



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA (11) 96382 (13) C2
(51) МПК
H02M 7/217 (2006.01)

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) ПЕРЕТВОРЮВАЧ ТРИФАЗНОЇ НАПРУГИ В ПОСТІЙНУ

1

2

(21) а201009635

(22) 02.08.2010

(24) 25.10.2011

(46) 25.10.2011, Бюл.№ 20, 2011 р.

(72) БУРЛАКА ВОЛОДИМИР ВОЛОДИМИРОВИЧ,
ГУЛАКОВ СЕРГІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ

(73) ПРИАЗОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

(56) UA 200906374; 25.12.2009

US 5506766 A; 09.04.1996

US 6122183 A; 19.09.2000

WO 9506351 A1; 02.03.1995

F. Stogerer, J. Minibock and J.W. Kolar, "Design and experimental verification of a novel 1.2 kW 480 VAC/24 VDC two-switch three-phase DCM flyback-type unity power factor rectifier", in Proc. IEEE PESC'01, 2001, pp. 914-919

AT 412179B B; 25.10.2004

SU 1078560 A; 07.03.1984

RU 2096901 C1; 20.11.1997

SU 1160514 A; 07.06.1985

(57) 1. Перетворювач трифазної напруги в постійну, що містить вхідний RLC-фільтр, три зворотно-ходових трансформатори, в яких первинна обмотка виконана з відводом від середини, три вихідних однопівперіодних випрямлячі, вихідний конденсатор, шість діодів і силовий ключ із блоком керування, причому до виходу кожної фази вхідного RLC-фільтра підключені середні точки первинних обмоток зворотно-ходових трансформаторів, до початкових виводів обмоток підключені аноди діодів, катоди яких з'єднані між собою і підключені до колектора силового ключа, кінцеві виводи обмоток підключені до катодів діодів, аноди яких з'єднані між собою і підключені до емітера силового ключа, керуючий електрод якого з'єднаний із схемою керування; початкові виводи вторинних обмоток зворотно-ходових трансформаторів через однопівперіодні випрямлячі підключені до позитивного виводу вихідного конденсатора, а кінцеві виводи -

до його негативного виводу, вихід перетворювача утворений виводами вихідного конденсатора, який **відрізняється** тим, що додатково містить ланцюг відведення залишкової енергії поля розсіювання, який складається із першого та другого конденсаторів, першого, другого та третього узгоджено-послідовно включених діодів, прямоходового трансформатора з трьома обмотками, випрямляча із двох вихідних діодів і дроселя, при цьому кінцевий вивід першої обмотки прямоходового трансформатора з'єднаний з анодом першого діода, катод якого з'єднаний з негативним виводом першого конденсатора і анодом другого діода, позитивний вивід першого конденсатора з'єднаний з кінцевим виводом другої обмотки прямоходового трансформатора і з колектором силового ключа, початковий вивід другої обмотки з'єднаний з катодом третього діода, анод якого з'єднаний з позитивним виводом другого конденсатора і катодом другого діода, початковий вивід першої обмотки з'єднаний з негативним виводом другого конденсатора і емітером силового ключа, катоди двох вихідних діодів через дросель підключені до позитивного виводу вихідного конденсатора, при цьому анод першого вихідного діода з'єднаний з початковим виводом третьої обмотки прямоходового трансформатора, а анод другого вихідного діода - з кінцевим виводом цієї обмотки і негативним виводом вихідного конденсатора.

2. Пристрій за п. 1, який **відрізняється** тим, що в схему додатково введено ланцюг із двох узгоджено-послідовно включених діодів, середня точка яких з'єднана з нульовою точкою вхідного RLC-фільтра, причому вільний катод діода з'єднаний з колектором силового ключа, а вільний анод діода з'єднаний з емітером силового ключа.

3. Пристрій за п. 1, який **відрізняється** тим, що силовий ключ виконаний із двох послідовно з'єднаних транзисторів, середня точка яких підключена до нульової точки вхідного RLC-фільтра.

Винахід належить до електротехніки і може бути використаний як джерело постійного струму, що живиться від трифазної мережі і має малі спотворення форми вхідного струму.

Сучасні тенденції розвитку джерел живлення диктують підвищені вимоги до таких їхніх показників, як ККД, потужність на одиницю об'єму, вхідний коефіцієнт потужності (КП), якість стабілізації вихідного струму чи напруги.

(13) C2
(11) 96382
(19) UA

Відомий перетворювач трифазної напруги в постійну на основі зворотногоходового перетворювача (J.Minibock and J.W.Kolar. "Design and experimental investigation of a single-switch three-phase flyback-derived power factor corrector", in Proc.IEEE INTELEC'00, 2000,pp.471-478;J.W.Kolar and F.C.Zach. "Direct three-phase single-stage flyback-type power factor corrector", Electron.Lett., vol.34,p. 1177,June1998), що містить вхідний фільтр, три зворотногоходових трансформатори, в яких первинна обмотка виконана з відводом від середини, шість діодів і транзистор як силовий ключ, та три однопівперіодних випрямлячі, що працюють на загальне навантаження. Перетворювач відрізняється близьким до одиниці коефіцієнтом потужності, простотою керування, малою кількістю силових транзисторів (один) і наявністю трансформаторної розв'язки входу і виходу.

Відома модифікація вищезазначеного перетворювача з двома силовими транзисторами (F.Stogerer, J. Minibock and J.W.Kolar, "Design and experimental verification of a novel 1.2 kW480Vac/24Vdc two-switch three-phase DCM flyback-type unity power factor rectifier", in Proc.IEEE PESC'01,2001,pp.914-919), в якому вдвічі зменшені вимоги до пробивних напруг силових ключів, що дозволяє ефективно застосовувати їх як польові транзистори. Пристрій прийнято за прототип.

Недоліками обох наведених пристроїв є відсутність можливості рекуперації енергії розсіювання зворотногоходових трансформаторів, що входять до їх складу, що призводить до перенапруг на силових елементах перетворювача, зниженню ККД за рахунок додаткових втрат енергії в обмежувальних RCD-ланцюгах.

В основу винаходу поставлено задачу удосконалити перетворювач трифазної напруги в постійну, в якому за рахунок внесення нових елементів і зміни схеми забезпечується підвищення ККД і зменшуються втрати енергії, що поліпшує його споживчі властивості.

Для рішення поставленої задачі в пристрої, що містить вхідний RLC-фільтр, три зворотногоходових трансформатори, в яких первинна обмотка виконана з відводом від середини, три вихідних однопівперіодних випрямлячі, вихідний конденсатор, шість діодів і силовий ключ із блоком керування, причому до виходу кожної фази вхідного RLC-фільтра підключені середні точки первинних обмоток зворотногоходових трансформаторів, до початкових виводів обмоток підключені аноди діодів, катоди яких з'єднані між собою і підключені до колектора силового ключа, кінцеві виводи обмоток підключені до катодів діодів, аноди яких з'єднані між собою і підключені до емітера силового ключа, керуючий електрод якого з'єднаний із схемою керування; початкові виводи вторинних обмоток зворотногоходових трансформаторів через однопівперіодні випрямлячі підключені до "плюса" (позитивного виводу) вихідного конденсатора, а кінці - до його "мінуса" (негативного виводу), вихід перетворювача утворений виводами вихідного конденсатора, відповідно до винаходу, пристрій додатково містить ланцюг відведення залишкової енергії поля розсіювання, який складається із двох конденсаторів, трьох узгоджено-послідовно вклю-

чених діодів, прямоходового трансформатора з трьома обмотками, випрямляча із двох вихідних діодів і дроселя, при цьому кінцевий вивід першої обмотки прямоходового трансформатора з'єднаний з анодом першого діода, катод якого з'єднаний з "мінусом" (негативним виводом) першого конденсатора і анодом другого діода, "плюс"(позитивний вивід) першого конденсатора з'єднаний з кінцевим виводом другої обмотки прямоходового трансформатора і з колектором силового ключа, початковий вивід другої обмотки з'єднаний з катодом третього діода, анод якого з'єднаний з "плюсом" (позитивним виводом) другого конденсатора і катодом другого діода, початковий вивід першої обмотки з'єднаний з "мінусом" (негативним виводом) другого конденсатора і емітером силового ключа, катоди двох вихідних діодів через дросель підключені до "плюса" (позитивного виводу) вихідного конденсатора, при цьому анод першого вихідного діода з'єднаний з початковим виводом третьої обмотки прямоходового трансформатора, а анод другого вихідного діода - з кінцевим виводом цієї обмотки і "мінусом" (негативним виводом) вихідного конденсатора.

При цьому в схему може бути додатково введено ланцюг із двох узгоджено-послідовно включених діодів, середня точка яких з'єднана з нульовою точкою вхідного RLC-фільтра, причому вільний катод діода з'єднаний з колектором силового ключа, а вільний анод діода з'єднаний з емітером силового ключа.

Окрім цього, силовий ключ може бути виконаний із двох послідовно з'єднаних транзисторів, середня точка яких підключена до нульової точки вхідного RLC-фільтра.

Суть винаходу пояснюється кресленнями, де на фіг. 1 представлено блок-схему перетворювача трифазної напруги в постійну, на фіг. 2 - його електричну схему, на фіг. 3 - варіант схеми фіг. 2 із зменшеним впливом різниці характеристик трансформаторів на якість формування вхідних струмів, на фіг. 4 - варіант схеми фіг. 3 із зменшеними вимогами до робочої напруги ключових транзисторів.

Як приклад виконання перетворювача з вихідною напругою 48 В і максимальним струмом навантаження 50 А і частотою комутації 20 кГц приведений пристрій, який містить вхідний RLC-фільтр 1 ($L_1=L_2=L_3=330$ мкГн 7 А, $C_1 = C_2 = C_3=4,7$ мкФ 400 В, $R_1=R_2=R_3=100$ Ом 2 Вт, фіг. 2), до якого підключені три зворотногоходових трансформатори 2, у яких первинна обмотка виконана з відводом від середини (Т1-Т3 з коефіцієнтом трансформації (2,4+2,4):1, фіг. 2), три вихідних однопівперіодних випрямлячі 3 (VD3,VD6,VD9 типу 80EBU04, фіг. 2), підключених до вторинних обмоток трансформаторів 2, і навантажених на вихідний конденсатор 4 ($C_6=4700$ мкФ 63 В, фіг. 2), шість діодів (VD1,VD2,VD4,VD5,VD7,VD8) типу DSEP30-12AR і силовий ключ 5 (VT1) типу IRG4PSH71U із блоком керування 6 (UC3844, фіг. 2). Ланцюг відведення залишкової енергії поля розсіювання 7 складається із двох конденсаторів ($C_4 = C_5=165$ мкФ 800 В - по 2 з'єднані послідовно конденсатори 330 мкФ 400 В, фіг. 2), трьох узгоджено-послідовно включених діодів (VD10,VD11,VD12 типу DSEP30-12AR, фіг. 2), прямоходового трансформатора з трьома

обмотками (Т4 з коефіцієнтом трансформації 10:10:1), випрямляча із двох вихідних діодів (VD13,VD14 типу 70CRU04, фіг. 2) і дроселя ($L_4=200$ мкГн 25 А). З'єднання елементів електричної схеми виконано відповідно до фіг. 2.

При використанні більш потужних ключових та напівпровідникових компонентів, індуктивних елементів потужність запропонованого перетворювача можна підвищити на порядок.

Пристрій працює в такий спосіб.

Застосований метод керування перетворювачем - широтно-імпульсна модуляція з постійною частотою. Шпаруватість імпульсів керування ключем VT1 перетворювача встановлюється залежно від потрібної вихідної потужності. Робота складається з двох тактів: прямий хід (відкритий стан VT1) з накопленням енергії у магнітному полі трансформаторів Т1 - Т3 та передачею енергії конденсаторів С4, С5 у навантаження через Т4, і зворотний хід (закритий стан VT1) з передачею енергії магнітного поля Т1 - Т3 у навантаження через їх вторинні обмотки та діоди VD3,VD6,VD9 і відведення залишкової енергії (полів розсіювання) Т1 - Т4 у конденсатори С4, С5. Схеми працює в режимі переривчастого магнітного потоку у трансформаторах Т1 - Т3.

При відкритті силового ключа VT1 первинні обмотки Т1 - Т3 утворюють симетричну зірку, нулем якої являється VT1. Завдяки симетрії характеристик Т1 - Т3 напруги на них розподіляються також симетрично і дорівнюють напругам фаз мережі живлення. За рахунок діодів VD1,VD2,VD4,VD5,VD7,VD8 струми намагнічування мають незмінні напрямки незалежно від полярностей миттєвих напруг фаз. В цей час діоди VD3,VD6,VD9 закриті зворотною напругою. Відбувається накопичення енергії в індуктивностях намагнічування Т1 - Т3.

В цей же час конденсатори С4, С5 опиняються з'єднаними через транзистор VT1 та діоди VD11,VD12 з обмотками трансформатора Т4. Діод VD13 відкривається і відбувається передача енергії С4, С5 через дросель L_4 до виходу перетворювача (конденсатор С6). Діоди VD10,VD14 у цей час закриті зворотною напругою.

Завдяки лінійному характеру індуктивностей намагнічування Т1 - Т3 їх вхідні струми на момент закриття VT1 є пропорційними відповідним фазним напругам, а оскільки частота комутації незмінна, те саме можна сказати і про середні вхідні струми. Таким чином, перетворювач відносно мережі являє собою симетричне активне навантаження з коефіцієнтом потужності, близьким до одиниці.

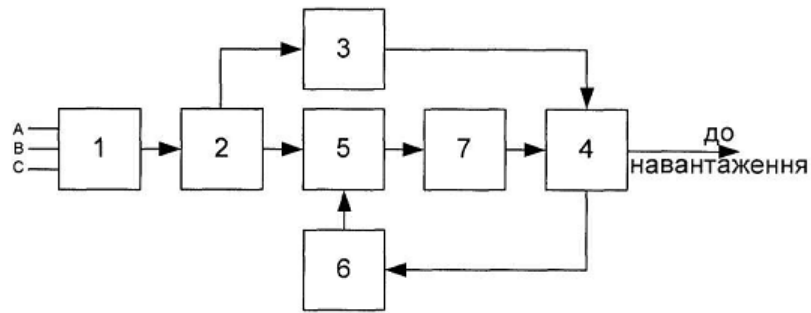
В закритому стані силового ключа VT1 відбувається обрив ланцюгів первинних обмоток Т1 - Т3. ЕРС самоіндукції, що виникає під час зниження їх первинного струму, відкриває діоди VD3,VD6,VD9. Відбувається передача енергії магнітних полів Т1 - Т3 до вихідного конденсатора С6. Вхідні ж струми Т1 - Т3 швидко спадають до нуля. Для досягнення близького до одиниці коефіцієнту потужності необхідною умовою є повне розмагнічування Т1 - Т3, у протилежному випадку середні вхідні струми перетворювача не будуть пропорційні відповідним фазним напругам.

Залишки енергії, що накопичені у полях розсіювання Т1 - Т3, потрапляють через діоди VD1,VD2,VD4,VD5,VD7,VD8 (залежно від напрямку відповідного струму) та діод VD10 до конденсаторів С4, С5. До них же потрапляє і енергія, накопичена у магнітному полі трансформатора Т4. Така рециркуляція енергії дозволяє підвищити ККД перетворювача та значно знизити вимоги до виготовлення трансформаторів Т1 - Т4, оскільки підвищення їх розсіювання не призведе до підвищення втрат енергії в перетворювачі.

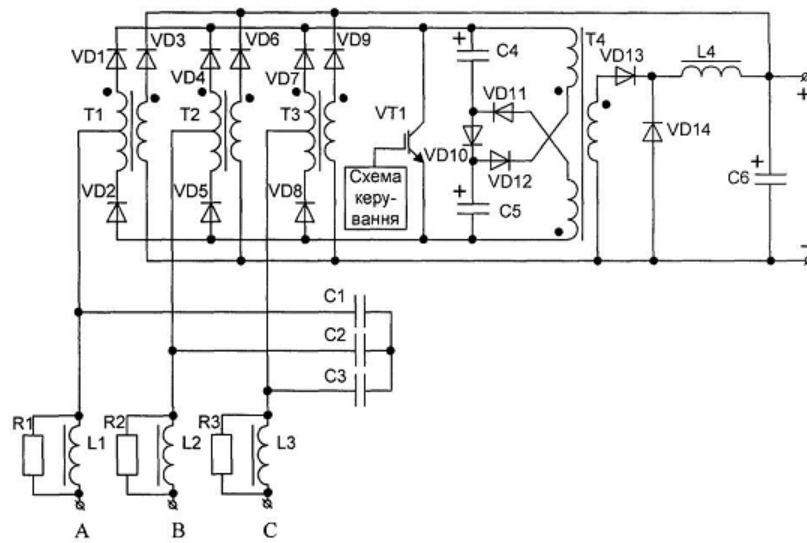
На якість формування вхідних струмів великий вплив має розбіжність характеристик намагнічування трансформаторів Т1 - Т3. Для зменшення негативного впливу цих розбіжностей нульова точка Т1 - Т3, яка утворюється при відкритті VT1, може бути з'єднана з нульовою точкою вхідного RLC-фільтра. Це здійснюється за рахунок введення в схему двох додаткових діодів. Отримана схема наведена на фіг. 3. Додаткові діоди -VD15,VD16 - для варіанта перетворювача потужністю 2,4 кВт, описаного вище - типу DSEP30-12AR.

Для зменшення вимог до пробивної напруги силового ключа його можна замінити двома послідовно з'єднаними транзисторами із зворотними діодами. При цьому для забезпечення контрольованого розподілу напруги між ними і зменшення впливу розбіжностей характеристик трансформаторів їх середню точку можна з'єднати з нульовою точкою вхідного RLC-фільтра. Отримана схема наведена на фіг. 4. Силовий ключ виконано на двох польових транзисторах VT1,VT2 типу IRFPS43N50K (для вихідної потужності 2,4 кВт). Керування обома транзисторами синхронне, від існуючої схеми керування.

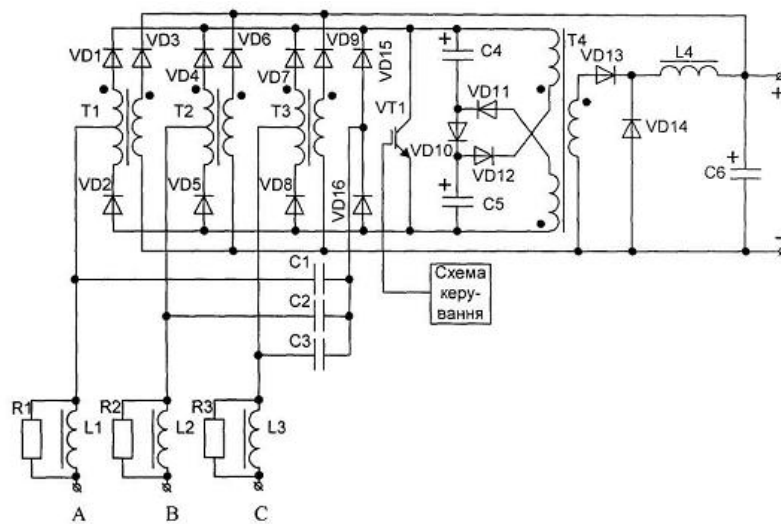
Застосування запропонованого перетворювача трифазної напруги в постійну дозволить підвищити якість напруги мережі живлення, зменшити втрати енергії в перетворювачі, покращити його масогабаритні характеристики.



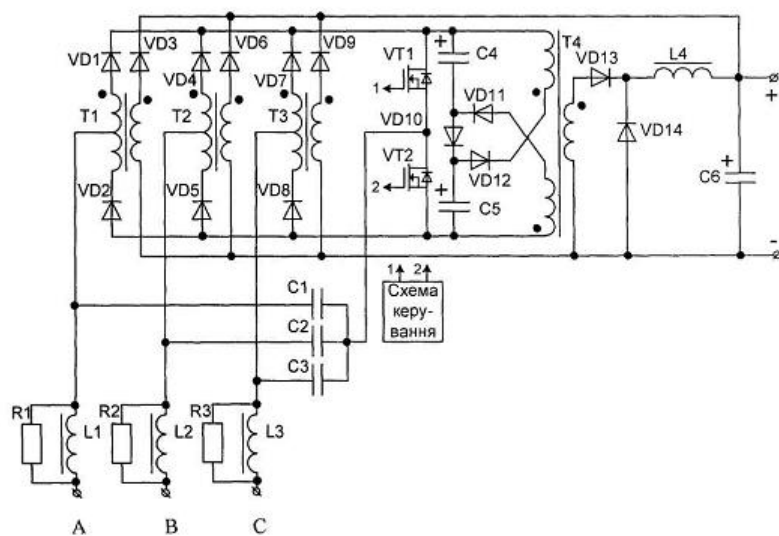
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фіг. 4