

При цьому існує спотворення форми струмів віток і напруг елементів, ступінь якого зростає по мірі наближення до режиму неробочого ходу. Отримані значення коефіцієнта несинусоїдності становлять для напруги навантаження 12 %, а для струму мережі – 6,2 %. При оцінці допустимості цих значень потрібно враховувати тривалість аномальних режимів УСПР.

Висновки. Використання нелінійного шунтівного реактора у схемі УСПР дає змогу сформулювати зовнішню характеристику схеми, що відповідає поставленим вимогам. При тому існує спотворення форми струмів віток і напруг елементів, ступінь якого зростає по мірі наближення до режиму неробочого ходу; оцінка допустимості цих значень повинна проводитись з врахуванням тривалості аномальних режимів УСПР.

1. Милых А.Н., Волков И.В. Системы неизменного тока на основе индуктивно-емкостных преобразователей. – К.: Наук. думка, 1974. – 216 с. 2. Малиновський А.А., Турковський О.В. Енергоефективність установок стабілізації режиму динамічного навантаження // Проблеми економії енергії. – Львів, 1999. – № 2. – С. 110–113. 3. Малиновський А.А., Турковський В.Г., Турковський О.В. Синтез енергоефективних схем установок стабілізації режимів електроприймачів з динамічним навантаженням // Міжнар. наук.-техн. конф. “Енергоефективність-2004” (13–16 жовтня 2005 р.). – Одеса, 2004. – С. 165–168. 4. Турковський В.Г., Турковський О.В. Прикладна математична модель для дослідження періодичних процесів в схемах електропостачання дугових електропечей. Стаття у даному віснику. – 5 с. 5. Турковський В.Г., Турковський О.В. Визначення показників якості електроенергії в електропостачальних системах з нестационарним навантаженням // Вісн. Приазовськ. едрж. техн. ун-ту. – Маріуполь, 2005. – Вип. 15, ч. 2: Енергетика. – С. 118–122.

УДК 621.313.181

І.Є. Біляковський, Б.І. Крохмальний
Національний університет “Львівська політехніка”, м. Львів

ДО РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ОБЕРТАННЯ КОМУТАТОРНИХ ДВИГУНІВ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ПОБУТОВИХ ПРИСТРОЇВ

© Біляковський І.Є., Крохмальний Б.І., 2007

Запропоновано просте розв’язання задачі обмеження максимального струму в електроприводах побутових пристроїв на базі колекторних та безщіткових двигунів з плавним запуском і регулюванням швидкості обертання. Керований електропривод відзначається надійністю і простотою реалізації.

A simple decision of the problem of "soft" start and regulation of the speed of electric drive direct current motor of domestic devices are offered. Electric drive control differs with safety and simplicity of realization.

Постановка проблеми, аналіз останніх досліджень. Віднедавна позначилась тенденція застосування в електроприводах складної побутової техніки (зокрема, не лише автоматичних пральних чи посудомийних машин, а й кухонних комбайнів підвищеної потужності, техніки для прибирання приміщень і прибудинкових територій) окрім керованих колекторних двигунів постійного струму, так званих безщіткових, з комутацією обмоток за допомогою спеціальних електронних блоків-комутаторів. Це зумовило появу спеціалізованих блоків системи керування такого електропривода з ланкою постійного струму [1]. Очевидно, комплексний підхід до розв’язання завдання розробки електромеханічного модуля, блока керування і перетворення, а

також системи керування є задачею спільною. Однак умови нашого сьогодення змушують у деяких випадках до адаптації вже готової елементної бази для організації блока керування електропривода з усіма покладеними на нього функціями і насамперед це регулювання швидкості, плавний пуск та обмеження максимального струму, тобто, фактично, захисту електропривода від перевантажень.

Звичайно, існує низка технічних розв'язків такої задачі, зокрема з використанням мікропроцесорної техніки, однак у деяких випадках можна обійтись спрощеною системою керування, побудованою на базі серійних мікросхем. Варто також не полишати остронь і можливість модернізації вже існуючої системи керування, організованої за прийнятою схемою та пошук нетрадиційного підходу до розв'язання поставленої задачі.

На відміну від дедалі частіше використовуваних в Україні електроприводів складної побутової техніки побудованих на базі, в основному, імпортованих та вітчизняних колекторних двигунів постійного струму, все частіше можна почути про доцільність заміни його здебільшого електроприводом на базі безщіткових електродвигунів з істотно вищими техніко-економічними показниками.

Аналіз останніх досліджень У структуру електропривода найчастіше входить комутаторний електродвигун постійного струму (колекторний чи безщітковий) та блок керування, що складається з двох субблоків: логічного, який визначає закон задання швидкості обертання та виконавчого, який адаптує командні сигнали першого субблока до двигуна, фактично – транзисторний комутатор. Останній часто передбачає вузол відпрацювання задання швидкості обертання шляхом регулювання щільності імпульсів, оскільки в системах з широким діапазоном зміни швидкості обертання її регулювання здебільшого здійснюється широтно-імпульсною модуляцією струмів в обмотках. У такому разі, згідно з принципом широтно-імпульсного регулювання (ШІР), справа зводиться до логіки організації щільності імпульсів залежно від потрібної швидкості в усталеному режимі, вихід на усталений режим при економічно виправданих чи інших динамічних показниках, а також вирішенням питань захисту двигунів від перевантажень.

Істотним недоліком відомих недорогих **схем** керування є проблема плавного виходу на задану швидкість обертання, особливо у разі ввімкнення порівняно потужних двигунів на практично повну номінальну напругу та, відповідно, порівняно значні струми в перехідних режимах.

Задача дослідження. Очевидно, у таких випадках доцільно приділити увагу розв'язанню задачі обмеження споживаного струму, тобто захисту від перевантажень.

Проблема широтно-імпульсного регулювання, автоматичного плавного виходу на задану швидкість та максимального струмового захисту просто і економічно вирішується нетрадиційним застосуванням спеціальної інтегральної мікросхеми типу К1006ЕУ4 (зарубіжний аналог TL494), розробленої як ШІР-контролер для імпульсних блоків живлення [2].

Виклад основного матеріалу. Структурна схема ШІР-контролера (TL494) фрагментарно показана на рис. 1.

Внутрішній генератор пилоподібної напруги вимагає для встановлення частоти лише двох зовнішніх компонентів R_T і C_T . Частота генератора приблизно визначається за формулою

$$F = 1.1/(r_T C_T).$$

Регулювання ширини вихідних імпульсів компаратора щільності чи компаратора зворотного зв'язку досягається порівнянням пилоподібної напруги, отриманої на конденсаторі C_T з двома керувальними сигналами, що подаються на виводи 4 чи 3 (рис. 3). Лічильний тригер кожен раз фронтом вихідного імпульсу компараторів, поданого на лічильний вхід С, змінює свій стан на інверсний, і, отже, виконує роль комутатора, логічна одиниця якого блокує позмінно розділювачі P1 та P2, очевидно, за логічної 1 на виводі 13 ("Вибір режиму"). За логічного 0 на виводі 13 вплив тригера на розділювачі P1 та P2 блокується і стан емітерів вихідних транзисторів Q1 і Q2 є інверсним відображенням імпульсів, що подаються на бази Q1 та Q2 виходу об'єднувача ОБ. Часова діаграма сигналів, що характеризує роботу схеми, зображена рис. 2. Отже, підвищення

амплітуди на виводах 4 чи 3 збільшує щільність імпульсів на емітерних виводах Q1 та Q2, інакше збільшує щілину, зменшуючи ширину вихідних імпульсів.

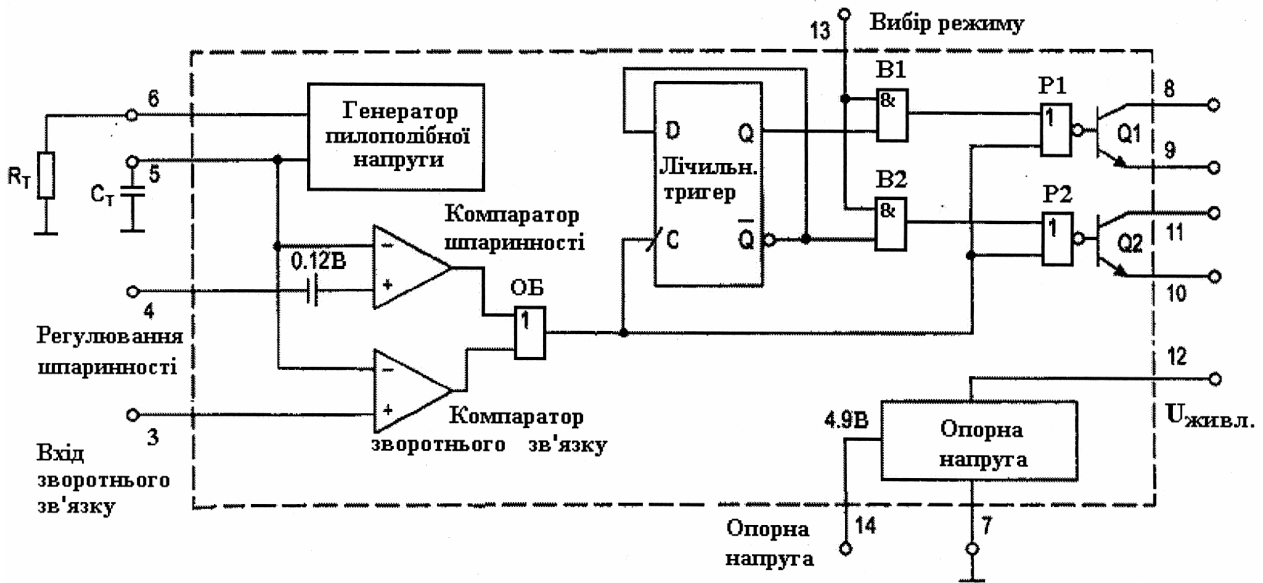


Рис. 1. Структурна схема ШІМ-контролера

Для обмеження мінімальної щілини на виході при нульових керуючих сигналах вхід компаратора шпаринності має зміщення 0.12 В, що обмежує тривалість щілини до кількох відсотків тривалості циклу пилоподібної напруги. У результаті максимальна довжина робочого циклу становить близько 95 %, якщо вивід 13 підведено до спільної точки, і трохи більше 45 % у разі, якщо на вивід 13 подана опорна напруга.

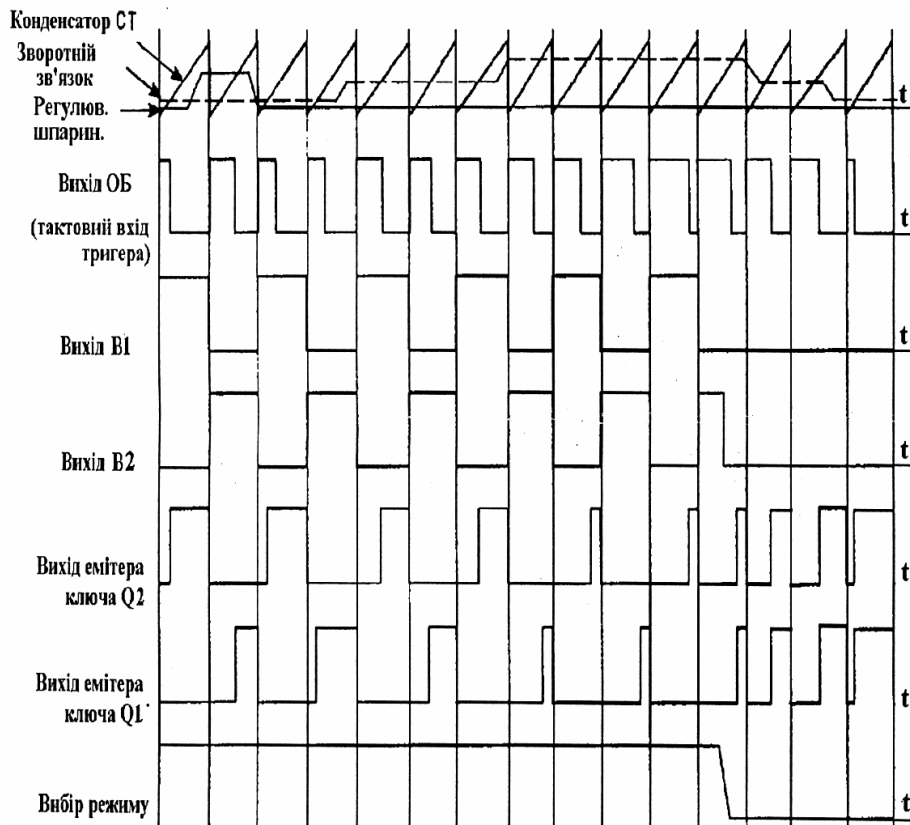


Рис. 2. Часова діаграма сигналів

Для визначення місця наведеної вище мікросхеми у спрощеній схемі керування електроприводом на базі колекторних чи безщіткових двигунів постійного струму для складної побутової техніки, розглянемо структуру системи електропривода (рис. 4).

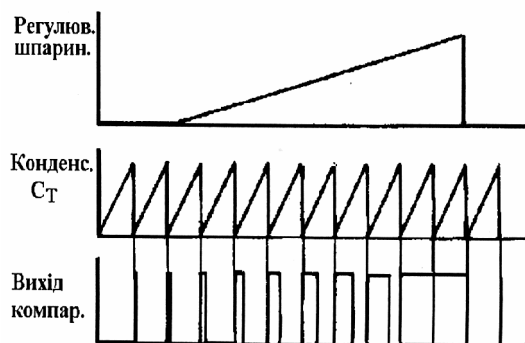


Рис. 3. Регулювання імпульсів компаратора

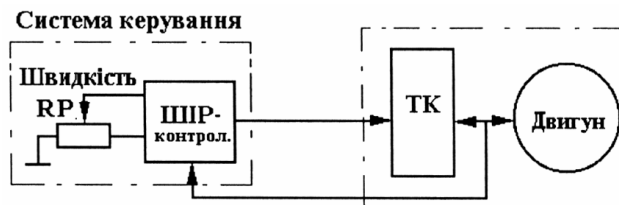


Рис. 4. Принцип керування електроприводом візка

Залежно від того колекторний чи безщітковий двигун, транзисторним комутаторам притаманні дещо різні функції. Для колекторних двигунів ТК – це фактично транзисторний ключ, що відпрацьовує вихідні сигнали ШІМ-регулятора, тоді як для безщіткових двигунів транзисторний комутатор забезпечує ще й властиво обертання ротора двигуна. Щоб проілюструвати роботу схеми, для задання швидкості руху використаний резистор R_P у колі ШІР-контролера, хоч з цією метою може бути використано інші засоби, зокрема й мікропроцесор.

Плавний вихід на усталену швидкість, а також захист від перевантажень просто організуються на підставі можливостей ШІР-контролера.

Використовуючи вхід “Регулювання щільності” та опорну напругу мікросхеми за допомогою подільника напруги R_P задається рівень напруги на виводі 4 і відповідно ширина імпульсу на виходах Q1 та Q2 (рис. 5)

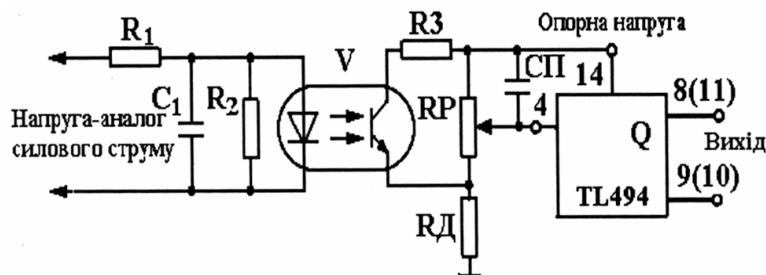


Рис. 5. Схема плавного обмеження струму

Плавний розгін до заданої швидкості досягається шляхом організації ланки конденсатор-фрагмент опору R_P та R_D . У стані спокою опорна напруга дорівнює нулю, конденсатор C_P розряджений. Під час вмикання двигуна (чи зміни завдання на іншу швидкість) вмикається опорна напруга, розпочинається перехідний процес заряду конденсатора C_P з його нульового початкового стану (чи попереднього зарядженого) і на вивід 4 подається опорна напруга, що відповідає максимальній щільності на виході – мінімальній швидкості (або такій, що відповідає попередньому стану двигуна). Під час перехідного процесу напруга на виводі 4 падає до рівня, заданого подільником R_P , тривалість імпульсу зростає і двигун поступово виходить на задану швидкість обертання.

Наявність у мікросхемі компаратора зворотного зв'язку з його відповідним входом (вивід 3) дає очевидну можливість організувати обмеження струму в силовому колі такого електропривода.

У цьому разі достатньо, щоб тривалість імпульсу компаратора зворотного зв'язку переважала тривалість імпульсу, задану на виході компаратора щільності. Але зазначеним способом розв'язку задачі обмеження струму не вичерпується. Ідея плавної зміни швидкості шляхом шунтування частини опору і подачі на вхід регулювання щільністю вищої, ніж задана напруги регулювання, може бути використана для обмеження струму в силовому колі. Функціональна схема, яка реалізує поставлену задачу, показана на рис. 5 побудованим з використанням оптрона V додатковим колом.

Коли напруга-аналог силового струму досягне відповідного порогу розпочинається випромінювання діода і коло колектор-емітер транзистора відкривається, шунтуючи регулювальний резистор RP. Це в свою чергу збільшує потенціал на виводі 4 і щільна на емітерах вихідних транзисторів Q зростає.

Додаткові елементи R_1 , C_1 та R_2 схеми оптрона визначають режим роботи внутрішнього транзистора. В його підсилювальному режимі обмеження силового струму є плавним.

Спершу видається, що за аналог струму напрошується спад напруги на резисторі у силовому колі. Але таке очевидне вирішення веде до значних втрат. Тому застосовують економніші з позиції втрат способи. Наприклад, можна використати швидкість наростання струму в колі силового транзистора комутатора в період його відкривання або використати додатковий посилювач напруги на вищезгаданому резисторі.

Висновки. Запропоноване розв'язання задачі плавного розгону та регулюванням швидкості обертання легко застосувати, залежно від конкретних умов, як на базі колекторних, так і безщіткових двигунів; воно є недорогим, простим технологічно та зручним для налагодження.

Керування електроприводом забезпечує захист двигунів від перевантажень шляхом збільшення щільності і, тим самим, обмеження струму. Воно характеризується простотою, функціональною надійністю.

1. Ткачук. В. І., Біляковський І. Є., Дишовий Р. В., Макаруч О. В. Крісло-візок з електричним приводом // Проблеми автоматизованого електроприводу. Теорія і практика: Вісник НТУ ХП. Сер. Електротехніка, електроніка і електропривод. – Харків: Вид-во НТУ ХП, 2002. – Вип. 12, т. 1. – С. 230–231. 2. [tth://www-s.ti.com/sc/ds/tl494.pdf](http://www-s.ti.com/sc/ds/tl494.pdf).