

різних способів орієнтоване на випробування тільки одного з типів електродвигуна.

Тому створення способу, технічного пристрою, здатного проводити діагностику будь-яких типів електричних машин, враховувати їх особливості, з метою зниження часу простою промислового агрегату, де крім асинхронних машин можуть бути діагностовані синхронні та генератори і двигуни постійного струму.

Висновки. Зі сказаного випливає, що завдання оптимізації контрольованих параметрів краще проводити відповідно до рекомендацій розробників міжнародних стандартів ISO, але з урахуванням специфічного стану обладнання і якості підготовки обслуговуючого обладнання персоналу.

Список використаних джерел

1. Пястолов А.А. Єрошенко Г.П. Експлуатація електрообладнання / Агропроменерго, 1990 – С. 287
2. Бевз В.В. Розвиток механізму енергозбереження на підприємствах харчової промисловості / В. В. Бевз // Вчені записки: зб. наук. праць. – К. : КНЕУ, 2011. – № 13. – С. 169-173.

Науковий керівник: *Перова Н.П., викладач ЦК № 4 «Загальнотехнічної підготовки та електричної інженерії», ДВНЗ "Мелітопольський промислово-економічний коледж"*

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ДАТЧИКА НЕСИМЕТРІЇ НАПРУГ МЕРЕЖІ

Іванов М.В., ivanov.maksus@gmail.com,

Щербаков С.В., sherbak16032000@gmail.com

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

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 вразливою частиною асинхронного двигуна (АД) є його обмотка статора. 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 підбираються у таких співвідношеннях, таким чином, щоб на елементах схеми отримати (виділити) ту, чи іншу симетричну складову напруги [2, 3].

Дослідимо схемне рішення датчика на можливість використання (рисунок 1) в якості датчика несиметричної напруги мережі.

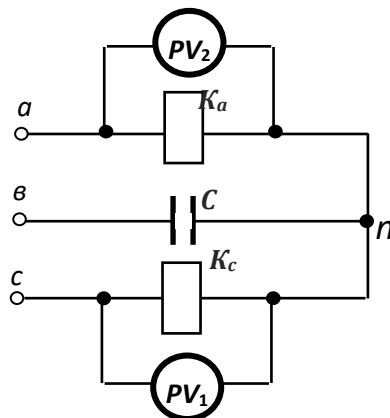


Рисунок 1 – Принципова схема датчика несиметрії напруги

В електричній принциповій схемі передбачені дві котушки з однаковими параметрами і конденсатор. Доведемо, що це схемне рішення може бути фільтром напруги прямої і зворотної послідовностей, а схемне рішення – датчиком несиметричної напруги мережі.

Складемо розрахункову схему датчика несиметрії напруги (рисунок 2). Кожна котушка має активний і індуктивний опір, відповідно мають параметри: активний опір та індуктивність. Вважаємо, що конденсатор ідеальний, тобто у нього є ємнісний реактивний опір або параметр ємність. Визначимо покази вольтметрів, які включені у фазах *a* і *c* схемного рішення датчика напруги.

Фазні напруги датчика у фазах *a* і *c* (рисунок 2), згідно прийнятих на розрахунковій схемі позначень і при умові, якщо $r_a = r_c$, $x_a = x_c$, комплексів фазних провідностей Y_a , Y_b , Y_c при несиметричній системі лінійних напруг кола, визначаються за рівняннями

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

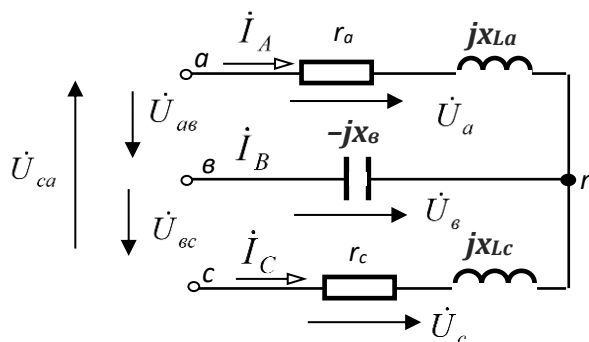


Рисунок 2 – Розрахункова схема датчика

Згідно властивостей симетричних складових напруги лінійні напруги при з'єднанні схеми зіркою не містять складової напруги нульової послідовності. Тоді представимо комплекси лінійних напруг датчика системою рівнянь через симетричні складові несиметричної лінійної напруги трифазної системи мережі, прийняв за першу і другу симетричні складові лінійну напругу U_{ab} АД

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

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

Згідно формул Визначимо фазні напруги (1) через лінійні напруги (2) датчика

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

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

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» датчика містить тільки симетричну складову зворотної послідовності (покази вольтметра V2), напруга фази «с» містить тільки симетричну складову прямої послідовності (покази вольтметра V1) [4, 5].

Умовою роботи датчика в якості фільтру симетричних складових [6] є співвідношення провідностей фаз «а» і «с» до провідності фази «в» $Y_a = Y_c = a^2 \cdot Y_b$; якщо провідність фази «в» дорівнює $Y_b = j\omega C$, де ω – кругова частота, тоді співвідношення провідностей фаз датчика

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

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 дорівнює $z^2 = r^2 + (\omega L)^2$.

Реактивна провідність котушки знаходиться у співвідношенні до ємнісної провідності конденсатора

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

Співвідношення активного і повного опорів котушки таємнісної провідності конденсатора в пристрої наступні активний опір котушки до ємнісної провідності

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

індуктивний опір котушки до ємнісної провідності конденсатора

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

Співвідношення активного і реактивного опорів котушки

$$\frac{r}{\omega L} = \sqrt{3} . \quad (11)$$

Висновки. Запропонованесхемне рішення можна використовувати в якості датчика напруги прямої і зворотної послідовності в разі дотримання відповідного співвідношення активного, індуктивного і ємнісного опорів при основній частоті мережі.

Література

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 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 (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 несиметрію напруг мережі. /Автореф. дис... кандидата техн. наук. Мелітополь: 2003. 20 с.

Науковий керівник: *Попова І.О., к.т.н., доцент кафедри ЕТЕМ, Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного.*

ОБГРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОГО СХЕМНОГО РІШЕННЯ ПРИБРОЮ ЗАХИСТУ ВІД НЕСИМЕТРИЧНИХ РЕЖИМІВ

Іванов М.В., ivanov.maksus@gmail.com,

Щербаков С.В., sherbak16032000@gmail.com

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

Присутність несиметрії напруг у трифазній мережі характеризується наявністю напруги зворотної і нульової послідовностей. В асинхронних двигунах (АД) напруга зворотної послідовності негативно впливає на основний момент двигуна, створює протидіючий обертовий момент, наводить у роторі електрорушійну силу подвійної частоти, що в кінцевому випадку призводить до несиметрії струмів, а струм зворотної послідовності призводить до додаткового нагрівання обмоток статора і ротора АД, що призводить до швидкого старіння ізоляції та скорочення терміну використання двигуна. Пристрої контролю та захисту АД є чутливими до змін струму в колах живлення. Струмові перевантаження, що викликані несиметрією трифазної мережі, призводять до вимикання АД в момент запуску та при пікових перевантаженнях.

При аналізі показників якості електричної енергії й енергозбереження, особливостей роботи асинхронного електроприводу при несиметричних режимах встановлено, що наряду з нормативними показниками несиметрії напруги мережі (коефіцієнти несиметрії напруги за зворотною та нульовою послідовностями) та відхилення напруги мережі, при розробці захисного пристрою при несиметрії напруги мережі необхідно враховувати такі електричні складові, як: споживана активна потужність, значення фазних струмів, симетричні складові напруги прямої та зворотної послідовностей [1]. Відхилення від показників якості електроенергії призводить до зростання споживання активної і реактивної потужності, зростання втрат активної енергії та зниження коефіцієнта потужності енергосистеми.

Проведений аналіз діагностуючих пристроїв асинхронного двигуна при несиметричних режимах, захистів по струму (максимальному, мінімальному, нульової послідовності і теплової дії), по напрузі (прямої, зворотної і нульової послідовностей) та неповнофазних режимів роботи в наслідок обриву фази або нульового проводу, по температурі (обмотки статора, сталі статора або корпусу) дозволили зробити такі висновки, що: