

РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ ЯК ФІЛЬТРУ ЛІНІЙНИХ НАПРУГ МЕРЕЖІ

Попова Ірина Олексіївна

к. т. н., доцент

Ковальов Олександр Вікторович,

старший викладач

Таврійський державний агротехнологічний

університет імені Дмитра Моторного

м. Мелітополь, Україна

Вступ. Причин виходу з ладу обмотки статора АД багато, до них відносяться: струмові перевантаження обмотки статора збоку виникнення неприпустимої асиметрії напруги фаз мережі (до 50 %) або обрив фазного проводу виходить з ладу до 45% статорних обмоток АД та інші [1]. Найбільш простими пристроями надійного діагностування несиметричних режимів трифазної напруги є фільтри симетричних складових, які розділяються на фільтрові датчики напруги: прямої, зворотної і нульової послідовностей, параметри складових елементів фільтрів напруги визначаються таким чином, щоб виділити ту, чи іншу симетричну складову напруги [2, 3].

Мета роботи. Розробити методику розрахунку параметрів елементів схемного рішення пристрою (ємності ідеального конденсатора і активних опорів та індуктивностей індуктивних котушок) як фільтру лінійних напруг мережі.

Матеріали і методи. Під фільтром напруги розуміють спеціальний пристрій у вигляді електричної схеми, який виділяє із несиметричної напруги мережі якусь симетричну складову напруги [4]. Дослідимо методику розрахунку параметрів схемного рішення пристрою (рис. 1а), який складається з двох котушок з однаковими параметрами (активними опорами і індуктивностями) і ідеального конденсатора, використання в якості фільтру напруги прямої і зворотної послідовностей.

При несиметричній системі комплексів лінійних напруг електричної схеми кола пристрою, напруги у фазах a і c визначаються (згідно позначень рис. 1б і комплексами фазних провідностей Y_a, Y_b, Y_c) за рівняннями

$$\dot{U}_a = \frac{\dot{U}_{ab} \cdot Y_b + \dot{U}_{ac} \cdot Y_c}{Y_a + Y_b + Y_c}; \quad \dot{U}_c = \frac{\dot{U}_{ca} \cdot Y_a + \dot{U}_{cb} \cdot Y_b}{Y_a + Y_b + Y_c}. \quad (1)$$

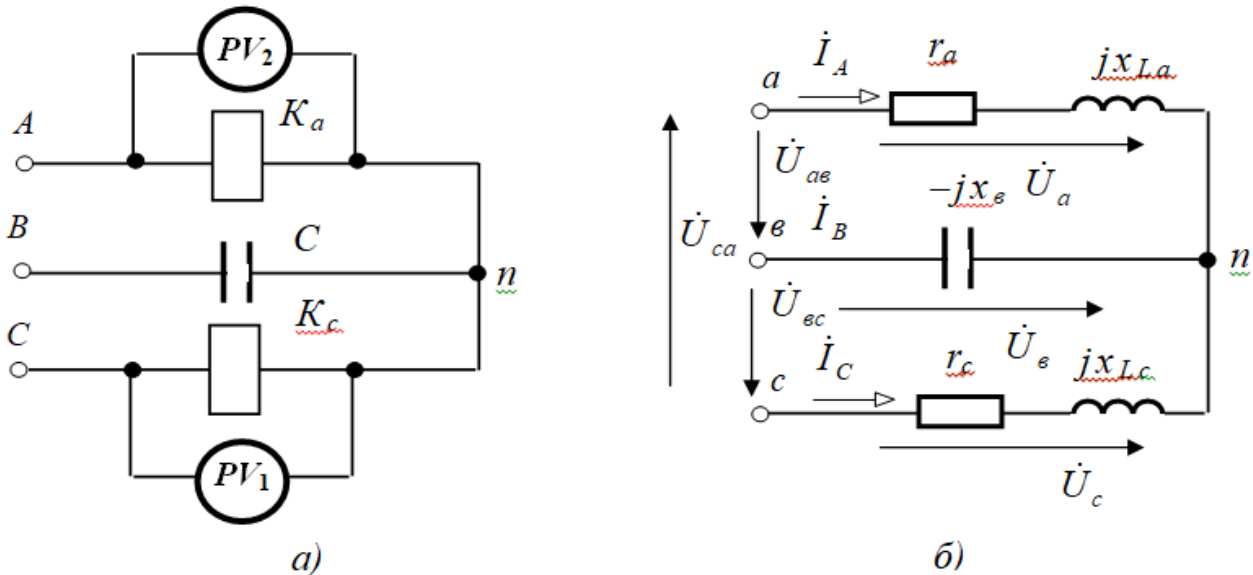


Рис. 1 – Принципова (а) і розрахункова (б) електричні схеми пристрою

Лінійні напруги при з'єднанні зіркою не містять складової напруги нульової послідовності. Тоді представимо комплекси лінійних напруг електричної схеми кола пристрою через комплекси симетричних складових несиметричної лінійної напруги на затискачах пристрою

$$\begin{cases} \dot{U}_{ab} = \dot{U}_{ab1} + \dot{U}_{ab2} = \dot{U}_1 + \dot{U}_2; \\ \dot{U}_{bc} = a^2 \cdot \dot{U}_{ab1} + a \cdot \dot{U}_{ab2} = a^2 \cdot \dot{U}_1 + a \cdot \dot{U}_2; \\ \dot{U}_{ca} = a \cdot \dot{U}_{ab1} + a^2 \cdot \dot{U}_{ab2} = a \cdot \dot{U}_1 + a^2 \cdot \dot{U}_2, \end{cases} \quad (2)$$

де a – оператор трифазної системи, $a = e^{j120^\circ}$.

Визначимо комплекси фазних напруг (1) через комплекси лінійних напруг (2) електричної схеми кола пристрою

$$\begin{aligned}\dot{U}_a &= \frac{\dot{U}_1 \cdot (Y_g - a \cdot Y_c) + \dot{U}_2 \cdot (Y_g - a^2 \cdot Y_c)}{Y_a + Y_g + Y_c}; \\ \dot{U}_c &= \frac{\dot{U}_1 \cdot (a \cdot Y_a - a^2 \cdot Y_g) + \dot{U}_2 \cdot (a^2 Y_a - a \cdot Y_g)}{Y_a + Y_g + Y_c}.\end{aligned}\quad (3)$$

Якщо прийняти співвідношення комплексів провідностей $(Y_g - a \cdot Y_c) = 0$ та $(a^2 \cdot Y_a - a \cdot Y_g) = 0$, тоді з (3) комплекси фазних напруг за умови прийнятих співвідношень комплексів провідностей і комплексів симетричних складових прямої і зворотної послідовностей визначається наступним чином

$$\dot{U}_a = \dot{U}_2 \frac{(Y_g - a^2 \cdot Y_c)}{Y_a + Y_g + Y_c}; \quad \dot{U}_c = \dot{U}_1 \frac{(a \cdot Y_a - a^2 \cdot Y_g)}{Y_a + Y_g + Y_c}.\quad (4)$$

Таким чином, комплекс напруги фази «а» електричної схеми кола пристрою містить тільки комплекс симетричної складової зворотної послідовності (покази вольметра V2), комплекс напруги фази «с» містить тільки комплекс симетричної складової прямої послідовності (покази вольметра V1) [5].

Умовою електричної схеми кола пристрою в якості фільтра лінійних напруг є співвідношення комплексів провідностей $Y_a = Y_c = a^2 \cdot Y_g$; якщо комплекс провідності фази «в» електричної схеми кола пристрою рівний $Y_g = j\omega C$ (де ω – кругова частота), тоді

$$Y_a = Y_c = a^2 \cdot j\omega C = g - jb_L, \quad (5)$$

де активна провідність кожної індуктивної котушки дорівнює по відношенню

до ємнісної провідності ідеального конденсатора $g = \frac{r_a}{z^2} = \frac{\sqrt{3} \cdot \omega C}{2}$, якщо

квадрат повного опору індуктивної котушки визначити як $z^2 = r^2 + (\omega L)^2$, а

реактивна індуктивна провідність індуктивної котушки по відношенню до

ємнісної провідності ідеального конденсатора $b_L = \frac{\omega L}{z^2} = \frac{\omega C}{2}$ [6].

Співвідношення активного і індуктивного опорів котушок і ідеального конденсатора в пристрої наступні:

– активний опір $r = \frac{z^2 \cdot \sqrt{3} \cdot \omega C}{2}$;

– індуктивний опір $\omega L = \frac{z^2 \cdot \omega C}{2}$.

– Співвідношення опорів індуктивних котушок $\frac{r}{\omega L} = \sqrt{3}$ [5,6].

Висновок. Запропоноване схемне рішення пристрою можна використовувати в якості фільтра напруги прямої і зворотної послідовності в разі дотримання співвідношення параметрів індуктивних котушок і ідеального конденсатора.

Література

1. Попова І. О., О. В. Мінкін. Ресурсозберігаючий пристрій захисту від несиметричних режимів асинхронних двигунів двигуна /Матеріали Всеукр. наук.-практ. інтернет-конференції «Вітчизняна наука на зламі епох: проблеми та перспективи розвитку», 17 листопада 2018 року, Переяслав-Хмельницький державний педагогічний університет імені Григорія Сковороди: Збірник наукових праць. Переяслав-Хмельницький, 2018. Вип. 46 . с. 495-499.

2. Попова І. О. Визначення параметрів активно-ємнісного фільтра напруги зворотної послідовності, *Сучасний стан та перспективи розвитку електротехнічних систем* I Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. пам'яті В.В. Овчарова: зб. тез доповідей. Мелітополь, 2020. 18-19.

3. Попова І. О., Попрядухін В. С. Параметри контролю несиметричних режимів роботи асинхронних двигунів для розробки ефективного захисту. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. Вип. 9. Т. 1 (41), 2019.

4. Попова І. О. Пристрій діагностування та захисту групи асинхронних електродвигунів. *Сучасний стан та перспективи розвитку електротехнічних*

систем. II Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. пам'яті В.В. Овчарова: зб. тез доповідей. Мелітополь, 2020. с. 44-45.

5. Попова І. О. Контроль режимів роботи асинхронних двигунів при несиметрію напруг мережі. /Автореф. дис... кандидата техн. наук. Мелітополь: 2003. 20 с.

6. Попова І. О. Дослідження використання пристрою в якості фільтру лінійних напруг. *Сучасний стан та перспективи розвитку електротехнічних систем.* III Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. пам'яті В.В. Овчарова: зб. тез доповідей. Мелітополь, 2021. с. 34-35.