



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **92979** (13) **C2**  
(51) **МПК-2011.01**  
**B23K 9/00**  
**H02H 7/09** (2011.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

### (54) ОДНОТАКТНЕ ДЖЕРЕЛО ЖИВЛЕННЯ З БЕЗПОСЕРЕДНІМ ПЕРЕТВОРЕННЯМ

1

(21) a200906448  
(22) 19.06.2009  
(24) 27.12.2010  
(46) 27.12.2010, Бюл.№ 24, 2010 р.  
(72) БУРЛАКА ВОЛОДИМИР ВОЛОДИМИРОВИЧ,  
ГУЛАКОВ СЕРГІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ  
(73) ПРИАЗОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ  
(56) US 5329439 A; 12.07.1994  
EP 0582133 A1; 09.02.1994  
JP 7236279 A; 05.09.1995  
WO 9953602 A1; 21.10.1999  
(57) Однотактне джерело живлення з безпосереднім перетворенням, що містить вхідний LC-фільтр, напівпровідникові ключі, височастотний трансформатор з повітряним зазором і випрямляч із

2

дроселем, що згладжує, а також блок керування, зв'язаний з керуючими електродами ключів, яке **відрізняється** тим, що кожен вивід первинної обмотки трансформатора з'єднаний через LC-фільтр із фазами мережі через три однонаправлених напівпровідникових ключі, кожний з яких складається з послідовно включених діода і транзистора, при цьому забезпечено згодне включення ключів кожної фази, а вторинна обмотка трансформатора підключена через однонапівперіодний випрямляч і дросель, що згладжує, до виходу джерела, при цьому трансформатор виконано із зазором у магнітному ланцюзі, а однойменні виводи (початки чи кінці) обмоток підключені - первинна до катодів ключів, а вторинна до анода випрямного діода.

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 височастотним перетворенням.

Відомі джерела живлення, що складаються з трансформатора, що працює на частоті мережі, і тиристорного випрямлювача 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 випрямлювач (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 некерованием, керованим чи активним випрямлювачем, згладжується і потім надходить до DC-DC перетворювача, виконаного по одноконтурній, напівмостовій чи мостовій схемі (Мощный одноконтурный 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) випрямлювачами мають несинусоїдальний характер вхідного струму.

Джерела з активним випрямлювачем 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 низкою надійності в умовах тривалої роботи при імпульсному струмі.

(19) **UA** (11) **92979** (13) **C2**

Відоме однофазне однокітне джерело живлення з безпосереднім перетворенням, що містить вхідний LC-фільтр, два однонаправлених транзисторних ключі, блок керування, зв'язаний з керуючими електродами ключів, однокітний високочастотний трансформатор із двома первинними обмотками й однонапівперіодний випрямлювач 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 однокітне джерело живлення з безпосереднім перетворенням, у якому за рахунок введення 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 пристрої, що містить вхідний LC-фільтр, напівпровідникові ключі, високочастотний трансформатор з повітряним зазором і випрямлювач із дроселем, що згладжує, а також блок керування, зв'язаний з керуючими електродами ключів, відповідно до винаходу, кожен вивід первинної обмотки трансформатора з'єднаний через LC-фільтр із фазами мережі через три однонаправлених напівпровідникових ключі, кожний з яких складається з послідовно включених діода і транзистора, при цьому забезпечено згодне включення ключів кожної фази, а вторинна обмотка трансформатора підключена через однонапівперіодний випрямлювач і дросель, що згладжує, до виходу джерела, при цьому трансформатор виконано із зазором у магнітному ланцюзі, а однопольові виводи (початки чи кінці) обмоток підключені - первинна до катодів ключів, 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 підключена матриця однонаправлених ключів 2 (VT1 - VT6 IRG4PSH71UD, VD1 - VD6 HFA80FA120, Фіг.2), вихід матриці з'єднаний з високочастотним однокітним розділовим трансформатором 3 (Т1 з коефіцієнтом трансформації 4, Фіг.2), вторинна обмотка якого підключена до вихідного випрямлювача 4 (VD7, VD8 150ЕВU04, L4 30мкГн×300А, Фіг.2), при цьому сигнали керування для матриці ключів формує схема керування 5 (на Фіг.2 показана умовно). Схема являє собою однонаправлений матричний перетворювач з 3-

фазним входом і 2-фазним виходом, навантажений на високочастотний трансформатор.

Пристрій працює в такий спосіб.

Первинна обмотка трансформатора Т1 (3, Фіг.1) з високою частотою (що у 10...1000 раз перевищує частоту мережі) поперемінно підключається до фаз мережі за допомогою матриці ключів 2 (Фіг.1), причому в кожний момент часу відкритий тільки один ключ із групи VT1, VT3, VT5 і один із групи VT2, VT4, VT6. Конденсатори С1-С3 згладжують імпульсні викиди напруги в моменти переключення ключів. Послідовність переключення вибирається такий, щоб за період переключення середнє значення напруги на первинній обмотці Т1 дорівнювало нулю:

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

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 трансфор-

мації 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 неможливо, 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:

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

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.

Середнє 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.

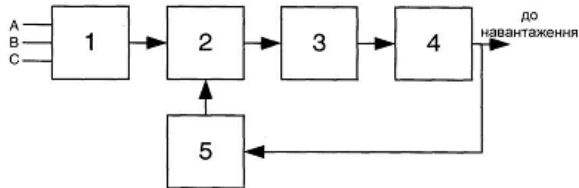
Підставивши (4) у (5), одержимо

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

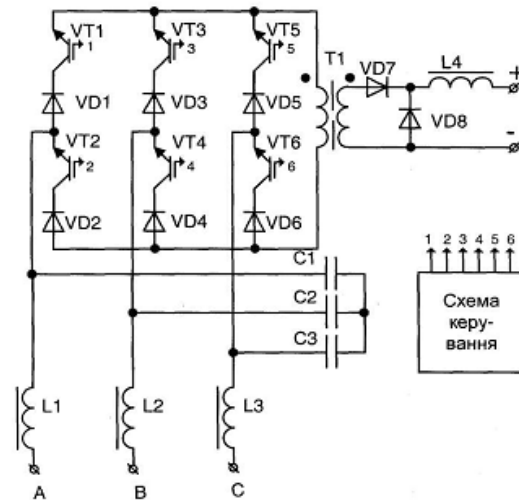
де  $U_{\phi M}$  - амплітуда фазної напруги мережі.

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.

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



Фіг. 1



Фіг. 2