лінійні напруги та струми в з'єднанні трикутником



Мал. 10. Векторна діаграма фазних і лінійних струмів

При симетричній навантаженні вектори фазних струмів \vec{I}_{AB} , \vec{I}_{BC} , \vec{I}_{CA} зрушені по фазі щодо відповідних напруг на кут φ , величина якого залежить від характеру навантаження.

Тепер, користуючись співвідношеннями (7), побудуємо на цій же діаграмі вектори лінійних струмів. Для того щоб побудувати вектор лінійного струму \vec{I}_A , потрібно до вектора фазного струму \vec{I}_{AB} додати вектор $(-\vec{I}_{CA})$, тобто вектор, рівний по довжині \vec{I}_{CA} , але протилежний по напрямкові. Так само будуються інші вектори лінійних струмів.

Для знаходження співвідношення між модулями лінійних і фазних струмів розглянемо тупокутний трикутник з кутом 120° , утворений векторами \vec{I}_A , $(-\vec{I}_{CA})$ і \vec{I}_{AB} . Вилучимо перпендикуляр з вершини тупого кута цього трикутника на протилежну сторону й знайдемо, що $\frac{I_A}{2} = I_{AB} \cos 30^\circ$. Отже, $I_L = \sqrt{3}I_\phi$. Таким чином, у **трифазній системі, з'єднаній трикутником, лінійні струми більше фазних у $\sqrt{3}$ разу, а фазні напруги збігаються з лінійними.**

2. Потужність трифазної системи

Активною потужністю трифазної системи називають суму активних потужностей її окремих фаз:

$$P = P_A + P_B + P_C$$

При симетричній навантаженні потужності окремих фаз рівні між собою, а загальна потужність визначається як

$$P = 3I_\phi U_\phi \cos \varphi \quad (9)$$

На практиці потужність трифазної системи частіше виражають через лінійні, а не через фазні струми й напруги. При з'єднанні зіркою $U_\phi = \frac{U_L}{\sqrt{3}}$ й $I_\phi = I_L$, трикутником $U_\phi = U_L$ і $I_\phi = \frac{I_L}{\sqrt{3}}$. В обох випадках, заміняючи фазні величини лінійними, ми одержимо те саме вираження для потужності трифазної системи при симетричній навантаженні:

$$P = 3I_\phi U_\phi \cos \varphi = \sqrt{3}I_L U_L \cos \varphi \quad (10)$$

Для трифазної системи також слушні наступні співвідношення для повної, активної й реактивної потужностей, відповідно:

$$\begin{aligned} S &= \sqrt{3}U_L I_L; \\ P &= \sqrt{3}U_L I_L \cos \varphi; \\ Q &= \sqrt{3}U_L I_L \sin \varphi. \end{aligned} \quad (11)$$

Коефіцієнт потужності симетричному трифазному ланцюгу знаходять як відношення активної й повної потужностей: $\cos \varphi = \frac{P}{S}$.

Питання для самоконтролю

1. Яке з'єднання називається з'єднанням трикутником?
2. Як будується векторна діаграма для струмів і напруг при з'єднанні трикутником?
3. Який зв'язок між лінійними й фазними струмами при з'єднанні трикутником?

4. Порядок вибору схеми з'єднань освітлювального та силового навантажень при увімкненні у трифазну мережу.
5. Як обраховуються активна, реактивна та повна потужності трифазної системи?

Список літератури

1. Данилов И.А., Иванов П.М. Общая электротехника с основами электроники: Учеб. пособие для неэлектротехн. спец. техникумов. – М.: Высш. шк., 2005. – §§ 6.1 – 6.7 (с. 164 – 182).
2. Синдеев Ю.Г. Электротехника с основами электроники: учеб. пособие. – 15-е изд., стереотипное – Ростов н/Д: Феникс, 2013. – §§5.1 – 5.4 (с. 121 – 139).
3. Славинский А.К., Туревский И.С. Электротехника с основами электроники: учебное пособие. – М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2009. – глава 6, §§ 6.1 – 6.4 (с. 126 – 137).