УДК 62.835

В.В. БІНЬКОВСЬКИЙ, О.І. ПОЛІКАРОВСЬКИХ, О.К. ЯНОВИЦЬКИЙ
Хмельницький національний університет

ВИБІР ОПТИМАЛЬНОЇ СХЕМИ КЕРУВАННЯ ВЕНТИЛЬНИМ ЕЛЕКТРОДВИГУНОМ

Розглянуто класифікацію методів керування вентильним електродвигуном (ВЕД), представлені типові схеми керування ВЕД, аналіз їх переваг і недоліків, вибір оптимальної схеми, висновок виконаної роботи.
Ключові слова: вентильний двигун, схема керування, ВЕД, електропривід.

V.V. BINKOVSKYI, O.I. POLIKAROVSKYKH, O.K. YANOVYTSKYI
Khmelnitsky national university, Ukraine

SELECTION OF OPTIMAL CONTROL CIRCUIT FOR BRUSHLESS MOTOR

We consider classification methods control Brushless DC electromotor (BLDC motors) shows typical control circuit BLDC motors, analysis of their advantages and disadvantages, the choice of the optimal scheme, the conclusion of the work.
Keywords: valve motor control circuit, control circuit, Brushless DC electromotor, BLDC motors.

Постановка задачі

Проаналізуємо системи електроприводів з вентильними двигунами. Регульований електропривід з синхронною машиною (СМ) з перетворювачами частоти будується за принципом зовнішнього або внутрішнього управління. При зовнішньому керуванні здійснюється принцип частотного регулювання при змінній частоті мережі, аналогічно частотно-регульованим приводу (ЧРП) з асинхронною машиною. В ВЕД управління інвертором перетворювача частот здійснюється як функція кутового положення ротора двигуна, тобто здійснюється принцип внутрішнього управління. При цьому в будь-якому сталому режимі вихідна частота інвертора збігається з частотою ЕРС обертання СМ. Такий принцип дії електромеханічного перетворювача енергії в ВЕД. Самокерований синхронний двигун має властивості машини постійного струму і тому називається безколекторним двигуном або ВЕД. Напівпровідниковий інвертор, керований розташованим на валу СМ датчиком положення ротора (ДПР), виконує функції механічного колектора, а вентилі інвертора струму – функції ковзаючого щіткового контакту машини постійного струму. Режим роботи ВЕД за принципом дії істотно відрізняється від частотно регульованих і СМ, які живляться від мережі. У порівнянні з СМ, яка живиться від перетворювачів частоти з зовнішнім управлінням, в якому частота інвертора струму (напруги) задається примусово, привід з ВЕД має наступні переваги: має властивість автокомутації, тобто перетворення живлячої напруги (струму) в частоту та фазу ротора, завдяки чому в ВЕД неможливий асинхронний режим коли частота ЕРС обертання СМ не збігається з частотою джерела живлення; трьохзонне регулювання частоти обертання і можливість здійснення безконтактного реверса двома шляхами без втручання в силові ланцюги приводу; перевантажувальна здатність ВЕД не залежить від перекидаючого моменту СМ, а визначається встановленою потужністю перетворювача. При перевантаженні ВД знижує швидкість, але не виходить з синхронізму; ВД має високий пусковий момент. Отож на основі аналізу цих даних можна запропонувати класифікаційну схему (рис. 1)ВЕД за наступними ознаками:

- способом управління збудженням
- схемою і структурою комутатора
- способом комутації.

Найбільшого поширення набули ВЕД з перетворювачем з ланкою постійного струму (ВЕД постійного струму) і з перетворювачем з безпосереднім зв'язком (ВД змінного струму), що працюють в режимі джерела струму. Вентилі перетворювача вибираються по величинам максимального струму і напруги мережі. Умови вибору вентилів для живлення АМ (Асинхронної Машини) та синхронної машини по напрузі аналогічні, а по струму істотно відрізняються. При одних і тих же електромагнітному моменті, швидкості і напрузі струм СМ при перевантаженні може бути зменшений у порівнянні зі струмом перевантаження АМ в 1,5-2 рази. У перетворювачах з штучною комутацією, що забезпечують локалізацію енергії магнітних полів окремих фаз СМ за допомогою внутрішніх ланцюгів інвертора, створюються умови для спрощення вхідної частини перетворювача – випрямляча. На відміну від АМ, СМ при роботі в генераторному режимі не потребує споживанні від мережі реактивної потужності, тому при виключенні зворотних діодів зі схеми інвертора відпадає необхідність в установці другої групи вентилів випрямляча. Один і той же керований випрямляч може бути використаний як для передачі потужності від мережі, так і для повернення її в мережу. Таким чином, при заміні ЧРП на ВД сумарна потужність вентилів перетворювача з ланкою постійного струму зменшується майже в два рази. Ще більшою мірою зменшується потужність комутуючого конденсатора і дроселя згладжування.

Розглянемо декілька типів схем керування. Схема, що представлена на рис. 2 [4] є типовою схемою керування ВЕД з індуктивним зворотнім зв'язком. Технічний результат, який може бути отриманий від використання даної схеми, – забезпечення підключення трифазного ВЕД віддаленого на велику відстань від

інвертора, за допомогою трьохпровідного кабелю. Трифазний дільник напруги 19 може бути виконаний з гальванічно розв'язаним входом за допомогою введення блоку гальванічної розв'язки 22. У цьому випадку входи інформаційної аналогової системи, утвореної дільником напруги 19, гальванічно розв'язані по відношенню до високого потенціалу на виходах інвертора 6, що також покращує перешкодозахищеності регульованого вентильного електродвигуна. Таким чином, введення вихідного трансформатора 17, дільника напруги 19 і виконання зв'язків між електронними елементами відповідно до наведеної функціональною схемою дозволяє видалити електромеханічний перетворювач 1 на великі відстань від інвертора 6, тобто від електронної частини електродвигуна на великі відстані, наприклад до декількох кілометрів, при цьому за рахунок підвищення на виході вихідного трансформатора 17 можна знижувати перетин струмопроводів до фаз і тим самим зменшувати вагу і вартість струмопроводів. Пуск електродвигуна відбувається в синхронному режимі. У процесі обертання індуктора 5 в фазових обмотках 3, 3, 4 наводиться ЕРС обертання індуктора 5. Через вихідний трансформатор 17 величини напружень, відповідні ЕРС обертання, надходять на вхід дільника напруги 19. Зменшені по амплітуді ці напруги через перший, другий і третій фільтри 11, 12, 13 поступають на перші входи першого, другого і третього компараторів 8, 9, 10. Впливаючи по перших входах згаданих компараторів 8, 9, 10б ці напруги, відповідні ЕРС обертання, прискорюють моменти перемикання компараторів 8, 9, 10 і тим самим переводять вентильний двигун на комутацію по положенню ротора, так як амплітуда перезаряду першої, другої і третьої інтегруючих ланцюгів 14, 15, 16 з ростом частоти обертання зменшується.

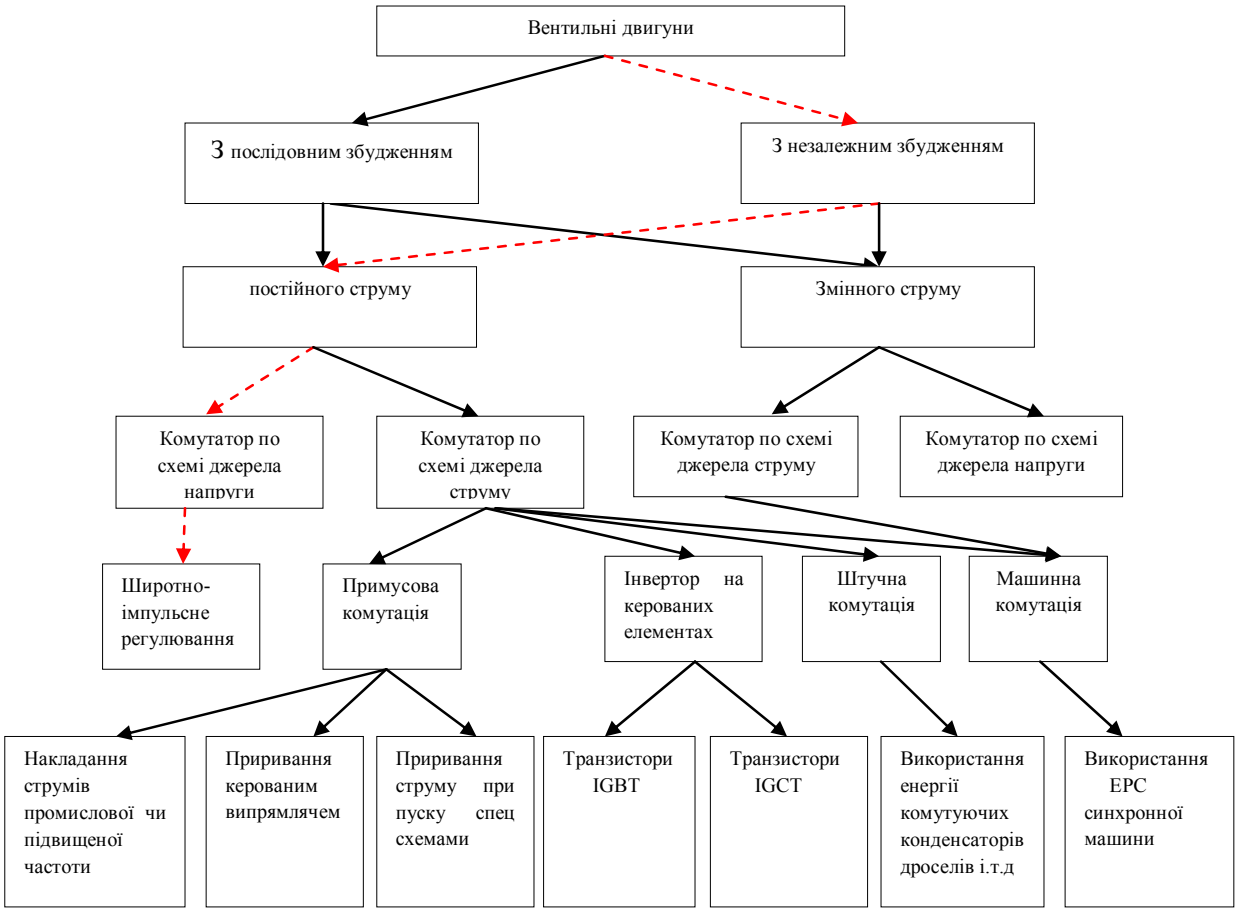

Рис. 1. Класифікація схем керування ВЕД

До переваг наведеної схеми слід віднести: підключення ВЕД, віддаленого на велику відстань від інвертора, за допомогою трьохжильного кабелю та відсутність конструктивно вираженого датчика положення ротора. Недоліками цього пристрою є: конструктивна складність схеми електроприводу, яка містить велику кількість моточних елементів, двохполярне джерело живлення а також даний пристрій має складний алгоритм пуску двигуна. Тому проаналізувавши всі переваги і недоліки цього приводу розглянемо наступний варіант схеми керування ВЕД із зворотними зв'язками на основі датчиків Хола і програмним керуванням.

У якості прототипу нами обрано схему, що наведена у журналі [1], яка використовує датчики Хола для визначення положення ротора ВЕД.

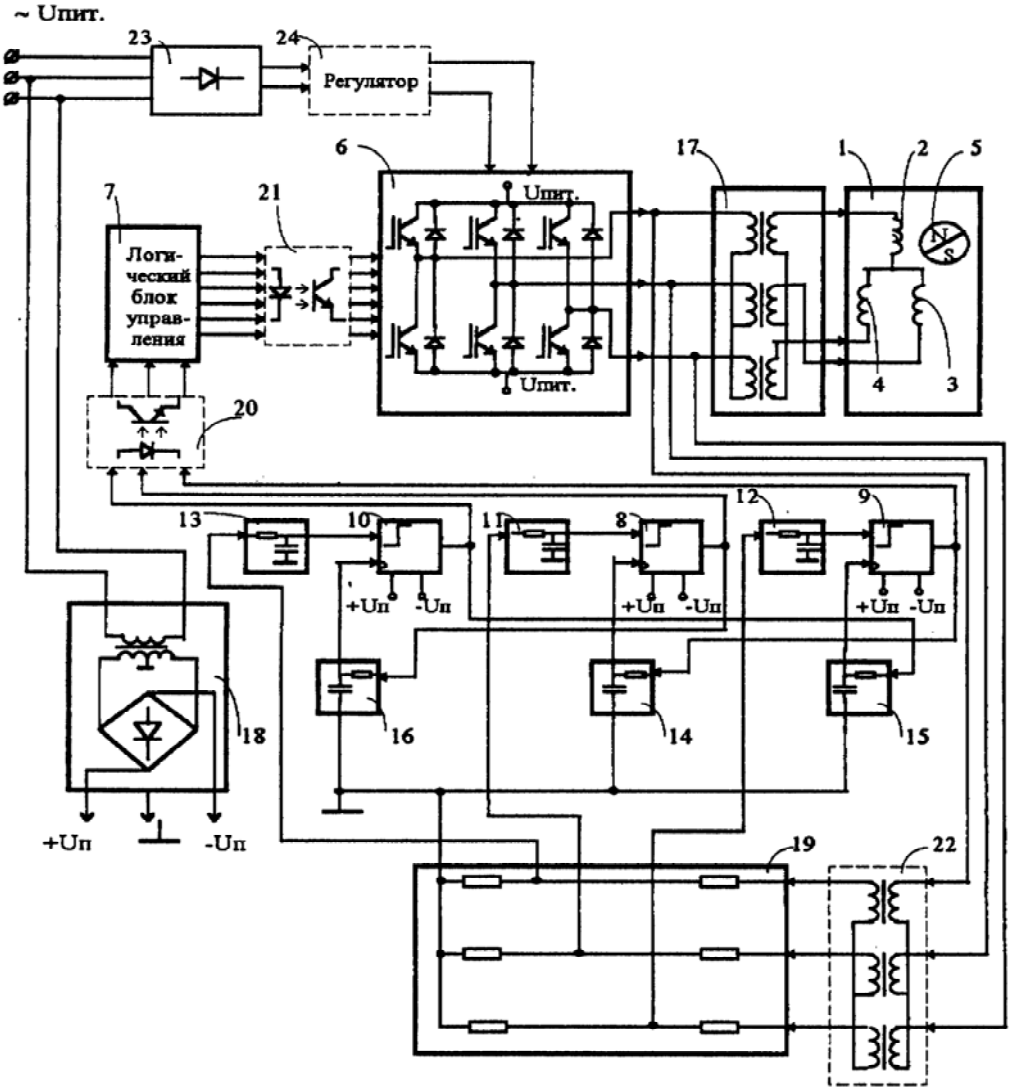

Рис. 2. Типова схема керування ВЕД із індуктивними зворотними зв'язками

На його основі було розроблено систему керування ВЕД. Розроблений блок керування забезпечує 120º комутацію обмоток і живиться від джерела постійного струму 12…24В. В якості датчиків зворотного зв'язку використовуються датчики Хола, які надають необхідну інформацію про положення ротора. Для зміни швидкості обертання ротора служить зовнішній генератор ШІМ (20кГц), який в сукупності з блоком керування змінює час підключення статорних обмоток до шини живлення, також можливо змінювати напрямок обертання ротора. Основою даного блока є мікроконтролер PIC16F84A, який керує драйвером IR2130 [5] залежно від комбінації, яка надходить з датчиків положення ротора, контролер також реалізує імпульси підкачки для перезаряду конденсаторі вольт-добавки С3–С5 (рис. 3) і скидання захисту драйвера. На входи мікросхеми подаються сигнали з датчиків Хола, кожний вхід працює на два виходи. Логічні сигнали низького рівня, які надходять на один з шести входів драйвера IR2130 викликають появу на виході сигналів високого рівня відповідно до табл. 1.

Таблиця 1

Логіка роботи силового драйвера IR2130

HIN	LIN	HO	LO
1	1	0	0
1	0	0	1
0	1	1	0
0	0	0	0

Схема вхідної логіки також забезпечує затримку сигналу для виключення одночасного вмикання транзисторів і протікання наскрізних струмів, коли на входах LIN і HIN з'являються співпадаючі за часом логічні сигнали. Для живлення потужних плаваючих виходів IR2130 необхідно три конденсатора вольт добавки, ємність яких залежить від вимог до затвора потужного ключа і максимального часу його увімкнення.

До переваг даної схеми можна віднести: її мобільність, простоту виконання, універсальність,

точність позиціонування ротора ВЕД. Недоліками схеми є: її невелика завадостійкість і потреба підключення додаткових шин для забезпечення зворотного зв'язку.

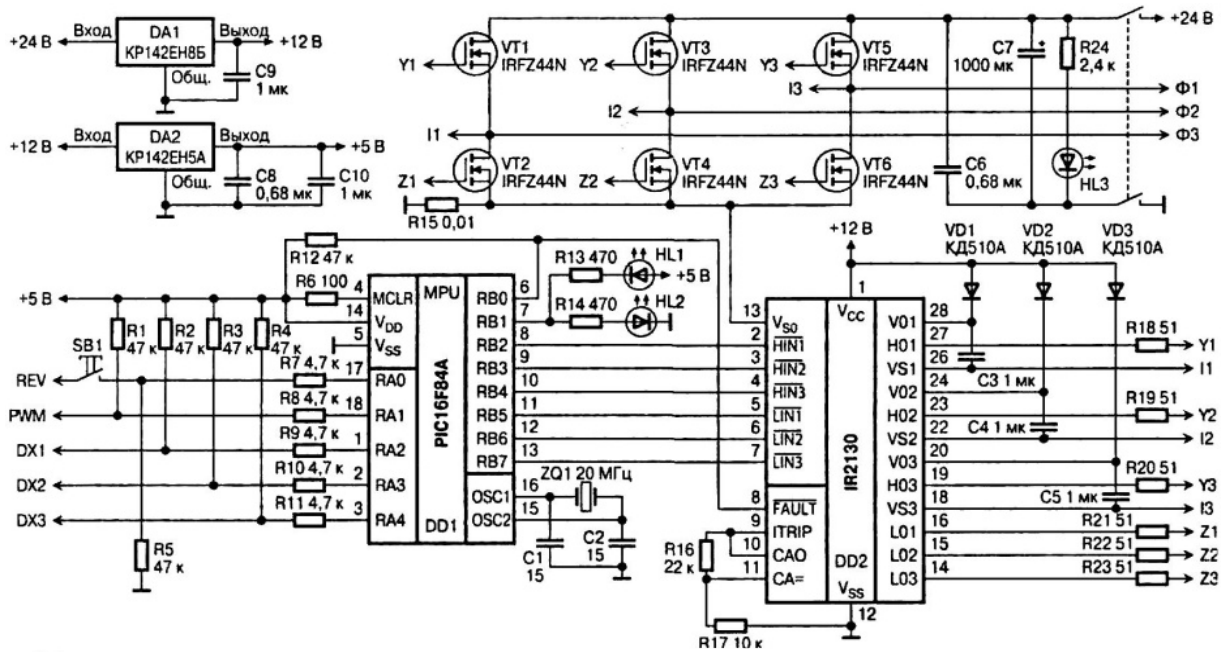

Рис. 3. Схема зі зворотними зв'язками на основі датчиків Хола і програмним керуванням

За наведеною вище схемою був зібраний лабораторний макет, який складається з корпусу, на якому розміщені роз'єми, до яких за допомогою кабелів з'єднання блок керування сполучається з двигуном, також він містить органи керування і елементи індикації режимів роботи двигуна.

Макет має наступні органи керування:

- ON вмикається загальне живлення і датчики Хола
- PIC вмикається живлення мікроконтролера
- IR вмикається живлення силової мікросхеми IR2130
- REW зміна напрямку обертання ротора ВЕД (реверс)
- SPEED регулюється швидкість обертання вала за допомогою ШІМ
- POWER збільшується потужність двигуна шляхом паралельного під'єднання додаткових обмоток.

Рис. 4. Фотографія лабораторного макета системи керування

Як показали досліди, для правильного запуску двигуна, його потрібно вмикати в ступінчатому порядку, спочатку загальне живлення, потім живлення мікроконтролеру, а для самого запуску, необхідно вмикати силову мікросхему, якщо ж схему вмикати одним перемикачем, на входах мікроконтролера виникають паразитні ефекти, що проявляються у некоректному вмиканні ключів драйвера і схема входить в режим помилки.

Висновки

Описано типи систем керування ВЕД, проведена їхня класифікація, розглянуто дві типові схеми керування ВЕД. В результаті наукового пошуку оптимальної схеми керування для вентильних двигунів різної потужності була обрана схема. 2 через те, що є універсальною для двигунів широкого діапазону потужностей. На базі даної схеми був розроблений лабораторний макет, який підтвердив наукові положення, що були обґрунтовані у даній статті.

Література

1. Схемотехника: журнал. – 2004 – 56 с.

2. Закладний О.М. Енергоефективний електропривод з вентильним двигуном : [монографія] / О.М. Закладний, О.О. Закладний. – К. : «Либра», 2012. – 187 с.

3. Лебедев Н.И. Безконтактные двигатили постоянного тока автоматических устройств / Лебедев Н.И., Овчинников И.Е. – М. : Наука, 1966. – 181с

4. Пат. РФ. № 2150780. Регулируемый вентильный электродвигатель для погружных насосных агрегатов / Иванов А.А., Лукин А.В., Наумов Ю.И., Савичев В.С., Санталов А.М.. Заяв. : 6.06.1997 // http://www.findpatent.ru/patent/215/2150780.html

5. Горященко С.Л. Тенденції розвитку сучасної силової елементної бази для керування пристроями легкої промисловості / С.Л. Горященко, К.Л. Горященко // Вісник Хмельницького національного університету. – Технічні науки. – 2004. – № 5. – С. 174–177.

References

1. Circuitry. Magazine. January. 2004. 56 p.

2. Zakladnyi O.M., Zakladnyi O.O. Enerhoefektyvnyi elektropryvod z ventylnym dvyhunom. Kiev. Lybra. 2012. 187 p.

3. Lebedev N.Y., Ovchynnykov Y.E. Bezkontaktnыe dvyhatyly postoiannoho toka avtomatycheskykh ustroistv. Moscow. Nauka. 1966. 181p.

4. Patent of Russia. № 2150780. Ivanov A.A., Lukyn A.V., Naumov Yu.Y., Savychev V.S., Santalov A.M. Reguliruemiy ventylniy elektrodvyhatel dlia pogruzhnykh nasosnykh agregatov. http://www.findpatent.ru/patent/215/2150780.html

5. Horiashchenko S.L., Horiashchenko K.L. Tendentsii rozvytku suchasnoi sylovoi elementnoi bazy dlia keruvannia prystroiamy lehkoi promyslovosti. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Tekhnichni nauky. 2004. № 5. pp. 174–177.

Рецензія/Peer review : 20.2.2013 р. Надрукована/Printed :7.4.2013 р.
Рецензент: д.т.н. Троцишин І.В.