

ТРИФАЗНО-ОДНОФАЗНИЙ АСИНХРОННИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД З БАГАТОЕЛЕМЕНТНИМ ЄМНІСНИМ ФАЗОЗМІЩУЮЧИМ МОДУЛЕМ

Запропоновано схему трифазно-однофазного асинхронного електроприводу з триелементним фазозміщуючим модулем, що дозволяє отримати симетричний режим у широкому діапазоні зміни навантаження.

Предложена схема трехфазно-однофазного асинхронного электропривода с трехэлементным фазосмещающим модулем, позволяющая получить симметричный режим в широком диапазоне изменения нагрузки.

ВСТУП

В трифазних асинхронних двигунах (АД), що живляться від однофазної мережі через одноелементний фазозміщуючий модуль (трифазно-однофазний електропривод (ЕП)) симетричну систему напруг на фазних обмотках АД можливо отримати тільки при одному значенні коефіцієнту потужності $\cos\varphi$ (при $\cos\varphi = 0,5$ для схеми Штейнметца, при $\cos\varphi = 0,707$ для послідовно-паралельної схеми). При інших значеннях коефіцієнту потужності симетричну систему отримати принципово неможливо. Для роботи при інших значеннях коефіцієнту потужностей ємність фазозміщуючого конденсатора вибирають з умов отримання мінімуму струмів зворотної послідовності або мінімуму коефіцієнта несиметрії [1]. При цьому, однак, втрати в АД будуть більшими, ніж в симетричному режимі, і можуть перевищувати допустимі, особливо поблизу холостого ходу при виборі величини ємності конденсатора з умов мінімуму коефіцієнта несиметрії при номінальному навантаженні. При роботі трифазно-однофазного ЕП в широкому діапазоні зміни навантажень виникає необхідність регулювати або ємність фазозсуваючого конденсатора, або напругу живлення ЕП. Хоча навіть в цьому разі ККД двигуна буде меншим, ніж в симетричному режимі.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

В трифазно-однофазних електроприводах з триелементним фазозміщуючим модулем (рис. 1) можливо отримати симетричну систему фазних напруг в діапазоні зміни коефіцієнту потужності обмотки $\cos\varphi = 0,5-0,88$, що відповідає зміні коефіцієнту потужностей АД загальнопромислового призначення малої потужності (приблизно до 1-4 кВт в залежності від кількості пар полюсів) при симетричному трифазному живленні в діапазоні зміни навантаження 20-120 % від номінального.

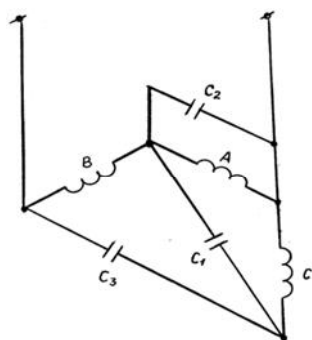


Рис. 1 Схема трифазно-однофазного ЕП з триелементним фазозміщуючим модулем

Табл. 1 показує залежність ємностей конденсаторів $C1, C2, C3$, що забезпечують симетричний режим, від коефіцієнту потужності для двигуна 4А71А2. З табл. 1 видно, що при коефіцієнті навантаження $\cos\varphi = 0,5$ (мале навантаження $M/M_n = 25\%$) ця схема вироджується в схему Штейнметца, тобто $C2 = 0$ і $C3 = 0$.

Таблиця 1

Значення оптимальних ємностей фазозсуваючих конденсаторів

| $M/M_n, \%$ | 25 | 62 | 100 |
|-----------------------------|-----|------|------|
| $\cos\varphi, \text{ в.о.}$ | 0,5 | 0,78 | 0,87 |
| $C1, \text{ мкФ}$ | 24 | 49 | 63 |
| $C2, \text{ мкФ}$ | 0 | 26 | 36 |
| $C3, \text{ мкФ}$ | 0 | 18 | 24 |

Взагалі, симетричний режим в запропонованій схемі можна забезпечити при будь-якому навантаженні, що відповідає коефіцієнтам потужностей, які лежать у вказаному діапазоні. Але для цього ємності всіх трьох фазозсуваючих конденсаторів повинні неперервно змінюватись за нелінійним законом. Тому, через складність технічної реалізації неперервного регулювання ємностей конденсаторів, доцільно обмежитись дискретним регулюванням з декількома ступенями регулювання ємностей.

Пропонується [2] схема трифазно-однофазного електроприводу з триелементним фазозміщуючим модулем з дискретним триступеневим регулюванням ємностей конденсаторів, при застосуванні якої ККД АД в діапазоні 20-120 % від номінального навантаження не знижується більше ніж на 3 % від ККД того ж АД при симетричному навантаженні, а в трьох точках режим роботи АД є повністю симетричним.

На рис. 2 приведені залежності ККД двигуна від момента при його включенні по схемі рис. 1 при триступеневому керуванні ємністю симетруючих конденсаторів, в якій в кожному з трьох діапазонів зміни навантаження існує точка зрівноваженого режиму. Режим низького навантаження відповідає навантаженню від 0 до 58 %. Цьому режиму відповідає нижній ступінь багатоелементного фазозміщуючого модуля з дискретним триступеневим регулюванням ємностей його плечей. Режим середнього навантаження відповідає навантаженню від 50 до 88 %. Цьому режиму відповідає середній ступінь фазозміщуючого модуля. Режим великого навантаження відповідає навантаженню вище 80 %. Цьому режиму відповідає верхній ступінь фазозміщуючого модуля. З метою недопущення неоднозначності при керуванні схемою

включення на межах режимів вибрана зона гістерезису шириною 8 % від номінального навантаження.

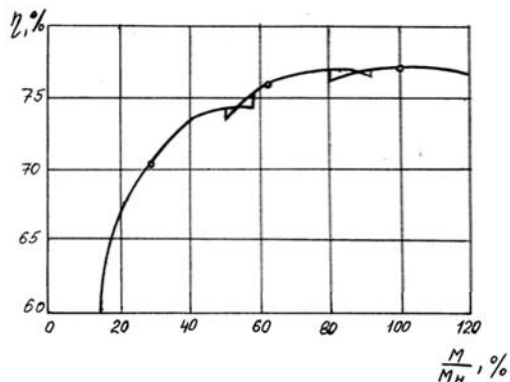


Рис. 2 Залежність ККД від навантаження

Розглянута схема трифазно-однофазного електроприводу забезпечує симетричний режим при трьох значеннях навантаження: при 100 %, при 62 % та при 25 %. При цих значеннях навантаження двигун має такі ж самі характеристики, що і при трифазному симетричному включенні. При всіх інших навантаженнях має місце несиметричний режим з додатковими втратами від струмів зворотної послідовності. Зменшення ККД за рахунок втрат від струмів зворотної послідовності не перевищує 3 %. Найбільш суттєво втрати від струмів зворотної послідовності виражені при 50 % навантаження.

Перемикання ступенів відбувається за допомогою керуючого пристрою, що включає в себе датчики тих фазних напруг і струмів, що є найбільш чутливими до зміни навантаження, мікропроцесорний пристрій, що визначає за показами датчиків необхідний ступінь фазозсуваючого модуля, та напівпровідникових комутаторів.

Значення оптимальних величин ємностей визначались методом математичного моделювання та підбором параметрів фазозсуваючих конденсаторів, що забезпечують симетричний режим. При коефіцієнті навантаження $\cos\varphi = 0,5$ (схема Штейнметца) струм через конденсатор С1 відстає від напруги на обмотці С на 60 ел.град. Умовою вибору оптимальних ємностей при інших коефіцієнтах потужності залишається забезпечення фазового зсуву між струмом через конденсатор С1 та напругою на обмотці С 60 ел.град. Дослідження показали, що при виконанні цієї умови струм через конденсатор С2 буде відставати від напруги на обмотці С на 30 ел.град.

Методика вибору ємностей конденсаторів та кількості ступенів схеми з'єднання силового кола залежить від діапазону навантаження та часу, протягом якого двигун працює з тим чи іншим навантаженням.

Якщо двигун працює більшість часу із навантаженням, що близьке до номінального, достатньо двох чи трьох (пусковий, робочий та холостого ходу) ступенів, при цьому точка зрівноваженого режиму повинна бути в зоні номінального навантаження. Вимоги до пускового ступеня можна обмежити забезпеченням пускового моменту, а вимоги для ступеня при роботі з низьким навантаженням (ступінь холостого ходу) обмежити неперевищенням допустимих втрат в двигуні. Якщо ж двигун працює в широкому діапазоні навантаження, причому час роботи при знижених навантаженнях (20-60 % від номінального), є значним, то тоді необхідно застосовувати три ступені, причому в кожному з них необхідно передбачити точку зрівноваженого режиму.

ВИСНОВКИ

Таким чином, запропонована схема трифазно-однофазного ЕП з триелементним фазозміщуючим модулем з дискретним триступеневим регулюванням ємностей конденсаторів дозволяє отримати в однофазному режимі ККД АД в діапазоні 10-100 % від номінального навантаження не менше, ніж на 3 % від ККД того ж АД при симетричному живленні, а в трьох точках режим роботи АД є повністю симетричним.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Адаменко А.И. Методы исследования несимметричных асинхронных машин. – К.: Наукова думка, 1969. – 356 с.
2. Шуруб Ю.В. Оптимізація трифазно-однофазних асинхронних електроприводів з ємнісними багатоеlementними фазозміщуючими модулями змінної структури // Пр. Ін-ту електродинаміки НАН України: Зб.наук.пр. – К.: ІЕД НАНУ, 2008. – Вип. 20. – С. 39-40.

Bibliography (transliterated): 1. Adamenko A.I. Metody issledovaniya nesimmetrichnyh asinhronnyh mashin. - K.: Naukova dumka, 1969. - 356 s. 2. Shurub Yu.V. Optimizaciya trifazno-odnofaznih asinhronnih elektropriwodiv z emnisnimi bagatoelementnimi fazozmischuyuchimi modulyami zminnoi strukturi // Pr. In-tu elektrodinamiki NAN Ukraini: Zb.nauk.pr. - K.: IED NANU, 2008. - Vip. 20. - С. 39-40.

Надійшла 05.10.2010

Шуруб Юрій Вікторович, к.т.н.
Інститут електродинаміки НАН України
03680, Київ, пр. Перемоги, 56
тел. (044) 454-26-37

Shurub Yu.V.

A three-one phase induction electric drive with a multiple-unit capacitor phase-shifting modules.

A circuit design of a three-one phase induction electric drive with a three-element phase-shifting module is introduced to provide symmetrical conditions in a wide load range.

Key words – induction motor, electric drive, phase-shifting module, symmetrical conditions.