

**МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА
ІНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦІЯ**

**«ТЕНДЕНЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ
НАУКИ І ОСВІТИ
В УМОВАХ ГЛОБАЛІЗАЦІЇ»**



ВИПУСК 108

31 серпня 2024 р.

м. Переяслав

УНІВЕРСИТЕТ ГРИГОРІЯ СКОВОРОДИ
В ПЕРЕЯСЛАВІ

Рада молодих учених університету

Матеріали
Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції
**«ТЕНДЕНЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ
НАУКИ І ОСВІТИ В УМОВАХ ГЛОБАЛІЗАЦІЇ»**

31 серпня 2024 року

Вип. 108

Збірник наукових праць

Переяслав – 2024

УДК 001+37(100)
ББК 72.4+74(0)
Т 33

Матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації»: Зб. наук. праць. Переяслав, 2024. Вип. 108. 137 с.

ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР:

Коцур В. П. – доктор історичних наук, професор, академік НАПН України

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Воловик Л. М. – кандидат географічних наук, доцент

Гузун А. В. – кандидат біологічних наук, доцент

Євтушенко Н. М. – кандидат економічних наук, доцент

Кикоть С. М. – кандидат історичних наук (відповідальний за випуск)

Носаченко В. М. – кандидат педагогічних наук, доцент

Руденко О. В. – кандидат психологічних наук, доцент

Садиков А. А. – кандидат фізико-математичних наук, доцент (Казахстан)

Скляренко О. Б. – кандидат філологічних наук, доцент

Халматова Ш. С. – кандидат медичних наук, доцент (Узбекистан)

Юхименко Н. Ф. – кандидат філософських наук, доцент

Збірник матеріалів конференції вміщує результати наукових досліджень наукових співробітників, викладачів вищих навчальних закладів, докторантів, аспірантів, студентів з актуальних проблем гуманітарних, природничих і технічних наук

Відповідальність за грамотність, автентичність цитат, достовірність фактів і посилань несуть автори публікацій

©Університет Григорія Сковороди
в Переяславі

©Рада молодих учених університету

**ТЕХНІЧНІ НАУКИ. ТРАНСПОРТ /
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. ТРАНСПОРТ**

УДК 631.37:621.313.13

*Ірина Попова, Анастасія Кот
(Запоріжжя, Україна)*

**ВИЗНАЧЕННЯ СПІВВІДНОШЕНЬ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ
ПЕРВИННОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА НАПРУГИ**

У статті досліджено можливість використання схемного рішення фільтру симетричних складових, який складається з двох лінійних індуктивних котушок без феромагнітних осердь з однаковими параметрами (активним опором та індуктивністю) і конденсатора в якості первинного перетворювача напруги лінійних напруг прямої і зворотної послідовностей. Для розрахунку несиметричного режиму трифазних кіл застосовано спеціальний метод розрахунку – метод симетричних складових. Аналітичним розрахунком доведено, що досліджуваний фільтр симетричних складових може бути використане в якості первинного перетворювача лінійних напруг зворотної послідовності. Визначені співвідношення між активним і реактивним індуктивним опорами індуктивної котушки і ємністю конденсатора у фільтрі симетричних складових.

Ключові слова: *симетричні складові, фільтр, лінійні напруги, параметри, активний опір, індуктивність, ємність, котушка, конденсатор*

В сучасних обставинах воєнного стану в Україні, значного пошкодження енергогенеруючого обладнання і розподільчої електромережі, несиметричний режим є звичайним робочим режимом сільської електромереж 0,38/0,22 кВ [1, с.178]. В умовах несиметрії напруги різко погіршуються техніко-економічних характеристик пристроїв, включених у електромережу, погіршується експлуатаційна надійність і терміну роботи електродвигунів. Зростають додаткові втрати у лініях 0,38 кВ, розподільних і споживчих силових трансформаторах напруги: ці втрати складають 4% від всієї електроенергії, що споживає сільське господарство [2, с. 18].

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 [3, с. 112, 4, с. 23].

Показники якості електроенергії нормуються міжнародним стандартом 13109-97. При дотриманні стандарту досягається безпечність електроспоживання, ресурсо- та енергозбереження, зниження витрат на паливо, зменшується навантаження на обладнання, що використовується при генеруванні додаткових невиробничих потужностей [5, с. 99].

Найбільш простими пристроями надійного контролю і діагностування несиметричних режимів трифазної напруги є датчики напруги, побудовані на базі симетричних складових напруги, 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 [6, с. 45]. При порушенні симетричного режиму трифазної системи, наприклад в наслідок несиметричних коротких замикань, в повних фазних напругах споживачів, наряду з напругою прямої послідовності, з'являються складові напруги зворотної та нульової послідовностей.

Параметри складових первинного перетворювача напруги, тобто елементів фільтрів напруги визначаються таким чином, щоб виділити ту, чи іншу симетричну складову напруги. Це дає можливість виконати захист, що буде реагувати на появу даних симетричних складових напруг [7, с. 362; 9]. Дослідимо та визначимо співвідношення параметрів елементної бази первинного перетворювача напруги (рис. 1а), який складається з двох котушок з однаковими параметрами і конденсатора.

Фазні напруги первинного перетворювача напруги (фільтру) у фазах *a* і *c* (рис. 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

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

$$\dot{U}_c = \frac{\dot{U}_{ca} \cdot Y_a + \dot{U}_{cb} \cdot Y_b}{Y_a + Y_b + Y_c}, \quad (2)$$

де $\dot{U}_{ab}, \dot{U}_{cb}, \dot{U}_{ca}$ – комплекси лінійних несиметричних напруг на затискачах схемного рішення, В;

Y_a, Y_b, Y_c – комплекси повних провідностей фаз схемного рішення (рис.1б), См.

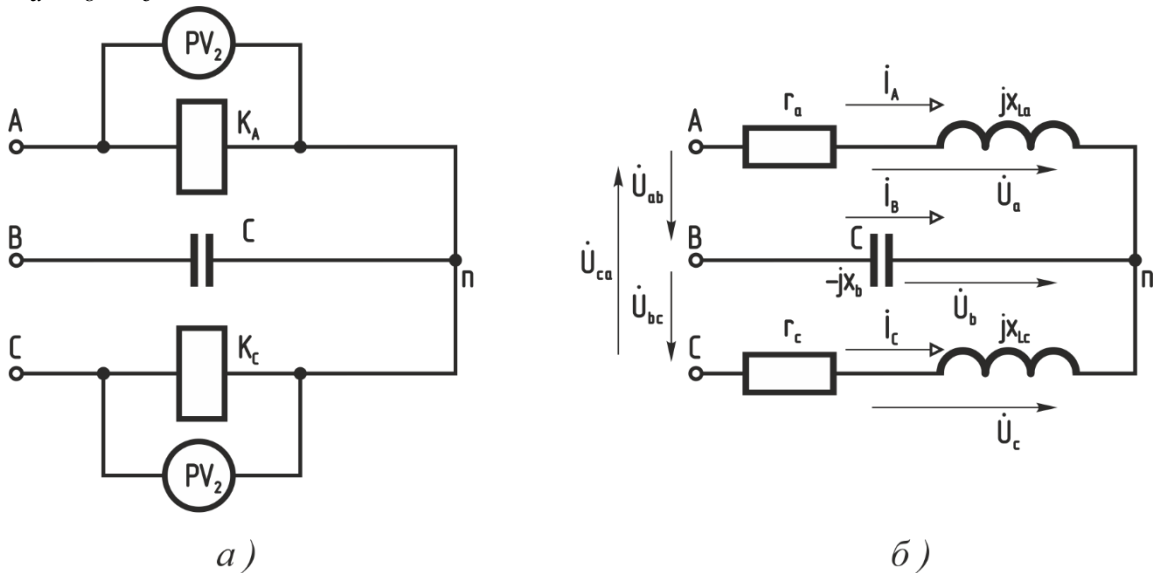


Рис. 1. Принципова (а) і розрахункова (б) схеми первинного перетворювача напруги

Фільтр симетричних складових (рис.1) з'єднано зіркою, тому лінійні напруги при з'єднанні зіркою не містять складової напруги нульової послідовності. Тоді представимо комплекси лінійних напруг первинного перетворювача напруги системою рівнянь через симетричні складові несиметричної лінійної напруги

$$\begin{cases} \dot{U}_{ab} = \dot{U}_{ab1} + \dot{U}_{ab2} = \dot{U}_1 + \dot{U}_2; \\ \dot{U}_{bc} = a^2 \cdot \dot{U}_{ab1} + a \cdot \dot{U}_{ab2} = a^2 \cdot \dot{U}_1 + a \cdot \dot{U}_2; \\ \dot{U}_{ca} = a \cdot \dot{U}_{ab1} + a^2 \cdot \dot{U}_{ab2} = a \cdot \dot{U}_1 + a^2 \cdot \dot{U}_2, \end{cases} \quad (3)$$

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

Визначимо фазні напруги (1), (2) через лінійні напруги (3) первинного перетворювача напруги фільтру симетричних складових

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

$$\begin{aligned}\dot{U}_c &= \frac{(a \cdot \dot{U}_1 + a^2 \cdot \dot{U}_2) Y_a - (a^2 \cdot \dot{U}_1 + a \cdot \dot{U}_2) Y_g}{Y_a + Y_g + Y_c} = \\ &= \frac{\dot{U}_1 \cdot (a \cdot Y_a - a^2 \cdot Y_g) + \dot{U}_2 \cdot (a^2 Y_a - a \cdot Y_g)}{Y_a + Y_g + Y_c}.\end{aligned}\quad (5)$$

Якщо прийняти $(Y_g - a \cdot Y_c) = 0$ та $(a^2 \cdot Y_a - a \cdot Y_g) = 0$, то з (4), (5)

$$\dot{U}_a = \dot{U}_2 \cdot \frac{(Y_b - a^2 \cdot Y_c)}{Y_a + Y_b + Y_c};\quad (6)$$

$$\dot{U}_c = \dot{U}_1 \cdot \frac{(a \cdot Y_a - a^2 \cdot Y_b)}{Y_a + Y_b + Y_c}.\quad (7)$$

Таким чином, напруга фази «а» первинного перетворювача напруги містить тільки симетричну складову зворотної послідовності (покази вольтметра V2), напруга фази «с» містить тільки симетричну складову прямої послідовності (покази вольтметра V1) [1, с. 182; 8, с. 194].

Умовою фільтру симетричних складових [2, с. 19] є $Y_a = Y_c = a^2 \cdot Y_g$; якщо провідність фази «г» $Y_g = j\omega C$ (де ω – кругова частота), тоді

$$Y_a = Y_c = a^2 \cdot j\omega C = g - jb_L,\quad (8)$$

де активна провідність котушок визначається за рівнянням

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

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

Реактивна провідність котушки

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

Співвідношення опорів котушки і конденсатора в пристрої: активний опір котушки

$$r = \frac{z^2 \cdot \sqrt{3} \cdot \omega C}{2},\quad (11)$$

індуктивний опір котушки

$$\omega L = \frac{z^2 \cdot \omega C}{2}.\quad (12)$$

Співвідношення активного і реактивного опорів котушки

$$\frac{r}{\omega L} = \sqrt{3}.\quad (13)$$

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

ДЖЕРЕЛА ТА ЛІТЕРАТУРА

1. Попова І.О., Чаусов С.В. Дослідження схемного рішення первинного перетворювача напруги для застосування в якості фільтра лінійних несиметричних напруг. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: наукове фахове видання* / гол. ред. д.т.н. В.М. Кюрчев. Запоріжжя: ТДАТУ, 2023. Вип. 23, т.2. С.177-185. doi: 10.31388/2078-0877-2023-23-2-177-185.
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. Маков Д.К., Поворознюк Н.І., Виноградов Ю.М., Услонцев А.Б. Підвищення точності вимірювання несиметрії трифазної напруги. *Вісник НТУ «ХП»*. Тематичний випуск: *Інформатика і моделювання*. Харків: НТУ «ХП». 2010. № 21. С.111-116.
4. Pavlenko T., Shavkun V., Petrenko A. Ways to improve operation reliability of traction electric motors of the rolling stock of electric transport. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. № 5(8 (89)). P. 22–30. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.112109>.
5. Pakkawe S, Hayamin V., Chaiyapon D., Thongchaisuratkrul G. Effects of Induction Motor Using Unbalance Voltage. *International Journal of the Computer, the Internet and Management*. 26(3), 2018. PP.98-103.
6. 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.
7. Kurashkin S., Popova I., Popryaduhin V.S., Kovalov O.V. Mathematical model of asynchronous motor diagnosis. *Science progress in European countries: new concepts and modern solutions*. Proceedings of the 6th International conference. ORT Publishing, Stuttgart, Germany. 2019. PP. 361-366.
8. 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 (41). doi: 10.31388/2220-8674-2019-1-41.

