



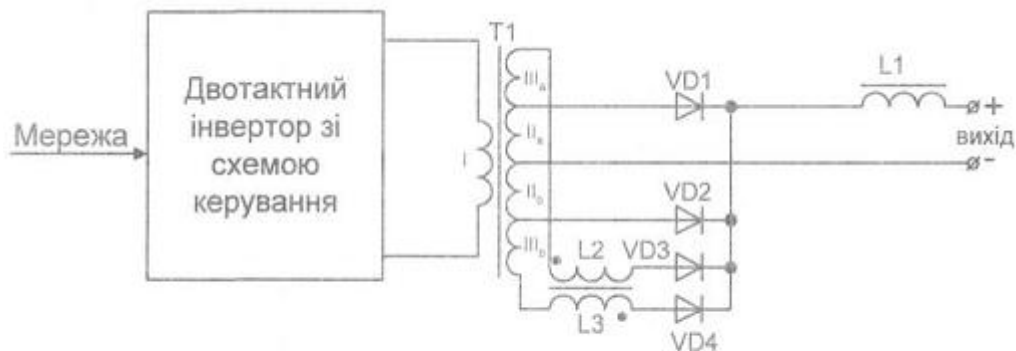
УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **114991** (13) **C2**
(51) МПК**B23K 9/09** (2006.01)**B23K 9/10** (2006.01)**H02M 7/155** (2006.01)**H02M 7/493** (2007.01)МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД****(21)** Номер заявки: **а 2016 06825****(22)** Дата подання заявки: **22.06.2016****(24)** Дата, з якої є чинними
права на винахід: **28.08.2017****(41)** Публікація відомостей
про заявку: **10.02.2017, Бюл.№ 3****(46)** Публікація відомостей
про видачу патенту: **28.08.2017, Бюл.№ 16****(72)** Винахідник(и):**Бурлака Володимир Володимирович**
(UA),**Гулаков Сергій Володимирович (UA)****(73)** Власник(и):**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ**
ЗАКЛАД "ПРИАЗОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ",
вул. Університетська, 7, м. Маріуполь,
87500 (UA)**(56)** Перелік документів, взятих до уваги
експертизою:A. J. L. Joannou, D. C. Pentz, "Implementation
of a Primary Tapped Transformer in a High
Frequency Isolated Power Converter", in Proc.
IEEE Africon 2011 - The Falls Resort and
Conference Centre, Livingstone, Zambia, 13-
15 September 2011
Jaroslav Dudrik, Juraj Oetter, "High-Frequency
Soft-Switching DC-DC Converter for Voltage
and Current DC Sources". - Acta Polytechnica
Hungarica, Vol. 4, No. 2, 2007. - Technical
University of Košice, Slovak Republic
UA 102641 C2, 25.07.2013
UA 92979 C2, 27.12.2010
UA 102631 C2, 25.07.2013
RU 2140344 C1, 27.10.1999
RU 2339491 C2, 27.11.2008
WO 2011074846 A2, 23.06.2011
US 4106087 A, 08.08.1978**(54) ДВОТАКТНЕ ІНВЕРТОРНЕ ЗВАРЮВАЛЬНЕ ДЖЕРЕЛО ЖИВЛЕННЯ****(57)** Реферат:

Винахід належить до електродугового зварювання і може бути використаний для покращення споживчих характеристик інверторних зварювальних джерел живлення, що мають у своєму складі трансформатор і вихідний випрямляч із дроселем, що згладжує. В основу винаходу поставлено задачу удосконалити двотактне інверторне зварювальне джерело живлення, в якому за рахунок внесення нових елементів забезпечується підвищення вихідної напруги при малих струмах навантаження без зміни коефіцієнта трансформації силового високочастотного трансформатора, що дозволяє підвищити ККД джерела і його питому потужність. Підвищення напруги при малих струмах навантаження забезпечується за рахунок додатково введенного в схему випрямляча з реактивним обмеженням струму дроселями. На відміну від відомих схем з баластними резисторами такий підхід дозволяє уникнути додаткових втрат активної потужності. Застосування запропонованого схемного рішення дозволяє забезпечити підвищену вихідну

UA 114991 C2

напругу інверторного зварювального джерела живлення при холостому ході та при малих струмах навантаження, що полегшує процес підпалення дуги при дуговому зварюванні. При цьому коефіцієнт трансформації трансформатора для основного випрямляча залишається незмінним, а первинний струм зростає незначно. Це дозволяє уникнути підвищення струмового навантаження на інвертор джерела, що дозволить підвищити питому потужність і ККД при покращенні споживчих властивостей.



Фіг. 2

Винахід належить до електродугового зварювання і може бути використаний для покращення споживчих характеристик інверторних зварювальних джерел живлення, що мають у своєму складі трансформатор і вихідний випрямляч із дроселем, що згладжує.

Завдання живлення зварювальної дуги визначає характерні вимоги до джерела: підвищена напруга холостого ходу для полегшення запалювання дуги; необхідність стабільної роботи при змінах вихідної напруги (довжини дуги); можливість роботи в режимі стабілізації напруги або струму (CV-Constant Voltage або CC - Constant Current); високі ККД і коефіцієнт потужності; висока питома потужність і мала вага. Найбільшою мірою цим вимогам задовольняють джерела живлення з високочастотним перетворенням енергії - інверторні.

Переважає більшість інверторних зварювальних джерел будується на основі прямоходового (Forward), напівмостового (Half Bridge) або мостового (Full Bridge) перетворювачів з діодним випрямлячем на вторинній стороні високочастотного трансформатора. Мостові перетворювачі відрізняються підвищеним використанням силових компонентів і тому застосовуються в джерелах високої потужності. Основною особливістю джерел живлення для зварювання є досить велика напруга холостого ходу, необхідна для легкої ініціації дугового розряду.

Відоме технічне рішення двотактного інверторного зварювального джерела живлення, в якому для забезпечення підвищеної напруги холостого ходу і полегшення запалювання дуги, а також для підтримки "чергової" дуги застосовується подвійний випрямляч з баластовим струмообмежуючим резистором (Голошубов В.І. Зварювальні джерела живлення. – К.: Арістей, 2005. - 448 с.). Недоліком пристрою є великі втрати потужності на цьому резисторі.

Відоме технічне рішення двотактного інверторного зварювального джерела живлення (А. J. L. Joannou, D. C. Pentz, "Implementation of a Primary Tapped Transformer in a High Frequency Isolated Power Converter", in Proc. IEEE Africon 2011-The Falls Resort and Conference Centre, Livingstone, Zambia, 13-15 September 2011), в якому для забезпечення регулювання вихідної напруги в широких межах трансформатор виконано з двома первинними обмотками, а в мостовий інвертор додатково введені два однонаправлених і два двонаправлених ключі. Недоліком схеми є необхідність застосування багатьох додаткових активних силових елементів і підвищена складність системи керування ними.

Відоме технічне рішення двотактного інверторного зварювального джерела живлення - прототип (Jaroslav Dudrik, Juraj Oetter, "High-Frequency Soft-Switching DC-DC Converter for Voltage and Current DC Sources". - Acta Polytechnica Hungarica, Vol. 4, No. 2, 2007. - Technical University of Košice, Slovak Republic), що містить двотактний інвертор зі схемою керування, до виходу якого підключено первинну обмотку високочастотного трансформатора, вторинна обмотка цього трансформатора виконана з відводом від середини, крайні її виводи підключені до анодів двох діодів вихідного випрямляча, катоди діодів з'єднані між собою і підключені до виходу джерела через дросель, що згладжує.

Схема дозволяє забезпечити регулювання вихідного струму в широких межах. Проте для цілей зварювання бажано мати підвищену напругу холостого ходу джерела живлення. Так, робоча вихідна напруга при зварюванні становить (9...40) В (в залежності від виду процесу - MMA, TIG, MAG, MIG), а напруга холостого ходу для легкої ініціації дугового розряду має бути (80...120) В. Це призводить до необхідності розраховувати трансформатор на підвищену вихідну напругу, що в свою чергу веде до збільшення струму його первинної обмотки і збільшенню втрат в інверторі. Крім того, силові компоненти інвертора мають бути вибрані на збільшений струм, що погіршує техніко-економічні показники інверторного зварювального джерела живлення.

В основу винаходу поставлено задачу удосконалити двотактне інверторне зварювальне джерело живлення, в якому за рахунок внесення нових елементів забезпечується підвищення вихідної напруги при малих струмах навантаження без зміни коефіцієнта трансформації силового високочастотного трансформатора, що дозволить підвищити ККД джерела і його питому потужність, тим самим покращити техніко-економічні та споживчі показники.

Для рішення поставленої задачі в двотактному інверторному зварювальному джерелі живлення, що містить двотактний інвертор зі схемою керування, до виходу якого підключено первинну обмотку високочастотного трансформатора, вторинна обмотка цього трансформатора виконана з відводом від середини, крайні її виводи підключені до анодів двох діодів вихідного випрямляча, катоди діодів з'єднані між собою і підключені до виходу джерела через дросель, що згладжує, відповідно до винаходу, в схему додатково введені два дроселі з магнітним зв'язком і два діоди, в високочастотний трансформатор введені дві додаткові обмотки, які підключені до кінців вторинної обмотки цього трансформатора і з'єднані згідно-послідовно з нею, вільні виводи додаткових обмоток підключені: перший - до початку обмотки першого додаткового дроселя і другий - до кінця обмотки другого додаткового дроселя, аноди двох

додаткових діодів підключені до вільних виводів додаткових дроселів, катоди з'єднані між собою і підключені до точки з'єднання катодів діодів вихідного випрямляча.

Суть винаходу пояснюється кресленнями, де на фіг. 1 наведено блок-схему двотактного інверторного зварювального джерела живлення, на фіг. 2 - електричну схему його силової частини.

Розглянемо приклад реалізації пристрою.

Схема складається з двотактного інвертора зі схемою керування 1 (мостовий інвертор з живленням від постійної напруги 300 В, частота перемикання 30 кГц, широтно-імпульсне управління), до виходу якого підключено первинну обмотку високочастотного трансформатора 2 (Т1, фіг. 2, осердя ETD59/31/22, обмотка I має 27 витків), вторинна обмотка (II_a, II_b, обидві по 6 витків, фіг. 2) цього трансформатора виконана з відводом від середини, крайні її виводи підключені до анодів двох діодів вихідного випрямляча 3 (VD1, VD2 150EBU04, фіг. 2), катоди діодів з'єднані між собою і підключені до виходу джерела через дросель 4 (L1, фіг. 2, 33 витка на тороїдальному осерді з розпиленого заліза T200-52), що згладжує. В високочастотний трансформатор Т1 введені дві додаткові обмотки (III_a, III_b обидві по 5 витків, фіг. 2), які підключені до кінців вторинної обмотки цього трансформатора і з'єднані згідно-послідовно з нею, вільні виводи додаткових обмоток підключені: перший - до початку обмотки першого додаткового дроселя 5 (L2, фіг. 2) і другий - до кінця обмотки другого додаткового дроселя 6 (L3, фіг. 2), аноди двох додаткових діодів 7 (VD3, VD4 - збірка 30CPU04, фіг. 2) підключені до вільних виводів додаткових дроселів, катоди з'єднані між собою і підключені до точки з'єднання катодів діодів вихідного випрямляча 3. Дроселі L2, L3 намотані на тороїдальному осерді з розпиленого заліза Т175-52 і мають по 25 витків.

Пристрій працює в такий спосіб.

Підвищення напруги при малих струмах навантаження забезпечується за рахунок додатково введеного в схему випрямляча на діодах VD3, VD4 (фіг. 2) з реактивним обмеженням струму дроселями L2, L3 (фіг. 2). На відміну від відомих схем з баластними резисторами такий підхід дозволяє уникнути додаткових втрат активної потужності. Якщо вихідна напруга інвертора є меандром з частотою f , то максимальний струм діодів VD3, VD4 при безперервному вихідному струмі джерела дорівнюватиме

$$I_{3\max} = \frac{\frac{u_3}{2L_3 \cdot f}}{1 + \frac{u_3}{u_3 + 2u_2}},$$

де u_3 - напруга на додатковій обмотці III_a або III_b (ці напруги однакові), u_2 - напруга на обмотці II_a або II_b (ці напруги однакові), L_3 - індуктивність дроселя L3 або L4 (вони однакові).

Так, для наведених вище номіналів компонентів і амплітуді напруги на первинній обмотці Т1 300 В струм $I_{3\max}$ дорівнює приблизно 14 А. При роботі під навантаженням (при безперервному вихідному струмі в L1) $I_{3\max}$ залишається майже незмінним, тобто наявність додаткового випрямляча (VD3, VD4) не призводить до значного підвищення навантаження на інвертор. Вихідний струм інвертора визначається головним чином приведеним струмом навантаження, який протікає через діоди основного вихідного випрямляча VD1, VD2.

Оскільки дроселі L3, L4 працюють з постійною складовою струму, для усунення одностороннього підмагнічування вони виконані на одному осерді і включені протифазно. Наявність взаємної індуктивності між ними не має значного впливу на роботу схеми, оскільки струми в L3 та L4 з'являються в різні моменти часу - вони працюють на різних півхвилях напруги трансформатора.

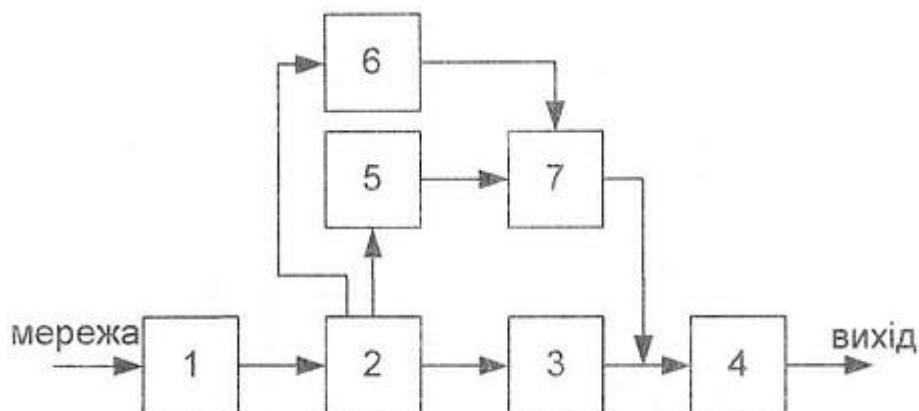
Таким чином, топологія схеми, наведена на фіг. 2, дозволяє забезпечити підвищену вихідну напругу інверторного зварювального джерела живлення при холостому ході та при малих струмах навантаження, що полегшує процес підпалення дуги при зварюванні.

При цьому коефіцієнт трансформації трансформатора для основного випрямляча залишається незмінним, а первинний струм зростає незначно. Це дозволяє уникнути підвищення струмового навантаження на інвертор джерела, що дозволить підвищити питому потужність і ККД при покращенні споживчих властивостей.

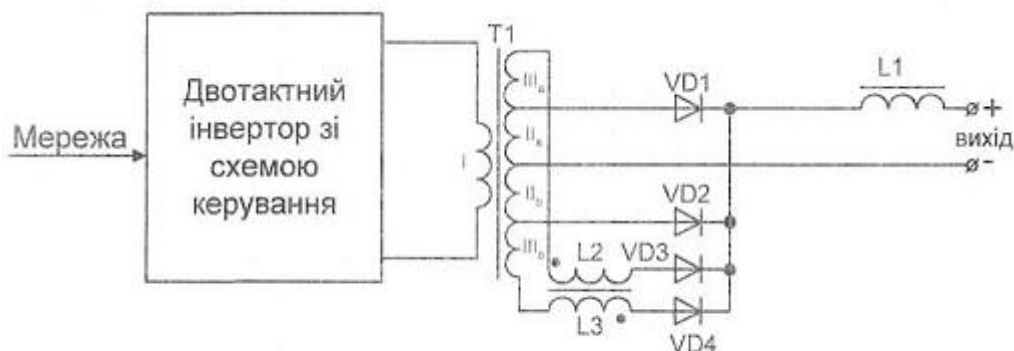
ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Двотактне інверторне зварювальне джерело живлення, що містить двотактний інвертор зі схемою керування, до виходу якого підключено первинну обмотку високочастотного трансформатора, вторинна обмотка цього трансформатора виконана з відводом від середини,

- 5 країні її виводи підключені до анодів двох діодів вихідного випрямляча, а катоди діодів з'єднані між собою і підключені до виходу джерела через дросель, що згладжує, яке **відрізняється** тим, що в схему джерела живлення додатково введені два дроселі з магнітним зв'язком і два діоди, у високочастотний трансформатор введені дві додаткові обмотки, які підключені до кінців вторинної обмотки цього трансформатора і з'єднані згідно-послідовно з нею, причому вільні виводи додаткових обмоток підключені: перший - до початку обмотки першого додаткового дроселя, а другий - до кінця обмотки другого додаткового дроселя, при цьому аноди двох додаткових діодів підключені до вільних виводів додаткових дроселів, а катоди з'єднані між собою і підключені до точки з'єднання катодів діодів вихідного випрямляча.



Фіг. 1



Фіг. 2