

Лабораторна робота № 5

Загальні теоретичні відомості

Коло трифазного змінного струму – це сукупність трьох однофазних кіл, в яких одночасно діють три рівні за величиною і зміщені за фазою одна відносно іншої на третину періоду ( $120^\circ$ ) синусоїдні е.р.с. однакової частоти (рис. 5.1, а).

З'єднання, при якому кінці трьох струмоприймачів з опором  $Z_A, Z_B, Z_C$ , з'єднані в одну точку, а до їх початків підведена напруга трифазного змінного струму, називається зіркою (рис. 5.1, б). Кожний із цих однофазних струмоприймачів називають фазою.

Точка з'єднання кінців споживачів називається нейтральною, а провідник, який з'єднує її з нейтральною точкою джерела – нейтральним провідником. Решту провідників, які з'єднують джерело із споживачем, називають лінійними.

Напруги між лінійними провідниками  $U_{AB}, U_{BC}, U_{CA}$  називаються лінійними, а між нейтральними і лінійними провідниками – фазними напругами ( $U_A, U_B, U_C$ ). Лінійна і фазна напруга зв'язані між собою векторними рівняннями:

$$\vec{U}_{AB} = \vec{U}_A - \vec{U}_B; \vec{U}_{BC} = \vec{U}_B - \vec{U}_C; \vec{U}_{CA} = \vec{U}_C - \vec{U}_A \quad (5.1)$$

Струми в лінійних провідниках називають лінійними, а струми в струмоприймачах (у фазах) – фазними. При з'єднанні струмоприймачів зіркою лінійні струми дорівнюють фазним:

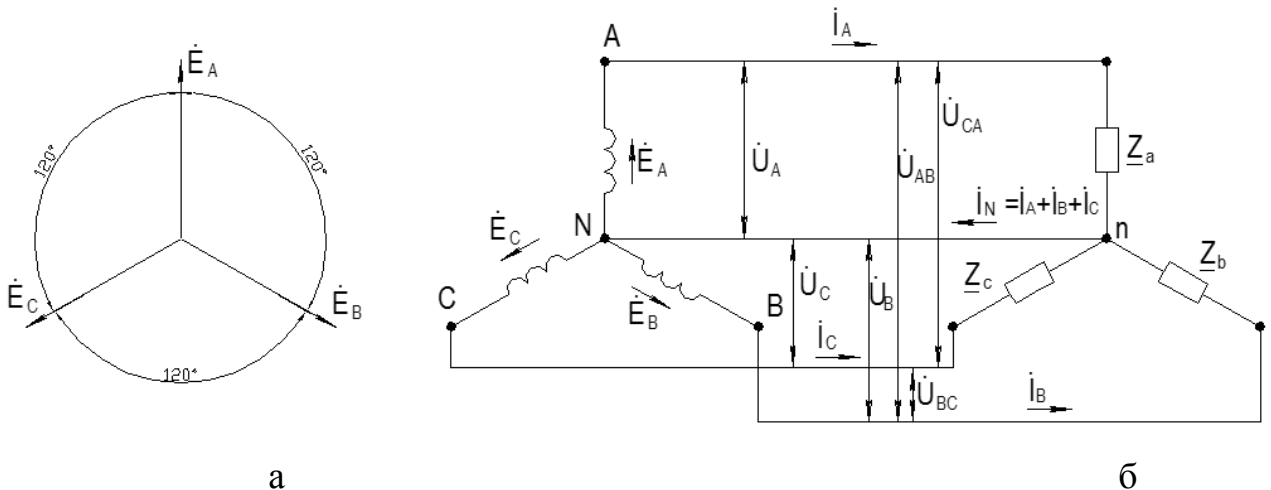


Рис. 5.1 – Векторна діаграма е.р.с. (а) і схема з'єднання джерела трифазного змінного струму та струмоприймачів, з'єднаних зіркою

$$I_{л} = I_{ф} \quad (5.2)$$

Струм в нейтральному провіднику  $I_N$  дорівнює геометричній сумі струмів фаз:

$$\vec{I}_N = \vec{I}_A + \vec{I}_B + \vec{I}_C \quad (5.3)$$

Навантаження трифазного кола може бути симетричним і несиметричним. Умова симетричного навантаження:  $Z_A=Z_B=Z_C$ , а також  $R_A=R_B=R_C$  і  $X_A=X_B=X_C$ , де  $Z$ ,  $R$ ,  $X$  – відповідно повний, активний і реактивний опори фаз струмоприймачів.

При симетричній підведеній напрузі і симетричному навантаженні система струмів кола також буде симетричною. На рис. 5.2 зображена векторна діаграма струмів і напруг для симетричного режиму і активно–індуктивного навантаження (кут зсуву фаз  $\varphi \geq 0$ ). З цієї діаграми видно, що симетричні системи лінійних і фазних напруг зміщені між собою на кут  $30^\circ$ . Крім цього, користуючись діаграмою можна легко встановити, що:

$$U_L = \sqrt{3}U_\phi = 1,73U_\phi \quad (5.4)$$

Струм в нейтральному провіднику  $\vec{I}_N = \vec{I}_A + \vec{I}_B + \vec{I}_C = 0$ . Тому при симетричному режимі необхідності в нейтральному проводі немає, передача електроенергії від джерела до струмоприймача здійснюється трипровідною системою.

Якщо симетрія навантаження порушується ( $Z_A \neq Z_B \neq Z_C$ ), то система фазних струмів не буде симетричною. При наявності в системі четвертого (нейтрального) провідника в ньому з'являється струм  $\vec{I}_N = \vec{I}_A + \vec{I}_B + \vec{I}_C > 0$ . Потенціал нейтральної точки джерела  $0'$  стає близьким до потенціалу нейтральної точки джерела  $0$  і несиметрія фазної напруги значно послаблюється (рис. 5.3).

При відсутності нейтрального провідника фазні (вони ж і лінійні) струми встановлюються такі, що їх геометрична сума дорівнює нулю (рис.5.4). Нейтральна точка навантаження  $0'$  переміщується відносно нейтральної точки джерела  $0$ .

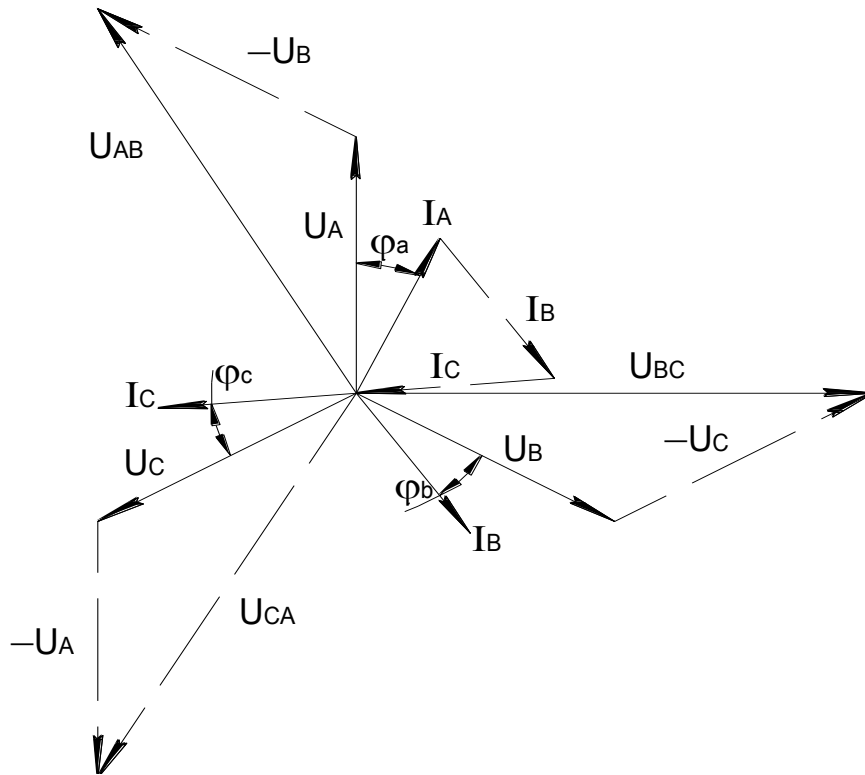


Рис. 5.2 – Векторна діаграма струмів та напруг кола трифазного змінного струму при симетричному навантаженні

Це призводить до порушення симетрії фазних напруг на затискачах струмоприймача навіть при симетрії напруг джерела. Струмоприймач з меншим опором (більшим навантаженням) попадає під більш низьку напругу, ніж струмоприймач з більшим опором (меншим навантаженням).

Порушується також симетрія кутів зсуву фазної напруги і співвідношення між лінійними і фазними напругами ( $\frac{U_{\text{л}}}{U_{\text{ф}}} = \sqrt{3}$ ).

Струм в нейтральному провіднику  $I_{\text{N}}$  звичайно менший, ніж струми в лінійних провідниках, тому площа поперечного перерізу його, як правило менша, ніж площа лінійних.

Обрив лінійного провідника призводить до вимикання одного із струмоприймачів. Наприклад, при обриві фази *A* вимикається струмоприймач  $Z_A$ . При наявності нейтрального провідника це не впливає на роботу двох інших струмоприймачів (двох інших фаз) або, іншими словами, фазні напруги не змінюються. Якщо нейтральний провідник відсутній, то інші два струмоприймачі залишаються увімкненими послідовно на лінійну напругу. Напруга ж на струмоприймачах розподіляється пропорційно їх повним опорам, у цьому разі режим роботи кола буде порушений.

Активна потужність в трифазному колі при симетричному навантаженні може бути виміряна однофазним ватметром в одній фазі, при цьому загальна активна потужність трифазного кола дорівнює показу ватметра, помноженому на 3. Активну потужність при несиметричному

## Дослідження кола трифазного змінного струму при з'єднанні струмоприймачів зіркою

навантаженні у трифазному колі вимірюють за допомогою трьох ватметрів або одного двоелементного ватметра.

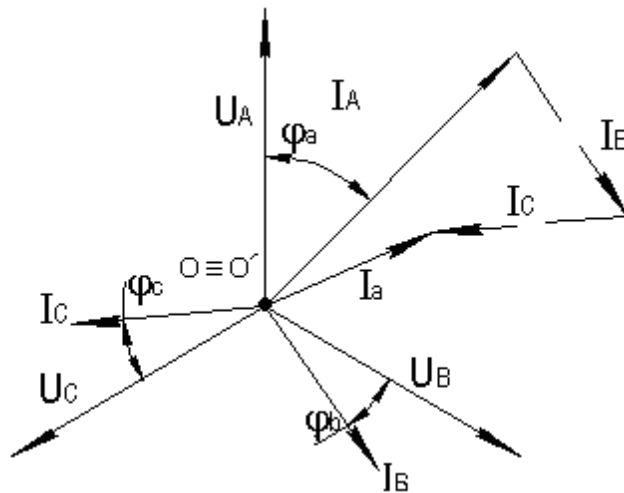


Рис. 5.3 – Векторна діаграма фазних напруг і струмів та графічне визначення струму в нейтральному провіднику в колі трифазного змінного струму при несиметричному навантаженні

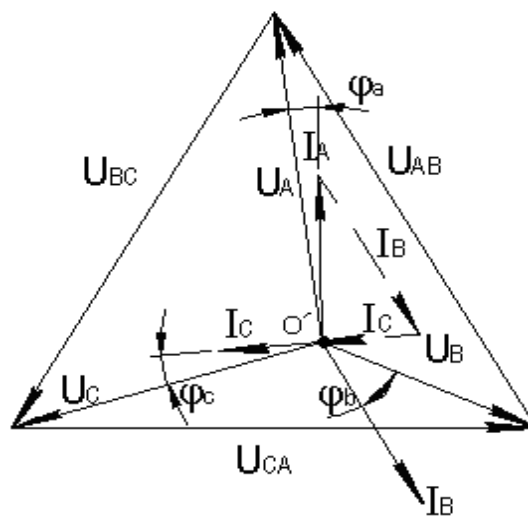


Рис. 5.4 – Векторна діаграма лінійних і фазних напруг та струмів при відсутності нейтрального провідника в колі трифазного змінного струму при несиметричному навантаженні