

ВИЗНАЧЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПРИСТРОЮ В ЯКОСТІ ФІЛЬТРА СИМЕТРИЧНИХ СКЛАДОВИХ

Іванов М.В., Щербаков С.В., Макенов П.С.

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра
Моторного, м. Мелітополь*

e-mail: irinapорова54@gmail.com

Науковий керівник: к.т.н., доц. Попова І.О.

Обмотка статора асинхронного двигуна (АД) є найбільш вразливою його частиною. Причин виходу з ладу обмотки статора АД багато, до них відносяться: струмові перевантаження обмотки статора збоку робочої машини (до 50 %), також заклинення ротору і руйнація підшипникового вузла, виникнення неприпустимої несиметрії напруги фаз мережі або з причини обриву фазного проводу виходить з ладу до 45% статорних обмоток АД та інші. Таким чином, несиметричні режими напруги мережі і обрив фазного проводу АД є однією з головних причин його поламки [1].

Найбільш простими пристроями надійного контролю і діагностування несиметричних режимів трифазної напруги є датчики напруги, побудовані на базі симетричних складових, тобто фільтри симетричних складових, які розділяються на фільтрові датчики напруги: прямої, зворотної і нульової послідовностей. Під фільтром напруги розуміють спеціальний пристрій у вигляді електричної схеми, який виділяє із несиметричної напруги мережі якусь симетричну складову напруги.

Параметри складових датчика, тобто елементів фільтрів напруги визначаються таким чином, щоб виділити ту, чи іншу симетричну складову напруги [2, 3]. Дослідимо можливість використання пристрою (рисунок 1а), який складається з двох котушок з однаковими параметрами і конденсатора в якості фільтру напруги прямої і зворотної послідовностей.

Фазні напруги пристрою у фазах a і c (рисунок 1б), згідно прийнятих на розрахунковій схемі позначень і при умові $r_a = r_c$, $x_a = x_c$, комплексів фазних провідностей Y_a , Y_b , Y_c та при несиметричній системі лінійних напруг кола, визначаються за рівняннями

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

Лінійні напруги при з'єднанні зіркою не містять складової напруги нульової послідовності. Тоді представимо комплекси лінійних напруг пристрою системою рівнянь через симетричні складові несиметричної лінійної напруги

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

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

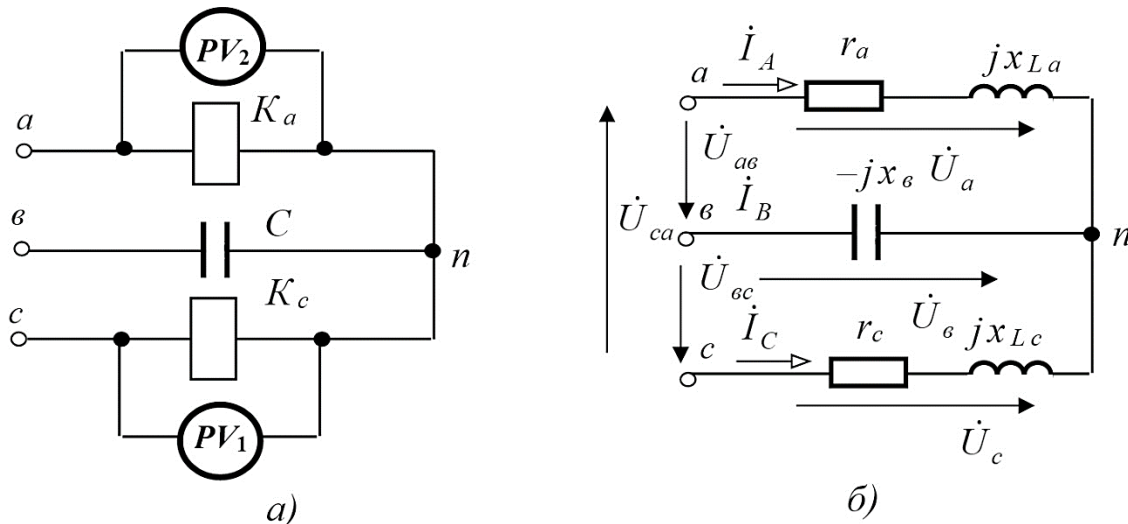


Рисунок 1 – Принципова (а) і розрахункова (б) електричні схеми пристрою

Визначимо фазні напруги (1) через лінійні напруги (2) пристрою

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

$$\begin{aligned} \dot{U}_c &= \frac{(a \cdot \dot{U}_1 + a^2 \cdot \dot{U}_2) Y_a - (a^2 \cdot \dot{U}_1 + a \cdot \dot{U}_2) Y_b}{Y_a + Y_b + Y_c} = \\ &= \frac{\dot{U}_1 \cdot (a \cdot Y_a - a^2 \cdot Y_b) + \dot{U}_2 \cdot (a^2 Y_a - a \cdot Y_b)}{Y_a + Y_b + Y_c}. \end{aligned} \quad (4)$$

Якщо прийняти $(Y_b - a \cdot Y_c) = 0$ та $(a^2 \cdot Y_a - a \cdot Y_b) = 0$, то з (3), (4)

$$\dot{U}_a = \dot{U}_2 \frac{(Y_b - a^2 \cdot Y_c)}{Y_a + Y_b + Y_c}; \quad \dot{U}_c = \dot{U}_1 \frac{(a \cdot Y_a - a^2 \cdot Y_b)}{Y_a + Y_b + Y_c}. \quad (5)$$

Таким чином, напруга фази «а» пристрою містить тільки симетричну складову зворотної послідовності (покази вольметра V2), напруга фази «с» містить тільки симетричну складову прямої послідовності (покази вольметра V1) [4, 5].

Умовою фільтру симетричних складових [6] є $Y_a = Y_c = a^2 \cdot Y_b$; якщо провідність фази «в» $Y_b = j\omega C$ (де ω – кругова частота), тоді

$$Y_a = Y_c = a^2 \cdot j\omega C = g - jb_L, \quad (6)$$

де активна провідність котушок визначається за рівнянням

$$g = \frac{r_a}{z^2} = \frac{\sqrt{3} \cdot \omega C}{2}, \quad (7)$$

якщо квадрат повного опору котушки $z^2 = r^2 + (\omega L)^2$.

Реактивна провідність котушки

$$b_L = \frac{\omega L}{z^2} = \frac{\omega C}{2}. \quad (8)$$

Співвідношення опорів котушки і конденсатора в пристрої: активний опір котушки

$$r = \frac{z^2 \cdot \sqrt{3} \cdot \omega C}{2}, \quad (9)$$

індуктивний опір котушки

$$\omega L = \frac{z^2 \cdot \omega C}{2}. \quad (10)$$

Співвідношення активного і реактивного опорів котушки

$$\frac{r}{\omega L} = \sqrt{3}.$$

Запропонований пристрій можна використовувати в якості фільтра напруги прямої і зворотної послідовності в разі дотримання співвідношення активного, індуктивного і ємнісного опорів при основній частоті мережі.

Список літератури:

1. Попова І.О. Ресурсозберігаючий пристрій захисту від несиметричних режимів асинхронних двигунів двигуна / І.О. Попова, О.В. Мінкін // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Вітчизняна наука на зламі епох: проблеми та перспективи розвитку», 17 листопада 2018 року Переяслав-Хмельницький державний педагогічний університет імені Григорія Сковороди. Технічні науки. Транспорт: 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 І Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. пам'яті В.В. Овчарова: зб. тез доповідей. Мелітополь, 2020. С. 18-19.

3. Попова І.О., Попядухін 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 (41). DOI: 10.31388/2220-8674-2019-1-41.

4. Иваница М.А. Расчет фильтра напряжения обратной последовательности // Механизация и электрификация животноводства, растениеводства. № 4, 2010. С. 28-30.

5. 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.

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