



УКРАЇНА

(19) UA (11) 43342 (13) U
(51) МПК (2009)
H02P 3/06

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ПЕРЕТВОРЮВАЧ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ДВИГУНОМ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

1

2

(21) u200902974

(22) 30.03.2009

(24) 10.08.2009

(46) 10.08.2009, Бюл.№ 15, 2009 р.

(72) ВОЗНЯК ОЛЕКСАНДР МИКОЛАЙОВИЧ,
ДРЮЧИН ОЛЕКСАНДР ОЛЕКСІЙОВИЧ, ТУЛЬЧІЙ
АННА ПЕТРІВНА

(73) ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

(57) Перетворювач для керування двигуном постійного струму, який містить мостовий інвертор, перша діагональ якого з'єднана з полюсами джерела живлення через згладжувальний фільтр, а до другої діагоналі підключений двигун постійного струму, діод одним з виводів підключений до першого полюса джерела живлення, електронний ключ, другим виводом підключений до другого

полюса джерела живлення, блок керування, виходи якого з'єднані з входами керування мостового інвертора і електронного ключа, який **відрізняється** тим, що в нього введені перший і другий додаткові діоди, елемент накопичення енергії, баластний і допоміжний резистори, при цьому до другої діагоналі моста підключені перший і другий додаткові діоди одноіменними виводами, другі виводи яких з'єднані з додатковим входом блока керування, через допоміжний резистор з'єднані з виходом згладжувального фільтра, з'єднані з другим виводом діода, з одним із виводів елемента накопичення енергії, другий вивід якого з'єднаний з другим полюсом джерела живлення, і через баластний резистор з'єднані з першим виводом електронного ключа.

Корисна модель відноситься до електроперетворювальної техніки і може використовуватися в транспортних та промислових електроприводах на базі двигунів постійного струму.

Відомий перетворювач, [Микроэлектронные системы. Применение в радиоэлектронике / Ю. И. Конев, Г. Н. Гулякович и др.; Под ред. Ю. И. Конева. - М.: Радио и связь, 1987. - 240с, стор. 123, рис. 5.11], який містить два транзисторних ключа з паралельними зворотними діодами, і двигун постійного струму, який підключений паралельно одному із ключів. Такий перетворювач за рахунок імпульсного керування дозволяє реалізувати електродинамічне або рекуперативне гальмування.

Недоліком такого перетворювача є відсутність обмеження пускового струму, що створює небезпечні режими для ключів і двигуна, а також неможливість рекуперації енергії у відсутності іншого споживача при живленні від вторинної мережі живлення. Це також веде до появи небезпечних режимів елементів приводу і збільшення втрат на двигуні.

За прототип обраний перетворювач, [Микроэлектронные электросистемы. Применение в радиоэлектронике / Ю. И. Конев, Г. Н. Гулякович, К. П. Полянин и др.; Под ред. Ю. И. Конева. - М.: Радио и связь, 1987. - 240с, стор. 129-132, рис. 5.16],

який містить мостовий інвертор до другої діагоналі якого підключений двигун постійного струму, а до першої діагоналі підключений один з виводів діоду у зворотному напрямку і через згладжувальний фільтр підключені два електронних ключа, перший з яких другим виводом підключений до спільного проводу перетворювача і другого полюса джерела живлення, а другий ключ з'єднаний з іншим виводом діоду і першим полюсом джерела живлення, блок керування, виходи якого з'єднані з входами керування інвертора і електронних ключів.

Недоліками прототипу є обмежена можливість регулювання пускового струму і неможливість зміни режиму електродинамічного або рекуперативного гальмування в залежності від зміни стану мережі живлення, що веде до зростання втрат на обмотках двигуна постійного струму двигуна постійного струму, появи небезпечних режимів в елементах електроприводу і зниження його к.к.д.

В основу корисної моделі поставлена задача створення перетворювача для керування двигуном постійного струму, в якому за рахунок введення першого і другого додаткових діодів, елемента накопичення енергії, баластного і допоміжного резисторів і зв'язків між ними, зменшуються втрати на обмотках двигуна постійного струму, забезпе-

UA (19) 43342 (13) U

чуються безпечні режими на елементах електроприводу і збільшується його к.к.д.

Поставлена задача вирішується тим, що в перетворювач для керування двигуном постійного струму, який містить мостовий інвертор, перша діагональ якого з'єднана з полюсами джерела живлення через згладжувальний фільтр, а до другої підключений двигун постійного струму, діод одним з виводів підключений до першого полюсу джерела живлення, електронний ключ, другим виводом підключений до другого полюсу джерела живлення, блок керування, виходи якого з'єднанні з входами керування інвертора і електронного ключа, введені перший і другий додаткові діоди, елемент накопичення енергії, баластний і допоміжний резистори, при цьому до другої діагоналі мосту підключені перший і другий додаткові діоди одноіменними виводами, другі виводи яких з'єднані з додатковим входом блоку керування, через допоміжний резистор з виходом згладжувального фільтру, з другим виводом діоду, з одним із виводів елемента накопичення енергії, другий вивід якого з'єднаний з другим полюсом джерела живлення, і через баластний резистор з першим виводом електронного ключа.

Структурна схема перетворювача наведена на кресленні. Перетворювач для керування двигуном постійного струму містить мостовий інвертор 1, наприклад, на біполярних транзисторах, перша діагональ якого з'єднана з другим 3 полюсом джерела живлення та через згладжувальний фільтр 4, наприклад, LC типу, з першим 2 полюсом джерела живлення. Друга діагональ мостового інвертора 1 з'єднана з двигуном постійного струму 5, через перший 9 і другий 10 додаткові діоди з'єднана з діодом 6, елементом накопичення енергії 11, наприклад, конденсатор, баластним 12 і допоміжним 13 резисторами та з'єднана з першим 2 і. Також друга діагональ мостового інвертора 1 з'єднана з електронним ключем 7, наприклад, на біполярних транзисторах. Блок керування 8, наприклад мікроконтролер призначений для керування мостовим інвертором 1, електронним ключем 7 та елементом накопичення енергії 11.

Пристрій працює таким чином. Після подачі живлення починається стан підготовки. Всі транзистори мостового інвертора 1 і електронний ключ 7 знаходяться у зачиненому стані. Ємності елемента накопичення енергії 11 заряджуються через допоміжний резистор 13 до напруги U_C близькій до напруги живлення перетворювача E . Якщо знехтувати часом встановлення напруги на виході згладжувального фільтру 4, то час підготовки T_0 , в основному, визначається часом заряду реактивностей елемента накопичення енергії 11. При ємнісній реалізації

$$T_0 \approx 3R_{13} \cdot C_{11}, \quad (1)$$

де R_{13} - опір допоміжного резистору 13;

C_{11} - ємність елемента накопичення енергії 11.

Напруга на виході елемента накопичення енергії 11 контролюється по додатковому входу блоку керування 8 і, коли вона досягає рівня близького до рівня напруги живлення E , формується

сигнал, який дозволяє блоку керування 8 перейти до стану пуску.

На стані пуску сигналами з виходів блоку керування 8 відчиняється один із "верхніх" транзисторів мостового інвертора 1, в залежності від напрямку обертання двигуна постійного струму 5, і електронний ключ 7. Перший 9 або другий 10 додатковий діод відчиняються і до двигуна постійного струму 5 прикладається напруга U_5 :

$$U_5 = E - U_C \approx E \left[1 - \exp\left(\frac{-t}{R_{12} \cdot C_{11}}\right) \right], \quad (2)$$

де R_{12} - опір баластного резистора 12.

В виразі (2) впливом допоміжного резистора 13 можна знехтувати, тому що його опір R_{13} має бути значно більше ніж опір R_{12} баластного резистору 12. За рахунок поступового розряду елемента накопичення електроенергії 11, напруга що прикладається до двигуна постійного струму 5 зростає повільно, повільно зростає і пусковий струм I_n , на відміну від прототипу, де вона миттєво зростає до напруги живлення E , що обумовлює стрибок пускового струму до величин:

$$I_{\max} \approx \frac{E}{r_5}, \quad (3)$$

де r_5 - активний опір обмоток двигуна постійного струму 5.

В перетворювачі, що пропонується, навіть у відсутності проти е.р.с, величина пускового струму не може бути більше ніж:

$$I_{n\max} < \frac{E}{(r_5 + R_{12})}, \quad (4)$$

тобто здійснюється обмеження пускового струму і забезпечується більш безпечний режим роботи двигуна постійного струму 5 і ключів мостового інвертора 1. Крім того, обмеження струму пуску можна здійснювати і за рахунок індуктивності обмоток двигуна постійного струму 5 при імпульсному регулюванні відчиненого стану одного з "верхніх" транзисторів мостового інвертора 1. Таким чином, введення додаткових першого і другого діодів 9 і 10, елемента накопичення енергії 11, допоміжного 13 і баластного 12 резисторів дозволяють повільно регулювати і обмежувати пусковий струм, що дозволяє зменшити втрати на обмотках двигуна постійного струму і забезпечити безпечні режими елементів електроприводу.

По закінченню стану пуску, при досягненні сталого обертання ротору двигуна постійного струму 5, починається стан робочого ходу. На цьому етапі електронний ключ 7 зачиняється, а після підзаряду ємностей накопичувача енергії 11 зачиняються перший 9 і другий 10 додаткові діоди. Регулювання швидкості обертання двигуна постійного струму 5 і напрямку обертання здійснюється попарною комутацією ключів мостового інвертора 1 за рахунок використання будь-якого із відомих способів імпульсного регулювання.

Робочий режим відрізняється від аналогічного режиму прототипу тим, що в паузах регулювання, при яких зачиняються всі ключі мостового інвертора 1, частина струму двигуна постійного струму 5

відгалужується до елемента накопичення енергії 11, і підтримує напругу на його виході близьку до напруги живлення E . У випадку підключення до мережі іншого споживача, яке приведе до спаду напруги мережі, енергія, яка була накопичена в елементі накопичення енергії 11 через діод 6 передається до мережі, тобто в паузі можлива рекуперація енергії і збільшення к.к.д. електроприводу.

Зупинка двигуна постійного струму 5 може бути здійснена поступово за рахунок поступового зменшення часу відкривання ключів мостового інвертора 1 або за рахунок одного із видів електричного гальмування: електродинамічного, рекуперативного або сумісного. В будь-якому режимі гальмування "верхні" ключі мостового інвертора 1 зачинені. При електродинамічному гальмуванні від блоку керування 8 на вхід електронного ключа 7 подається сигнал, який відчиняє електронний ключ 7 і струм гальмування тече через один із додаткових діодів 9 або 10, в залежності від попереднього напрямку обертання, баластний резистор 12, електронний ключ 7, спільний провід (другий полюс 3 джерела живлення) і один із "нижніх" зворотних діодів мостового інвертора 1. При цьому механічна енергія двигуна постійного струму витрачається на баластному резисторі 12, але такий режим неефективний енергетично і в перетворювачі, що пропонується, використовується тільки у відсутності у мережі живлення іншого споживача для створення безпечного режиму ключів мостового інвертору 1, які знаходяться в цей час в закритому стані.

Під час рекуперативного гальмування відчиняється, в залежності від напрямку обертання, один із "нижніх" ключів мостового інвертора 1 сигналом з виходу блоку керування 8. Струм гальмування I_0 зростає в залежності від тривалості відкритого стану ключа t_j , до потрібного значення струму I_5 :

$$I_5 \approx I_0 + \left(\frac{e}{r_e} \right) \cdot \exp\left(-t_j \cdot \frac{r_e}{L_e}\right), \quad (5)$$

де e - е.р.с. якоря;

r_e - загальний активний опір обмоток, відкритого ключа і "зворотного" діоду;

L_e - еквівалентна індуктивність обмоток двигуна постійного струму 5.

Після зачинення ключа мостового інвертора 1, в паузі гальмування t_n за рахунок е.р.с. відчиняється один з додаткових діодів 9 або 10 і здійснюється заряд струмом I_5 елемента накопичення енергії 11, напруга U_{11} на виході якого зростає. В той момент, коли напруга U_{11} зрівняється з напругою мережі E відчиняється діод 6 і струм гальмування замикається через опір R_H іншого споживача або через внутрішній опір r_i між першим 2 і другим 3 полюсами джерела живлення, тобто здійснюється рекуперація енергії двигуна постійного струму 5 до мережі, а відповідно здійснюється і підвищення к.к.д. всього приводу. Якщо опір іншого споживача R_H менше ніж еквівалентний опір двигуна постійного струму 5 та відкритих діодів 6 і 9 або 10, тобто до той же мережі підключений

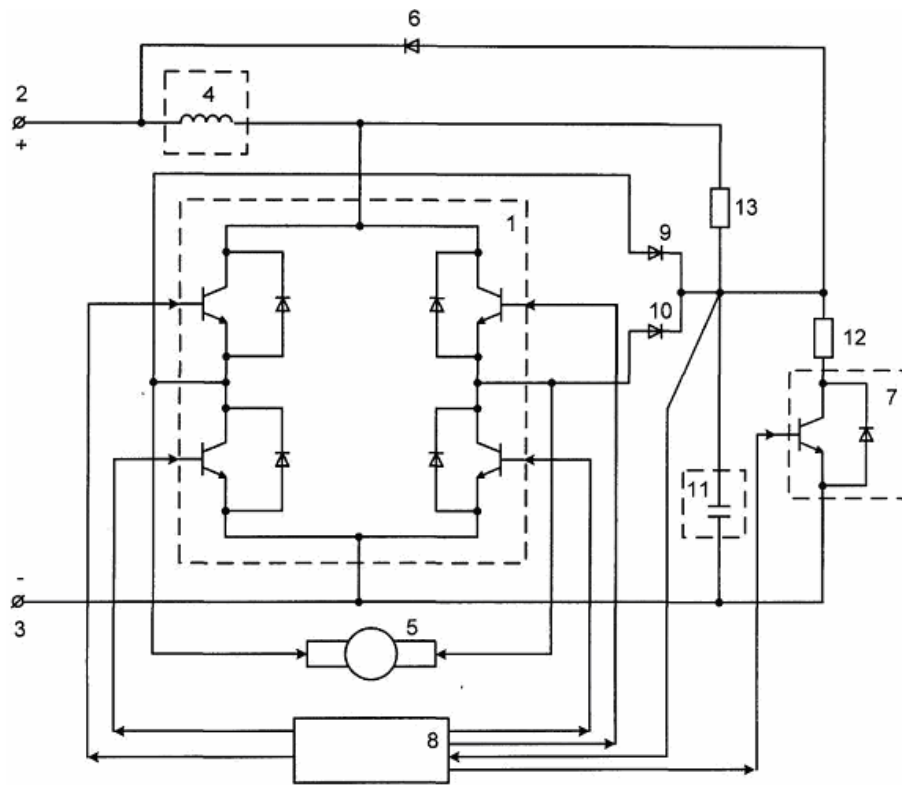
більш потужний споживач або внутрішній опір r_i між полюсами 2 і 3 джерела живлення значно менше ніж той же еквівалентний опір (при живленні від акумулятора), гальмування здійснюється практично постійним струмом, як під час відкритого стану ключа t_i , так і під час паузи t_n . Це дозволяє зменшити втрати на обмотках двигуна і здійснити регулювання струму гальмування. Напруга на всіх елементах перетворювача не перебільшує напруги живлення чим створюються безпечні режими їх функціонування.

При живленні мережі від випрямляча, наприклад на електротранспорті, можлива ситуація коли до полюсів джерела 2 і 3 одночасно з перетворювачем підключений менше потужний споживач або він взагалі відсутній, R_H значно більше r_e . Тоді під час паузи гальмування, при використанні прототипу напруга ΔU рекуперації на полюсах джерела живлення 2 і 3 досягла б великих значень:

$$\Delta U \approx I_5 \cdot R_H \gg E,$$

що привело б до неприпустимо великих значень напруг на елементах перетворювача і випрямляча мережі, а також до спаду струму гальмування. Це робить взагалі неможливим режим рекуперації під час гальмування.

В перетворювачі, що пропонується, при зростанні напруги U_{11} на виході елемента накопичення енергії 11 до максимально допустимого значення E_m сигналом по додатковому входу блоку 8 керування формується сигнал, який відкриває електронний ключ 7 і напруга U_{11} починає зменшуватись, за рахунок розряду елемента накопичення енергії 11 через баластний резистор 12. Під час паузи, струм гальмування підтримується близьким до постійного за рахунок підзарядки елемента 11 накопичення енергії і відгалуження на баластний резистор і до мережі. Якщо напруга U_{11} стане менше за напругу живлення E , діод 6 закривається, рекуперативна складова струму зникає. Напруга U_{11} також буде зменшуватись за рахунок розряду елемента 11 накопичення енергії через баластний резистор 12 і коли вона досягне мінімально допустимого значення E_m , сигналом по додатковому входу блока 8 керування сформується сигнал, який зачиняє електронний ключ 7. З цього моменту струмом гальмування здійснюється зарядка елемента 11 накопичення енергії, напруга U_{11} на його виході зростає, знов відчиняється діод 6 і здійснюється рекуперація. В момент, коли U_{11} досягає максимально допустимого значення E_m , знов відчиняється електронний ключ 7 і процеси повторюються. Таким чином здійснюється підвищення к.к.д. всього приводу. За рахунок того, що напруга на елементах перетворювача контролюється додатковим входом блока 8 керування і ніколи не перебільшує максимально допустимих значень забезпечується безпечний режим роботи елементів перетворювача і випрямляча мережі. Ці обставини і підтверджують виконання задачі, що поставлена.



Фіг.