

УДК 621.311

О.О. Ручка, О.О. Ніколаєв

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

ВЕКТОРНЕ УПРАВЛІННЯ ЧАСТОТНО-РЕГУЛЬОВАНОГО АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

В статті розглянуті варіанти частотно-струмового векторного управління.

Ключові слова: *електропривод, асинхронний двигун, векторне управління, потокозчеплення, складовий струму.*

Вступ

Векторне управління частотно-регульованого асинхронного електроприводу пов'язане як із зміною частоти і поточних значень змінних АД, так і з взаємною орієнтацією їх векторів в полярній або декартовій системах координат. Регулюванням амплітудних значень змінних і кутів між їх векторами реалізується повне управління АД як в статичі, так і в динаміці, забезпечуючи тим самим помітне поліпшення якості перехідних процесів в порівнянні з скалярним управлінням.

Інформація про поточні значення і просторове положення векторів змінних АД може бути отримана як прямим їх вимірюванням за допомогою відповідних датчиків, так і побічно на основі математичної моделі АД. Конфігурація і складність такої моделі визначаються технічними вимогами до електроприводу. У загальному випадку подібні системи з непрямим регулюванням координат електроприводу із-за нестабільності параметрів АД і складному їх взаємозв'язку поступаються за своїми статичними і динамічними показниками системам з прямим векторним управлінням. При складності обчислювальних операцій і алгоритмів управління електроприводом гідність систем з непрямим регулюванням в простоті технічних рішень і, відповідно, в практичній надійності.

Основний розділ

При векторному управлінні АД може житись як від джерела напруги, так і джерела струму. Варіант частотно-струмового векторного управління є найбільш поширеним, оскільки при регулюванні струму незалежно від частоти живлення АД забезпечується регулювання і його моменту. Це не тільки спрощує схему управління, але і одночасно обмежує перегрів двигуна.

При цьому напруги на обмотках статора АД створюються автоматично залежно від його режиму роботи.

Формування моменту АД можливо дією на абсолютних значення векторів потокозчеплення $\bar{\Psi}_1 \bar{\Psi}_\mu \bar{\Psi}_2$, струмів $\bar{I}_1 \bar{I}_2$.

Аналіз рис. 1, а дозволяє інтерпретувати АД як еквівалентну машину постійного струму. Якщо ротор АД зіставити якору двигуна постійного струму (ДПС), а статори обмотки – обмоткам збудження ДПС, то складова струму статора I_{1x} , синфазна потокозчеплення $\bar{\Psi}_\mu$ інтерпретується як струм збудження ДПС, складова I_{1y} – як струм його компенсаційної обмотки, складова I_{2y} – як поперечна складова поля якора ДПС, складова I_{2x} – як розмагнічуюча подовжня реакція якора.

лення ψ_μ повинен містити контур управління складовою струму статора I_{1x} , еквівалентною струму збудження ДПС. Хоча по своїй функції цей канал і подібний до каналу управління магнітним потоком ДПС, він складніший, оскільки взаємозв'язок модуля ψ_μ , складових струму і напруги статора по осі x характеризується диференціальними рівняннями другого порядку. На цей канал надає вплив і складова струму статора I_{1y} у вигляді трансформаторних ЕРС, пропорційних розсіянню полів статора і ротора.

Важливою особливістю системи управління з опорним вектором потокозчеплення ψ_μ є можливість його прямого вимірювання за допомогою датчиків, встановлених в повітряному зазорі АД.

Подібні системи мають вищі показники якості управління в порівнянні з системами, де використовується непрямий (розрахунковий) шлях визначення сигналів зворотних зв'язків.

У руховому режимі вектор струму статора \bar{I}_1 випереджає вектор $\bar{\Psi}_2$ на кут $\theta = \arctg(L_2\omega_{0n}S_a/R_2)$, його складова $I_{1x} = \Psi_2/L_{12}$ визначає потокозчеплення ротора Ψ_2 , а $I_{1y} = \Psi_2 L_2 \omega_{0n} S_a / L_{12} R_2$ компенсує вплив на нього реакції ротора. Електромагнітний момент АД визначається взаємодією ортогональних складових потокозчеплення ротора $\Psi_2 = \Psi_{2x} = L_{12} I_{1x}$ і струму статора I_{1y} . Таким чином, при стабілізації Ψ_2 , як і при стабілізації ψ_μ , система векторного управління буде подібна до систем управління двигунами постійного струму, де складова I_{1x} струму статора визначає потокозчеплення Ψ_2 АД (магнітний потік ДПС), а складова I_{1y} є миттєвою складовою струму статора (аналогічно струму якоря ДПС).

Векторні діаграми на рис. 1 дозволяють дати фізичну інтерпретацію принципу побудови систем векторного управління АД по аналогії з управлінням машиною постійного струму.

Так в системах управління з орієнтацією вектора потокозчеплення Ψ_2 по осі x за відсутності завдання швидкості АД і статичного навантаження на його валу ($M_c = 0$) система повинна забезпечувати завдання початкового потокозчеплення лише складовою струму статора I_{1x} . При цьому вектор струму статора \bar{I}_1 рівний по модулю струму I_{1x} співпадатиме по напрямку з вектором $\bar{\Psi}_2$ рівним по модулю потокозчепленню Ψ_{2x} . Якщо подібного збігу не відбудеться, то появу складової $I_{1y} \neq 0$ викличе формування електромагнітного моменту $M \neq 0$ і при $M_c = 0$ початок руху валу ротора АД. Тоді за рахунок зворотного зв'язку за (або по ЕРС) швидкістю двигуна система повинна забезпечити фазовий поворот вектора до його збігу з вектором $\bar{\Psi}_2$, при якому електромагнітний момент стане рівним нулю і відбудеться зупинка двигуна. При нерухомому роторі ($f_1 = 0$, $\alpha \omega_{0n} = 0$) і відсутності ста-

тичного навантаження вектор $\bar{\Psi}_2$ буде нерухомим в просторі, а струм I_1 постійним в часі. Система координат x, y також буде нерухомою. Подібний стан АД аналогічно умові подачі постійного струму в обмотку збудження ДПС без підключення його якірного кола до джерела напруги.

Під час вступу сигналу завдання швидкості АД система управління спочатку забезпечує поворот вектора \bar{I}_1 відносно $\bar{\Psi}_2$ і, у результаті, формування електромагнітного моменту $M \neq 0$ і знов при $M_c = 0$ початок руху валу ротора АД. Цей рух відбуватиметься до тих пір, поки реальна швидкість АД не порівняється із заданим значенням. При їх рівності вектор \bar{I}_1 знов встановлюється по напрямку вектора $\bar{\Psi}_2$, а електромагнітний момент рівним нулю. Проте на відміну від попереднього режиму струм статора стає вже змінним в часі, а вектор $\bar{\Psi}_2$ обертається в просторі з швидкістю, пропорційній частоті струму. З тією ж швидкістю обертається і система координат x, y . Тому складові I_{1x} і Ψ_{2x} залишаються на колишньому рівні. АД працює в режимі ідеального холостого ходу з швидкістю, також пов'язаною із заданою частотою струму статора. Подібний стан АД аналогічно режиму ідеального холостого ходу ДПС, коли при постійному його збудженні і $M_c = 0$ якірне коло ДПС підключене до регульованого джерела постійної напруги.

При збільшенні навантаження на валу АД система управління повинна забезпечувати поворот вектора \bar{I}_1 щодо вектора $\bar{\Psi}_2$ так, щоб, по-перше, складова I_{1x} залишалася незмінною, зберігаючи постійність потокозчеплення Ψ_{2x} а, по-друге, складова I_{1y} повинна збільшуватися до значення, при якому електромагнітний момент стане рівним моменту сил опору на валу АД і двигун вийде в сталий режим роботи. На векторній діаграмі рис. 1, б вектор \bar{I}_1 у міру збільшення навантаження ковзатиме по лінії 2, перпендикулярною вектору $\bar{\Psi}_2$. Результуюча складова струмів статора і ротора по осі y створює складову потокозчеплення Ψ_{2y} . При цьому кінець вектора $\bar{\Psi}_\mu$ ковзатиме по прямій 3, також перпендикулярною вектору $\bar{\Psi}_2$. У результаті, при збільшенні навантаження двигуна його потік намагнічення також збільшується, що необхідно брати до уваги при реалізації системи управління приводом із стабілізацією потокозчеплення ротора.

Особливістю систем управління з опорним вектором потокозчеплення Ψ_2 є простіша, ніж з опорним вектором ψ_μ , структура управління. Відповідно до діаграми рис. 1, б вона повинна мати два канали управління: потокозчеплення Ψ_2 і швидкістю двигуна. Канал управління Ψ_2 реалізується двоконтурним:

з внутрішнім контуром управління складовою I_{1x} струму статора та із зовнішнім – по модулю потокозчеплення ротора. Двоконтурним може бути і канал управління швидкістю АД, що включає внутрішній контур управління складовою I_{1y} струму статора і зовнішній – по кутовій швидкості ротора.

Недолік систем з опорним вектором потокозчеплення ротора в тому, що його визначення можливе лише розрахунковим шляхом на основі параметрів АД, як правило, відомих не точно і що змінюються при його роботі

ВИСНОВОК

При стабілізації потокозчеплення ротора (при $\Psi_2 = \text{const}$) механічні характеристики АД подібні до характеристик ДПС незалежного збудження. Оскільки теорія і технічні вирішення замкнених систем управління електроприводом з ДПС незалежного

збудження достатньо апробовані, то зрозуміла привабливість застосування систем векторного управління з управлінням по потоку ротора.

Список літератури

1. Хамудханов М.З. Частотное управление асинхронным электроприводом при помощи автономного инвертора / М.З. Хамудханов. – Ташкент: Изд-во АН УзССР, 1959.
2. Горбань / Р.Н. Современный частотно-регулируемый электропривод / Р.Н. Горбань, А.Т. Янукович; под ред. А.В. Гаврилова. – С-Петербург, СПЭК, 2001.
3. Дартау В.А., Рудаков В.В., Столяров И.М. Асинхронные электроприводы с векторным управлением / В.А. Дартау, В.В. Рудаков, И.М. Столяров. – Л.: Энергоатомиздат, 1987.

Надійшла до редколегії 22.08.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Б.Т. Кононов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

ВЕКТОРНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЧАСТОТНО РЕГУЛИРУЕМОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

А.Е. Ручка, А.А. Николаев

В статье рассмотрены варианты частотно-токового векторного управления.

Ключевые слова: электропривод, асинхронный двигатель, векторное управление, потокозчепление, составляющий тока.

VECTORIAL MANAGEMENT OF FREQUENCY MANAGED ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE

O.O. Ruchka, O.O. Nikolaev

The variants of frequency-current vectorial management are considered in the article.

Keywords: electric drive, asynchronous engine, vectorial management, flux linkage, making current.