

Національний університет «Львівська політехніка»
Спеціальне конструкторське бюро електромеханічних систем

ТРИФАЗНИЙ СИНХРОННИЙ ДВИГУН З ПОСТІЙНИМИ МАГНІТАМИ ЯК ОБ'ЄКТ КЕРУВАННЯ

Викладено погляд на трифазний двигун з постійними магнітами як на об'єкт керування, пов'язаний з роботою драйверів статорних обмоток. Розглянуті модель синхронного двигуна з постійними магнітами з певними припущеннями.

Изложен взгляд на трёхфазный двигатель с постоянными магнитами как на объект управления, связанный с работой драйверов статорных обмоток. Рассмотрена модель синхронного двигателя с постоянными магнитами при определенных допущениях.

The three-phase motor with permanent magnets was reviewed as the controlling object related to stator windings drivers. A model of a synchronous motor with permanent magnets, under certain assumptions is considered.

Перехід на цифрові системи керування електромеханічними системами сприяє появі нових принципів керування трифазними синхронними двигунами з постійними магнітами, які разом з системою керування статорними обмотками (драйверами) становлять безконтактний двигун постійного струму (БДПС). Для реалізації ефективного закону керування, зокрема з використанням мікроконтролерів, в системах електроприводу необхідно розглянути такий трифазний двигун як об'єкт керування з врахуванням поведінки його драйвера [1,3].

Математичний опис процесів у синхронних двигунах з постійними магнітами відомий [3, 4]. Такі моделі достатньо детальні, але в окремих випадках, наприклад, при аналізі систем керування, така деталізація є надлишковою. Звести математичний опис системи "трифазний синхронний двигун з постійними магнітами" – "драйвер статорних обмоток" до простішого вигляду можна шляхом переходу до області комплексних чисел [1].

Вихідна напруга драйвера, яка прикладається до статорних обмоток, описується фіксованими значеннями вектора напруги, зсунутими між собою за фазою на 60 ел. град. (рис. 1).

Показане на рис. 1 векторне подання фазної напруги замість звичної трифазної системи реалізується використанням відомої комплексної змінної $a = e^{j\frac{\pi}{3}}$, яка дає змогу простими засобами описати фіксовані (через 60 ел. град.) значення кута повороту прикладеного до статора вектора напруги живлення від драйвера [2]. У цьому випадку кожне з шести поточних дискретних значень вектора напруги живлення описуватиметься виразом $\vec{E} = E_\phi \cdot a^k$, де $k = 0, \dots, 5$ – змінна, що визначає поточні номери фіксованого положення вектора напруги.

© Мороз В. І., Снітков І. Ф., 2011

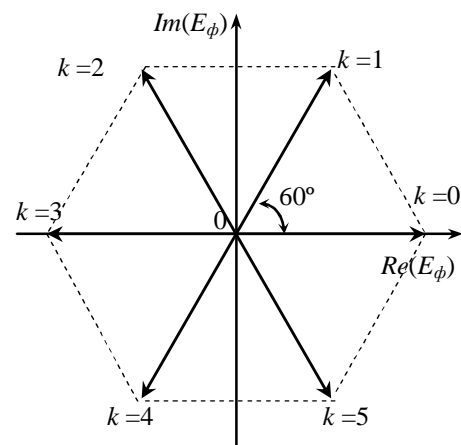


Рис. 1. Фіксовані значення вектора фазних напруг драйвера БДПС в області комплексних чисел

Значення змінної k визначається із залежності $k = \text{int}\left(\left(\arg\left(e^{j(\omega_r t - \pi)}\right) + \pi\right) \cdot \frac{6}{2\pi}\right)$, де ω_r – задана частота обертання вектора фазної напруги.

При розгляді моделі трифазного синхронного двигуна з постійними магнітами як складової частини безконтактного двигуна постійного струму прийняті такі допущення:

- магнітна індукція під полюсами двигуна має трапецієвидну форму, що дає змогу вважати сталу двигуна за ЕРС C_e постійною протягом усього часу комутації статорних обмоток;
- наявний достатньо великий повітряний проміжок між полюсами статора і магнітами ротора, що дає право вважати взаємні індуктивності та індуктивності розсіювання статорних обмоток постійними і незалежними від кута повороту ротора ϕ ;
- пульсації моменту є незначними і з достатньою точністю описуються синусоїдальним законом.

Використання спрощень [2, 4] дає змогу записати рівняння, що описують контрольовані координати (струм статора і кутову швидкість ротора) електроприводу зі синхронним двигуном у випадку живлення від драйвера у скалярній формі

$$\begin{cases} T_f \frac{di_s}{dt} + i_s = \frac{E_\phi - C_e \cdot \omega}{R_f}; \\ J_\Sigma \frac{d\omega}{dt} = C_m \cdot \cos(\Theta) \cdot i_s - M_c, \end{cases}$$

де T_f – електромагнітна стала часу статорної обмотки двигуна; i_s – струм статорної обмотки двигуна; ω – кутова швидкість ротора двигуна; E_ϕ – фазна (вихідна) напруга драйвера статорної обмотки; R_f – активний опір статорної обмотки двигуна; C_e – стала двигуна за ЕРС; C_m – стала двигуна за моментом;

Θ – кут зсуву магнітного потоку ротора від точки максимального електромагнітного моменту;

J_Σ – сумарний момент інерції системи; M_c – момент статичного навантаження двигуна.

Суттєвим моментом у пропонованому описі є врахування фазного зсуву між магнітними потоками статора і ротора синхронного двигуна. Кут повороту ротора ϕ знаходиться з відомої залежності

$\phi = \int_0^t \omega(t) dt$. Це, своєю чергою, дає змогу знайти кут

Θ_M між вектором напруги, прикладеної до статора двигуна, і поточним значенням кута повороту ротора:

$$\Theta_M = \arg(\vec{E}_\phi - e^{j\phi}).$$

Отримане значення кута зсуву Θ_M дає змогу провести корекцію поточного значення сталої двигуна за моментом C_m в залежності від положення ротора.

Запропонований опис трифазного синхронного двигуна з постійними магнітами при живленні статорної обмотки від спеціалізованого драйвера дає змогу:

- простими засобами врахувати дискретний характер живлення статора синхронного двигуна;
- спростити комп'ютерний аналіз систем керування, що використовують синхронні двигуни з постійними магнітами з живленням від напівпровідникових драйверів;
- застосування області комплексних чисел дає змогу зробити опис процесів в електроприводі наочнішим.

Список використаної літератури

1. Завгородній В. Д. Узагальнена математична модель драйверів трифазних електронно-керованих двигунів у різних системах координат / В. Д. Завгородній // Вісн. НТУ "ХПІ". Зб. Наук. праць. Тематич. вип. Проблеми вдосконалення електричних машин і апаратів. Теорія і практика. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2001. – № 17. – С. 65-69.

2. Коршунов А. Упрощенная математическая модель синхронного двигателя с возбуждением постоянными магнитами / А. Коршунов // Силовая электроника. – 2008. – № 2. – С. 48-52.

3. Математична модель драйвера електронно-керованих виконавчих двигунів магнітоелектричного збудження за експериментальними даними / В. Д. Завгородній, І. Ф. Снітков, В. І. Черніков, Б. М. Харчишин // Вісн. НТУ "ХПІ". Зб. Наук. праць. Тематич. Вип.. Проблеми вдосконалення електричних машин і апаратів. Теорія і практика. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2001. – № 16. – С. 81-83.

4. Овчинников И. Е. Вентильные электрические двигатели и привод на их основе (малая и средняя мощность) / И. Е. Овчинников: Курс лекций. – СПб.: КОРОНА-Век, 2006. – 336 с.

Отримано 11.07.2011



Мороз Володимир Іванович,
д-р техн. наук, проф.
каф. ел.приводу Нац. ун-ту
«Львівська політехніка»,
79013, м. Львів,
вул. Ст. Бандери, 12
сл. тел. (032)-258-26-20
E-mail: vmoroz@lp.edu.ua



Снітков Ігор Філатович,
зав. лаб. НДЛ-68 СКБ ЕМС
Нац. ун-ту «Львівська
політехніка»,
79000, м. Львів,
вул. Акад. Колесси, 2
сл. тел. (032)-258-24-41
E-mail: snt68@polynet.lviv.ua