



УКРАЇНА

(19) UA (11) 94778 (13) C2  
(51) МПК  
H02M 7/217 (2006.01)МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) ДЖЕРЕЛО ЖИВЛЕННЯ З БЕЗПОСЕРЕДНІМ ПЕРЕТВОРЕННЯМ

1

2

(21) а200906374

(22) 19.06.2009

(24) 10.06.2011

(46) 10.06.2011, Бюл.№ 11, 2011 р.

(72) БУРЛАКА ВОЛОДИМИР ВОЛОДИМИРОВИЧ,  
ГУЛАКОВ СЕРГІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ(73) ПРИАЗОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ

(56) EP 0743744 A2; 20.11.1996

US 2003039134 A1; 27.02.2003

RU 2240595 C1; 20.11.2004

SU 1086525 A1; 15.04.1984

SU 1141531 A1; 23.02.1985

EP 0606664 A1; 20.07.1994

JP 61227677 A; 09.10.1986

US 2004267468 A1; 30.12.2004

GB 2087171 A; 19.05.1982

Перспективные источники сварочного тока / С.Д.  
Рудык, В.Е. Турчанинов, С.Н. Флоренцев // Электротехника. - №7/98. - С. 8-13

(57) Джерело живлення з безпосереднім перетворенням, що містить вхідний LC-фільтр, напівпровідникові ключі, високочастотний трансформатор з повітряним зазором і однонапівперіодний випрямляч із дроселем, що згладжує, а також блок керування, який зв'язаний з керуючими електродами

ключів, яке **відрізняється** тим, що додатково містить три паралельно включених діодно-транзисторних комутатори, кожний з яких складається з послідовно з'єднаних двох зустрічно включених діодних пар і транзистора, емітер якого підключено до загальної точки з'єднання анодів першої пари діодів, колектор транзистора підключено до точки з'єднання катодів другої пари діодів, точка з'єднання першої і другої пар діодів підключена до виходу фільтра, загальні точки з'єднання катодів перших пар діодів і анодів других пар діодів підключені до первинної обмотки високочастотного трансформатора через ланцюг розмагнічування, що складається з послідовно включеного з первинною обмоткою діода, паралельно якому включені послідовно з'єднані транзистор і конденсатор, і другого діода, катод якого підключено до точки з'єднання колектора транзистора і конденсатора, а анод підключено до другого виводу первинної обмотки, причому вторинна обмотка високочастотного трансформатора підключена через однонапівперіодний випрямляч і дросель, що згладжує, до виходу джерела живлення, при цьому однойменні виводи обмоток підключені - первинна до катода діода ланцюга, що розмагнічує, а вторинна до анода випрямного діода.

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. Цим вимогам найбільше відповідають джерела живлення з високочастотним перетворенням.

Відомі джерела живлення, що складаються з трансформатора, що працює на частоті мережі, і тиристорного випрямляча з дроселем, що згладжує, у ланцюзі постійного струму (Зварювальні джерела живлення: навчальний посібник / В.І.Голошубов. - К.: Арістей, 2005. - 448с.).

Для даних джерел живлення характерна велика маса силового трансформатора, несинусоїдальний характер вхідного струму через тиристорний випрямляч (як наслідок - низький КП), наявність у вихідному струмі пульсацій з частотою, що кратна частоті мережі, великі габарити вихідного дроселя, низькі динамічні характеристики, що приводить до погіршення їхніх споживчих якостей.

Відомі інверторні джерела живлення, виконані за схемою подвійного перетворення (Состояние, тенденции и перспективы развития высокочастотных сварочных преобразователей (Обзор) / А.Е.Коротынский //Автоматическая сварка. - 2002. - №7. - С.50-62.).

Напруга мережі випрямляється некерованим, керованим чи активним випрямлячем, згладжується і потім надходить до DC-DC перетворювача,

(13) C2

(11) 94778

(19) UA

виконаного по одноконтній, напівмостовій чи мостовій схемі (Мощный одноконтный преобразователь постоянного напряжения с "мягкой" коммутацией силового ключа / С.Д.Рудык, В.Е.Турчанинов, С.Н.Флоренцев //Электротехника.- №4 / 99. - С.55-58).

Пристрої з некерованими (діодними) чи керованими (тиристорними) випрямлячами мають не-синусоїдальний характер вхідного струму.

Джерела з активним випрямлячем мають низький коефіцієнт гармонік вхідного струму, але знижений на 2-3% ККД через наявність додаткового перетворювача. Наявність високовольтного електролітичного конденсатора в ланцюзі постійного струму створює проблеми його початкового заряду при включенні джерела і низької надійності в умовах тривалої роботи при імпульсному струмі.

Відоме однофазне джерело живлення з безпосереднім перетворенням, що містить вхідний LC-фільтр, два однонаправлених транзисторних ключі, блок керування, зв'язаний з керуючими електродами ключів, одноконтний високочастотний трансформатор із двома первинними обмотками й однонапівперіодний випрямляч із дроселем, що згладжує, (Перспективные источники сварочного тока / С.Д.Рудык, В.Е.Турчанинов, С.Н.Флоренцев // Электротехника.- №7 / 98. - С.8-13), у якому виключено функцію випрямлення вхідної напруги й отримано добрі результати по ККД і КП. Пристрій прийнято за прототип.

У відомому пристрої силові ключі піддаються перенапругам, що досягають подвоєної напруги живлення. Крім того, відсутність накопичувача енергії не дозволяє підтримувати живлення навантаження в моменти переходу напруги мережі через нуль. Ці особливості негативно впливають на якість роботи джерела й обмежують його область застосування.

В основу винаходу поставлено задачу удосконалити джерело живлення з безпосереднім перетворенням, у якому за рахунок внесення нових елементів і зміни схеми забезпечується безпосереднє перетворення трифазної напруги в постійну при високих ККД і КП, що дозволяє забезпечити якісне регулювання вихідної напруги і поліпшити споживчі властивості джерела.

Для вирішення поставленої задачі пристрій, що містить вхідний LC-фільтр, напівпровідникові ключі, високочастотний трансформатор з повітряним зазором і однонапівперіодний випрямляч із дроселем, що згладжує, а також блок керування, зв'язаний з керуючими електродами ключів, відповідно до винаходу, додатково містить три паралельно включених діодно-транзисторних комутатори, кожний з яких складається з послідовно з'єднаних двох зустрічно включених діодних пар і транзистора, емітер якого підключено до загальної точки з'єднання анодів першої пари діодів, колектор транзистора підключено до точки з'єднання катодів другої пари діодів, точка з'єднання першої і другої пар діодів підключена до виходу фільтра, загальні точки з'єднання катодів перших пар діодів і анодів других пар діодів підключені до первинної обмотки високочастотного трансформатора через ланцюг розмагнічування, що складається з послідовно

включеного з первинною обмоткою діода, паралельно якому включені послідовно з'єднані транзистор і конденсатор, і другого діода, катод якого підключено до точки з'єднання колектора транзистора і конденсатора, а анод підключено до другого виводу первинної обмотки, вторинна обмотка високочастотного трансформатора підключена через однонапівперіодний випрямляч і дросель, що згладжує, до виходу джерела, при цьому однойменні виводи (початки чи кінці) обмоток підключені - первинна до катода діода ланцюга, що розмагнічує, а вторинна до анода випрямного діода.

Суть винаходу пояснюється кресленнями, де на Фіг.1 представлено блок-схему джерела, на Фіг.2 - схему силової частини. Пристрій містить вхідний LC-фільтр 1 (L1-L3 330мкГн×50А, С1-С3 4,7мкф×630В, Фіг.2), до якого підключені три діодно-транзисторних комутатори 2-4 (VD1-VD12, VT1-VT3, Фіг.2, застосовано три модулі VUI3012N1 IXYS), виходи яких підключено через ланцюг розмагнічування 5 (VD15 HFA32PA120C, VT4 IRG4PH50U, VD16 40EPS16, C4 33мкф×1000В, Фіг.2) до високочастотного одноконтного розділового трансформатора 6 (Т1 з коефіцієнтом трансформації 4, Фіг.2), вторинна обмотка якого підключена до випрямляча 7 (VD13, VD14 150ЕВU04, L4 30мкГн×300А, Фіг.2), схему керування 8 (на Фіг.2 показана умовно). Напруга холостого ходу джерела 60В, струм навантаження до 300А.

Пристрій працює в такий спосіб.

Первинна обмотка трансформатора Т1 з високою частотою (що у 10...1000 раз перевищує частоту мережі) поперемінно підключається до фаз мережі через два відкритих діодно-транзисторних комутатори. Послідовність переключення вибирається так, щоб за період переключення середнє значення напруги на первинній обмотці Т1 дорівнювало нулю:

$$\int_0^{T_{sw}} u_{T1} dt = 0, \quad (1),$$

де  $u_1$  - напруга на первинній обмотці Т1;

$T_{sw}$  - період переключення.

Ця умова необхідна для забезпечення повного розмагнічування магнітопроводу Т1. При цьому на виході мостового випрямлювача напруга буде до-

рівнювати  $\left| \frac{u_{T1}}{K_{T1}} \right|$ , де  $K_{T1}$  - коефіцієнт трансформації

Т1. Середню (за період переключення) вихідну напругу визначимо з урахуванням вихідного фільтра (L4):

$$U = \frac{1}{T_{sw}} \int_0^{T_{sw}} \left| \frac{u_{T1}}{K_{T1}} \right| dt \quad (2).$$

Таким чином, змінюючи порядок підключення Т1 до фаз мережі (дотримуючись при цьому умови (1), можна керувати вихідною напругою і, що не-маловажно, формою вхідного струму.

Прийmemo  $t_a, t_b, t_c$  - час підключення трансформатора до фаз А, В, С.

Позначимо  $D_a = t_a / T_{sw}$ ,  $D_b = t_b / T_{sw}$ ,  $D_c = t_c / T_{sw}$  - скважності стосовно фаз А, В, С відповідно. Тоді

для вхідних струмів розглянутого перетворювача можна записати:

$$\begin{aligned} i_a &= I_H \cdot D_a \cdot \sin \alpha(u_a), \\ i_b &= I_H \cdot D_b \cdot \sin \alpha(u_b), \\ i_c &= I_H \cdot D_c \cdot \sin \alpha(u_c), \end{aligned} \quad (3),$$

де  $I_H$  - приведений до первинної сторони струм навантаження,  $u_a, u_b, u_c$  - фазні напруги мережі. Для забезпечення близького до одиниці коефіцієнта потужності необхідно, щоб вхідний струм у кожній фазі був пропорційний відповідній фазній напрузі. Це може бути досягнуто шляхом вибору скважностей у такий спосіб:

$$\begin{aligned} D_a &= \gamma \cdot |u_a|, \\ D_b &= \gamma \cdot |u_b|, \\ D_c &= \gamma \cdot |u_c|, \end{aligned} \quad (4),$$

де  $\gamma$  - коефіцієнт, що визначає вихідну напругу. Середня за час  $T_{sw}$  напруга на первинній обмотці трансформатора визначається як

$$U_{T1} = u_a \cdot D_a + u_b \cdot D_b + u_c \cdot D_c \quad (5),$$

причому знак цієї напруги визначається номерами включених ключів. Підставивши (4) у (5), одержимо

$$U_{T1} = \gamma \cdot (u_a^2 + u_b^2 + u_c^2) = 1,5\gamma \cdot U_{фм}^2, \quad (6),$$

де  $U_{фм}$  - амплітуда фазної напруги мережі.

Таким чином, дотримуючись умови (4), можна домогтися близько до одиниці коефіцієнта потужності джерела. Крім цього, з (6) випливає ще один важливий висновок: на виході джерела відсутні пульсації з частотою мереж. Це дозволяє значно підвищити якість напруги перетворювача і зменшити вимоги до вихідного фільтра.

Слід зазначити, що за умовою повного розмагнічування осердя T1 максимальна скважність дорівнює 0,5.

Розмагнічування трансформатора відбувається при закритих діодно-транзисторних комутаторах, при цьому струм первинної обмотки протікає по ланцюзі T1-VD16-C4-VD15-T1. Енергія магнітного поля передається в конденсатор C4, заряджаючи його. Розряд C4 відбувається на прямому ході при відкритих діодно-транзисторних комутаторах і відкритому транзисторі VT4.

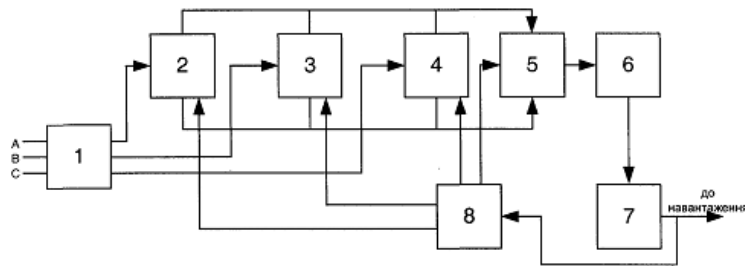


Fig. 1

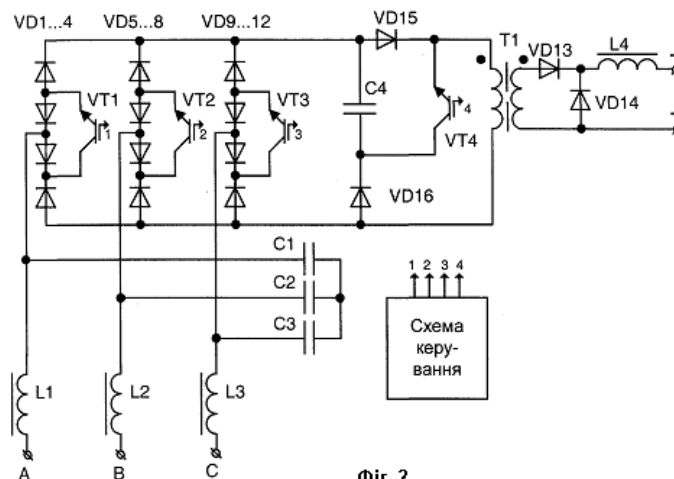


Fig. 2