

КОРЕКЦІЯ СИГНАЛУ ЗАВДАННЯ РЕЛЕЙНОГО РЕГУЛЯТОРА СТРУМУ ЕЛЕКТРОПРИВОДА З ВЕНТИЛЬНО-РЕАКТИВНИМ ДВИГУНОМ

Вступ. Вентильно-реактивні двигуни (ВРД), в англійській інтерпретації відомі як Switched Reluctance Motors (SRM), знаходять все ширше застосування в електроприводах завдяки простоті будови, високому ККД, високому електромагнітному моменту на одиницю маси при широкому діапазоні регулювання швидкості обертання, можливості роботи в агресивних середовищах, належним умовам охолодження [1]. Однак головним недоліком ВРД є коливальність електромагнітного моменту та швидкості обертання, що обумовлюється його малофазністю і постійними комутаційними процесами між обмотками при роботі двигуна.

Постановка задачі дослідження. Основними способами усунення коливальності, які зазначені в [2], є зміна кута комутації в бік узгодженої або розузгодженої позиції полюсів статора і ротора або розширення зон комутації обмоток у бік випередження вмикання фаз. Використання релейного регулятора в складі вентильно-реактивного електропривода (ВРЕП) дозволяє стабілізувати струм на заданому рівні, як показано в [3], що дозволяє усунути на передньому фронті піки струмів у фазах ВРД. Однак такі заходи не в змозі повною мірою усунути коливальність електромагнітного моменту і швидкості обертання, що видно з графіків перехідних процесів, які наведені в [2] і [3].

Тому метою дослідження є зменшення коливальності швидкості обертання валу двигуна шляхом корекції сигналу завдання релейного регулятора струму.

Матеріали дослідження. Дослідження проводились для трифазного ВРЕП з ВРД, який має відношення полюсів статор/ротор 6/4. Період циклічної повторюваності подачі напруги живлення фаз А, В і С ВРД складає 90°. Розширення зони комутації приймається у бік випередження вмикання фаз.

Використана математична модель ВРЕП має наступні припущення: магнітна система двигуна ненасичена; фази статора є магнітно відокремлені; вплив контуру вихрових струмів і нагріву на електромеханічні характеристики ВРД відсутній; вентильний комутатор (ВК) є безінерційним.

Згідно припущень і параметрів об'єкта керування (ОК) комутація ВК відбувається згідно з алгоритмами:

$$U_A = \begin{cases} U_A = U_{BK}, & \text{якщо } (0 \leq \varphi \leq 30) \text{ або } (90 - \varphi_{вин.} \leq \varphi \leq 90); \\ U_A = 0, & \text{якщо } (30 < \varphi < 90 - \varphi_{вин.}), \end{cases}$$
$$U_B = \begin{cases} U_B = U_{BK}, & \text{якщо } (30 - \varphi_{вин.} \leq \varphi \leq 60); \\ U_B = 0, & \text{якщо } (0 \leq \varphi < 30 - \varphi_{вин.}) \text{ або } (60 < \varphi \leq 90), \end{cases} \quad (1)$$
$$U_C = \begin{cases} U_C = U_{BK}, & \text{якщо } (60 - \varphi_{вин.} \leq \varphi \leq 90); \\ U_C = 0, & \text{якщо } (0 \leq \varphi < 60 - \varphi_{вин.}), \end{cases}$$

де $\varphi_{вин.}$ – кут випередження комутації обмоток статора;

U_{BK} – напруга на виході ВК; U_A, U_B, U_C , – фазні напруги ВРД;

У кожному каналі ОК використовуються релейні регулятори струму зі зворотнім зв'язком за струмом цього каналу. Згідно з [3] напруги живлення відповідних фаз визначаються виразом:

$$U_{BK} = U_{max} \operatorname{sign}(i^* - i) \quad (2)$$

де U_{max} – максимальна напруга джерела постійного струму; i^* – сигнал завдання релейного регулятора струму; i – миттєве значення діючого струму.

Зменшити коливальність швидкості обертання і усунути «провали» електромагнітного моменту можливо за рахунок додаткового форсування струму в кожній фазі. Зазначений спосіб впливу досягається шляхом введення в канали сигналу завдання для кожного релейного регулятора коригуючого сигналу на інтервалі накладання напруг живлення у часі за двома каналами ОК.

Аналіз виразу (2) показує, що зміна сигналу завдання i^* призведе до переходу ковзного режиму в іншу робочу точку гіперплощини, яка визначається сигналом завдання:

$$i_n^* = (1 + k_n) \cdot i^*, \quad (3)$$

де k_n – коефіцієнт, який враховує корекцію сигналу завдання, n – номер фази ВРД, $n = [A, B, C]$.

Подача коригуючого сигналу здійснюється відповідно до алгоритму:

$$k_A = \begin{cases} k_A > 0, & \text{якщо } (90 - \varphi_{вин.} \leq \varphi \leq 90) \\ k_A = 0, & \text{якщо } (0 \leq \varphi < 90 - \varphi_{вин.}) \end{cases}$$
$$k_B = \begin{cases} k_B > 0, & \text{якщо } (30 - \varphi_{вин.} \leq \varphi \leq 30) \\ k_B = 0, & \text{якщо } (0 \leq \varphi < 30 - \varphi_{вин.}) \text{ або } (30 < \varphi \leq 90) \end{cases} \quad (4)$$

$$k_C = \begin{cases} k_C > 0, \text{ якщо } (60 - \varphi_{\text{вип.}} \leq \varphi \leq 60) \\ k_C = 0, \text{ якщо } (0 \leq \varphi < 60 - \varphi_{\text{вип.}}) \text{ або } (60 < \varphi \leq 90) \end{cases}$$

Відповідно до алгоритмів (1) і (2) запропонованого скоригованого сигналу завдання (3) і алгоритмів його реалізації (4) отримана функціональна схема ВРЕП, наведена на рисунку 1.

Математичне моделювання ВРЕП виконано з урахуванням двоканального керування і релейного регулятора струму кожної фази двигуна.

Перехідні процеси ВРЕП в квазіусталеному режимі роботи ВРД представлені на рисунку 2.

З аналізу кривих перехідних процесів, представлених на рисунку 2а, видно, що сигнал завдання формує струм в обмотках фаз статора згідно з алгоритмами (4). Корекція сигналу завдання регулятора струму дозволяє додатково форсувати струм в межах накладання поданої напруги живлення в часі, тобто на інтервалі $t_{\text{п}}$. Це форсування дозволяє частково заповнити «провал» електромагнітного моменту на ділянках комутації $t_{\text{п}}$ двох суміжних обмоток А і В, В і С, С і А (рис. 2б) в порівнянні з електромагнітним моментом показаним в [3], який формується при сталому завданні i^* .

Рисунки 2в і 2г ілюструють квазіусталені перехідні процеси швидкості обертання ротора при постійному, і скоригованому сигналах завдання релейного регулятора струму відповідно. Їх аналіз показує, що при використанні скоригованого сигналу завдання зменшується коливальність і підвищується швидкість обертання ротора ВРД (рис. 2г) в порівнянні з швидкістю обертання, отриманою при використанні постійного сигналу завдання регулятора струму. Коливальність швидкості обертання двигуна при використанні постійного і скоригованого сигналу завдання, як видно з рисунків 2в і 2г, становить від 122,72 рад/с до 123,19 і від 127,45 рад/с до 127,71 рад/с відповідно.

Висновки. Додатковий сигнал завдання релейного регулятора струму дозволяє змінити робочу точку гіперплощини ковзного режиму на ділянках перекриття струмів в часі, що дає можливість коригувати площину «провалу» електромагнітного моменту. Запропонований метод корекції сигналу завдання дозволив зменшити коливальність і збільшити швидкість обертання ротора на 44,68 % і 3,67 % відповідно, по відношенню до ВРЕП з постійним сигналом завдання релейному регулятору струму.

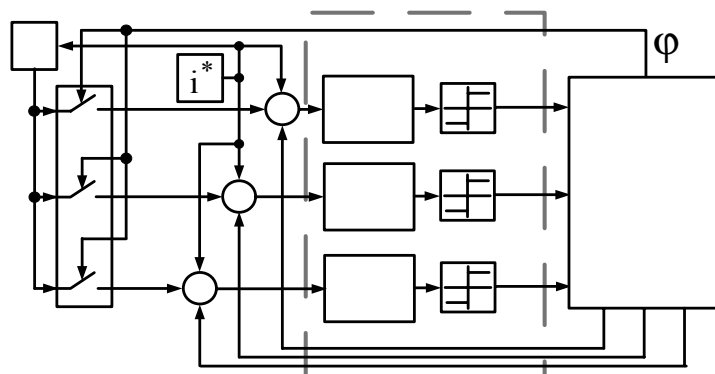


Рис. 1 Функціональна схема ВРЕП з використанням скоригованого сигналу завдання регулятора струму для кожного каналу ОК.

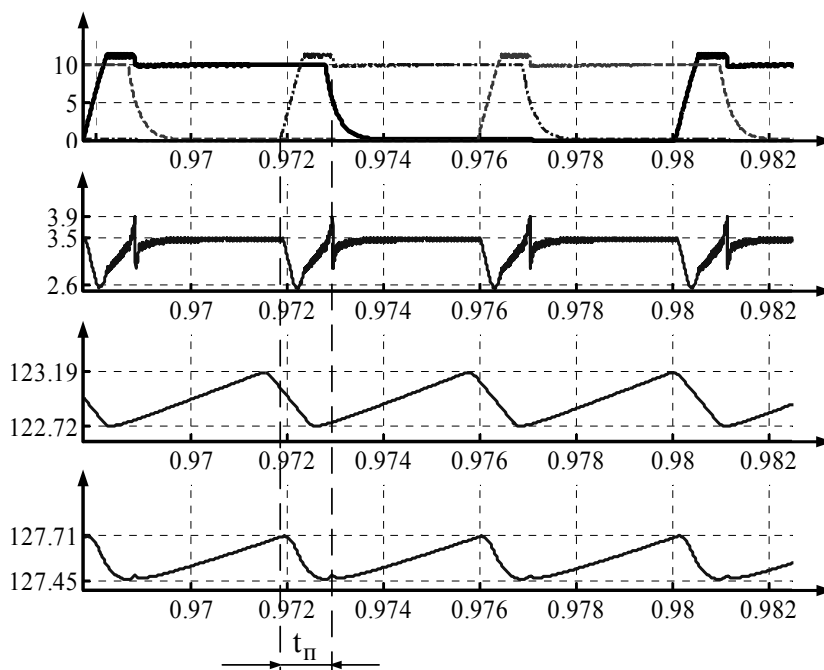


Рис. 2 Перехідні процеси в квазіусталеному режимі роботи ВРЕП.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ткачук В.І. Електромеханотроніка / В.І. Ткачук: Підручник. – Львів Видавництво Національний університет «Львівська політехніка», 2006. – 440с.
2. Гулый М.В. Влияние смещения зоны коммутации на характеристики вентильно - реактивного электропривода. // М.В. Гулый, З.П. Процина, И.Н.Радимов, В.В.Рымша // Сборник научных трудов ДГТУ Проблемы автоматизированного электропривода теория и практика. – 2007. – С. 94 – 96.
3. Польовий С.В. Дослідження релейного регулятора струму вентильно-реактивного електропривода з розширеною зоною комутації. // С.В. Польовий, О.В. Садовой // Вісник Кременчуцького державного університету імені Михайла Остроградського. – Випуск 3/2010 частина 1. – С. 37 – 40. – ISSN 1995-0519, 2072-8263.