



УКРАЇНА

(19) UA (11) 92420 (13) C2
(51) МПК
H02H 7/09 (2006.01)МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) ТРИФАЗНИЙ ВИПРЯМЛЯЧ ЗВАРЮВАЛЬНОГО СТРУМУ З БЕЗПОСЕРЕДНІМ ПЕРЕТВОРЕННЯМ

1

(21) а200907499

(22) 17.07.2009

(24) 25.10.2010

(46) 25.10.2010, Бюл. № 20, 2010 р.

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

(56) US 5329439 A, 12.07.1994

US 6693813 B2, 17.02.2004

EP 00533158 A2, 03.24.1993

Рудык С.Д., Ткрчанинов В.Е., Флоренцев
С.Н. Перспективные источники сварочного тока // Электротехника. - 1998. - №7. - С. 8-13.

Коротынский А.Е. Состояние, тенденции и перспективы развития высокочастотных сварочных преобразователей (Обзор) // Автоматическая сварка. - 2002. - №7. - С. 50-62.

Рудык С.Д., Турчанинов В.Е., Флоренцев С.Н. Мощный однотактный преобразователь постоянного

2

напряжения с "мягкой" коммутацией силового ключа // Электротехника. - 1999. - №4. - С. 55-58.

(57) Трифазный выпрямляч зварювального струму з безпосереднім перетворенням, що містить вхідний LC-фільтр, напівпровідникові ключі, високочастотний трансформатор і випрямляч із дроселем, що згладжує; блок керування, зв'язаний з керуючими електродами ключів, кожний вивід первинної обмотки високочастотного трансформатора з'єднаний з фазами мережі після LC-фільтра через три двонаправлених напівпровідникових ключі, кожний з яких складається з двох послідовно включених транзисторів зі зворотними діодами, а вторинна обмотка трансформатора підключена через двонапівперіодний випрямляч і дросель, що згладжує, до виходу джерела, який відрізняється тим, що двонаправлені напівпровідникові ключі виконані у вигляді біполярних транзисторів з ізолюванням затвором (IGBT) із ультрашвидкими зворотними діодами, що виконані на окремих кристалах.

Винахід відноситься 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 у найбільшій мірі відповідають джерела живлення з високочастотним перетворенням.

Відомі джерела живлення, що складаються з трансформатора, який 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. - 448 с.).

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, №7 /2002. - с. 50-62).

Напруга мережі випрямляється некерованим, керованим чи активним випрямлячем, згладжується і потім надходить до DC-DC перетворювача, виконаного по однотактній, напівмостовій чи мостовій схемі (Мощный однотактный 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 несинусоїдальний характер вхідного струму.

Джерела з активним випрямлячем мають низький коефіцієнт гармонік вхідного струму, та знижений на 2-3 % ККД через наявність додаткового перетворювача. Наявність високовольного елект-

(13) C2

(11) 92420

(19) UA

ролітичного конденсатора в ланцюзі постійного струму створює проблеми його початкового заряду при включенні джерела і має низьку надійність в умовах тривалої роботи при імпульсному струмі, та в умовах низьких температур.

Відоме однофазне зварювальне джерело живлення з безпосереднім перетворенням, що містить вхідний LC-фільтр, два однонаправлених транзисторних ключі, блок керування, зв'язаний з керуючими електродами ключів, однотактний 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.

Недоліком пристрою є використання прямоходового однотактного трансформатора, що призводить (у зв'язку з підмагнічуванням сердечника) до погіршення масогабаритних характеристик, 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 рішення поставленої задачі в джерелі живлення, що містить вхідний LC-фільтр, напівпровідникові ключі, високочастотний трансформатор і випрямляч із дроселем, що згладжує, а також блок керування, зв'язаний з керуючими електродами ключів, відповідно до винаходу, кожен вивід первинної обмотки високочастотного трансформатора з'єднаний з фазами мережі після LC-фільтра через три двонаправлених напівпровідникових ключі, кожний з яких складається з двох послідовно включених транзисторів зі зворотними діодами, а вторинна обмотка трансформатора підключена через двонапівперіодний випрямляч і дросель, що згладжує, до виходу джерела.

Суть винаходу пояснюється кресленнями, де на Фіг.1 представлена блок-схема джерела, на Фіг.2 - схема силової частини.

Пристрій містить вхідний LC-фільтр 1 (L1-L3 330 мкГн × 50 А, C1-C3 4,7 мкФ × 630 В, Фіг.2), матрицю ключів 2 (VT1-VT12 IRG4PH50UD, Фіг.2), високочастотний розділовий трансформатор 3 (Т1 з коефіцієнтом трансформації 9, Фіг.2), вихідний випрямляч (VD1, VD2 150ЕВU04 L4 30 мкГн × 300 А, Фіг.2), схему керування 5 (на Фіг.2 показана умовно). Схема являє собою матричний перетворювач з 3-фазним входом і 2-фазним виходом, навантажений на високочастотний трансформа-

тор. Напруга холостого ходу джерела 60 В, струм навантаження до 300 А.

Пристрій працює в такий спосіб.

Первинна обмотка трансформатора Т1 (3 на Фіг.1) з високою частотою (що у 10...1000 раз перевищує частоту мережі) поперемінно підключається до фаз мережі через матрицю ключів 2 (Фіг.1), причому для запобігання міжфазних замикань у кожен момент часу замкнутий тільки один ключ із групи (VT1-VT2, VT5-VT6, VT9-VT10) і один із групи (VT3-VT4, VT7-VT8, VT11-VT12). Конденсатори С1-С3 згладжують імпульсні викиди напруги її моменти переключення ключів. Послідовність переключення вибирається такою, 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 запобігання підмагнічування і насичення магнітопроводу Т1. При цьому на виході мостового випрямлювача напруга буде

дорівнювати $\left| \frac{u_{T1}}{K_{T1}} \right|$ де K_{T1} - коефіцієнт трансформації Т1. Середню (за період переключення) вихідну напругу визначимо з урахуванням вихідного фільтру (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, Б, С.

Позначимо $D_a = t_a / T_{sw}$, $D_b = t_b / T_{sw}$,

$D_c = t_c / T_{sw}$ - скважності стосовно фаз А, Б, С відповідно. Тоді для вхідних струмів розглянутого перетворювача. можна записати:

$$\begin{aligned} i_a &= I_H \cdot D_a \cdot \text{sign}(\text{фаз А}), \\ i_b &= I_H \cdot D_b \cdot \text{sign}(\text{фаз Б}), \\ i_c &= I_H \cdot D_c \cdot \text{sign}(\text{фаз С}), \end{aligned} \quad (3)$$

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 пропорційним 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 γ - коефіцієнт, що визначає вихідну напругу.

Середня за час T_{sw} напруга на первинній обмотці трансформатора визначається як

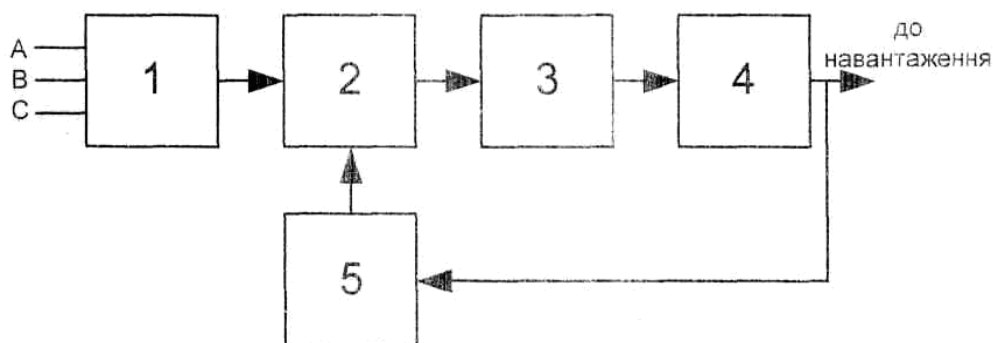
$$U_{T1} = u_a \cdot D_a + u_b \cdot D_b + u_c \cdot D_c, \quad (5)$$

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

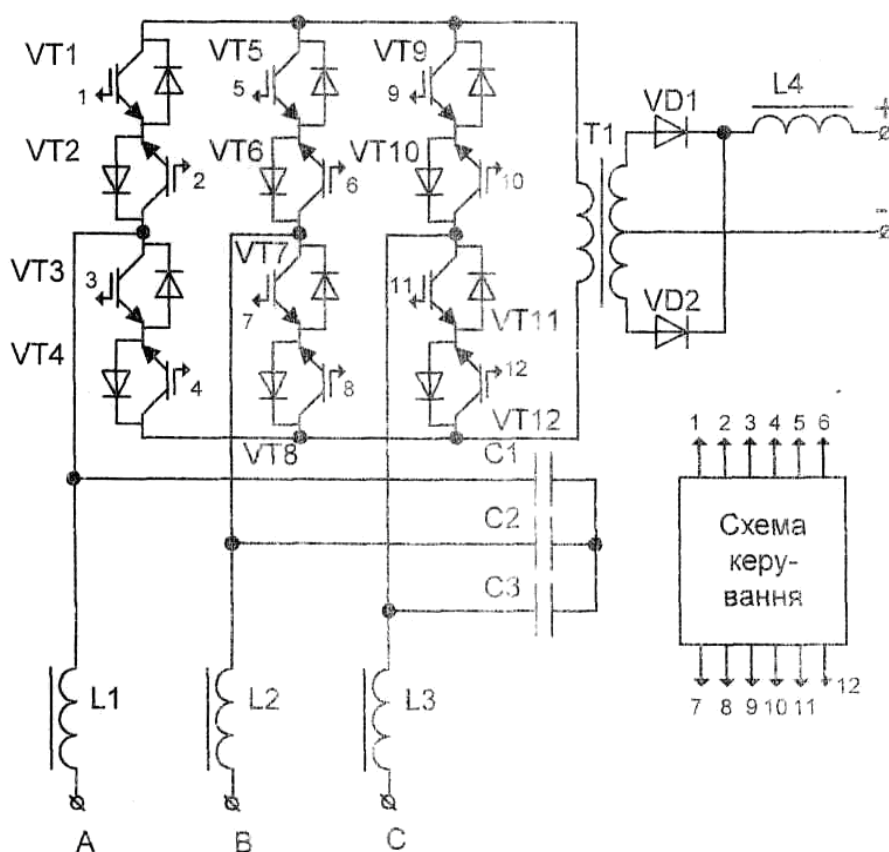
$$U_{T1} = \gamma \cdot (u_a^2 + u_b^2 + u_c^2) = 1,5 \gamma \cdot U_{\text{фм}}^2, \quad (6)$$

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

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



Фіг.1



Фіг.2