



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 85260

(13) C2

(51) МПК (2006)

B23K 9/10

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

### (54) ЗВАРЮВАЛЬНЕ ДЖЕРЕЛО ЖИВЛЕННЯ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ (ВАРІАНТИ)

1

2

(21) а200701115

(22) 05.02.2007

(24) 12.01.2009

(46) 12.01.2009, Бюл.№ 1, 2009 р.

(72) КОРОТИНСЬКИЙ ОЛЕКСАНДР ЄВТІХІЄВИЧ,  
UA, СКОПЮК МИХАЙЛО ІВАНОВИЧ, UA, КИРИ-  
ЧЕНКО ВОЛОДИМИР ВАСИЛЬОВИЧ, UA, ОХРІМ-  
ЧУК СЕРГІЙ ВАСИЛЬОВИЧ, UA

(73) ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДА-  
ЛЬНІСТЮ "ЕПІС", UA

(56) SU 189972, 16.12.1966

SU 315541, 01.10.1971

SU 1076227 A, 28.02.1984

SU 1639907 A1, 07.04.1991

US 3911243, 07.10.1975

(57) 1. Зварювальне джерело живлення постійного струму, до складу якого входять зварювальний знижувальний трансформатор, первинна обмотка якого підключена до мережі живлення; один з виводів вторинної обмотки зварювального трансформатора підключений до одного з AC входів мостового випрямляча напруги, один з DC виходів мостового випрямляча підключений до першого входу зварювального проміжку, та блок, що складається з двох конденсаторів, два виводи яких підключені до DC виходів мостового випрямляча, яке **відрізняється** тим, що до його складу введені ємнісний накопичувач, вхід якого підключений до другого виходу вторинної обмотки зварювального трансформатора, а вихід - до другого AC входу мостового випрямляча напруги, два індуктивні накопичувачі, перші виводи яких підключені відповідно до других виходів конденсаторів, а другі ви-

води підключені до одного з виводів ключа, при цьому другий вивід ключа підключений до одного з AC входів мостового випрямляча, а керуючий вхід підключений до виходу блока узгодження, вхід якого підключений до виходу датчика струму, який включений між другим DC виходом мостового випрямляча та другим входом зварювального проміжку.

2. Зварювальне джерело живлення постійного струму, до складу якого входять зварювальний знижувальний трансформатор, первинна обмотка якого підключена до мережі живлення; один з виводів вторинної обмотки зварювального трансформатора підключений до одного з AC входів мостового випрямляча напруги, один з DC виходів мостового випрямляча підключений до першого входу зварювального проміжку, та блок, що складається з двох конденсаторів, два виводи яких підключені до DC виходів мостового випрямляча, яке **відрізняється** тим, що до його складу введені ємнісний накопичувач, вхід якого підключений до другого виходу вторинної обмотки зварювального трансформатора, а вихід - до другого AC входу мостового випрямляча напруги, два індуктивні накопичувачі, перші виводи яких підключені відповідно до других виходів конденсаторів, а другі виводи підключені до одного з виводів ключа, при цьому другий вивід ключа підключений до одного з AC входів мостового випрямляча, а керуючий вхід підключений до виходу блока узгодження, вхід якого підключений до виходу ємнісного накопичувача.

Винахід відноситься до галузі електротехнології, а саме - до джерел живлення електродугових та плазмових процесів зварювання, різання, наплення та наплавлювання металів.

В сучасних умовах є актуальним створення конкурентоспроможних джерел зварювального струму, характерною ознакою яких є енергетична економічність та економічне використання конструктивних матеріалів при їх виробництві.

Відоме джерело живлення зварювальної дуги постійного струму, до складу якого входять зварювальний понижуючий трансформатор, вторинна обмотка якого складається з двох однакових обмоток, включених послідовно, двопівперіодний випрямляч, мостовий випрямляч та два конденсатори. Входи мостового випрямляча через конденсатори, а входи двотчівперіодного випрямляча напряму, підключені до виходів вторинної обмотки трансформатора, а їх виходи - до виходів джерела

(13) C2

(11) 85260

(19) UA

живлення зварювальної дуги. [Ас. СРСР №1639907 А1, МПК<sup>7</sup>:B23K9/09, опубл. 07.04.91, Бюл. №13].

При підключенні цього джерела до мережі живлення на його виходах встановлюється напруга холостого ходу, величина якої вдвічі перевищує напругу, яка встановилась на одній з двох обмоток. Завдяки цій напрузі відбувається початковий та повторні підпали дуги. З початком процесу зварювання опір зварювального проміжку зменшується і на виходах джерела встановлюється напруга горіння дуги, яка забезпечується струмом двоперіодного випрямляча. Останній працює до тих пір, доки існує дуга. При зникненні дуги процес зварювання переривається і на входах зварювального проміжку знову встановлюється напруга холостого ходу. До недоліків джерела живлення необхідно віднести складність конструкції та нееконномні витрати напівпровідникових елементів.

Найближчим аналогом винаходу, що пропонується, прийняте зварювальне джерело живлення постійного струму, до складу якого входять зварювальний понижуючий трансформатор, первинна обмотка якого підключена до мережі живлення; один з виводів вторинної обмотки зварювального трансформатора підключений до одного з АС входів мостового випрямляча напруги, один з DC виходів мостового випрямляча підключений до першого входу зварювального проміжку та блок, що складається з двох конденсаторів, два виводи яких підключені до DC виходів мостового випрямляча [Ас. СРСР №1076227, МПК<sup>7</sup>:B23K9/06, опубл. в Бюл. №8, 1984р.].

При підключенні цього джерела до мережі живлення напруга з виходів вторинної обмотки надходить на АС входи мостового випрямляча напруги, в перший півперіод змінного струму з виходу вторинної обмотки через одне плече мостового випрямляча заряджається один з конденсаторів до величини амплітудного значення напруги з виходу вторинної обмотки; під час другого півперіоду заряджається другий конденсатор до тієї ж величини напруги. Таким чином, на входах зварювального проміжку встановлюється напруга холостого ходу, величина якої в 2.8 рази перевищує ефективне значення напруги на АС входах мостового випрямляча. Ця напруга використовується в якості напруги підпалу електричної дуги. Процес зварювання починається з моменту виникнення електричної дуги в зварювальному проміжку та продовжується до тих пір, поки існує дуга. Через те, що величина зварювального струму значно перевищує величину струму підпалу дуги, блок конденсаторів не встигає накопити необхідний заряд, який забезпечує напругу холостого ходу при умові відсутності електричної дуги в зварювального проміжку. При зникненні останньої процес зварювання переривається і на входах зварювального проміжку знову встановлюється напруга холостого ходу.

Недоліком цього зварювального джерела живлення є низька якість зварювання, низька стабільність підпалу дуги, підвищене розбризкування, низька енергетична ефективність та низький рівень електричної безпеки в режимі холостого ходу.

Причиною вищевказаних недоліків є, по-перше, відсутність в зварювальному колі конструктивних елементів, здатних згладжувати коливання зварювального струму, які знижують якість зварювання (формування зварювальних швів). По-друге, зовнішня вольт-амперна характеристика блоку конденсаторів не відповідає вольт-амперній характеристиці дуги в режимі підпалу. Блок конденсаторів безпосередньо підключений до зварювального проміжку і в моменти, коли опір зварювального проміжку зменшується (а це є характерним для початку процесу зварювання та моментів повторного підпалу дуги), величина струму розряду конденсаторів спадає надто швидко для того, щоб іскра, що виникає між деталлю та електродом в режимі початку процесу зварювання, могла б розвинути в повноцінну електричну дугу. Саме це призводить до зниження стабільності підпалу дуги на початку зварювального процесу. З іншого боку, в початковий момент розряду конденсаторів швидкість наростання величини струму значно перевищує рівень, який необхідний для повторного підпалу дуги, що приводить до підвищення розбризкування в режимі повторного підпалу дуги. По-третє, низький рівень електричної безпеки в режимі холостого ходу пов'язаний з тим, що при мінімально допустимій напрузі на виході вторинної обмотки зварювального трансформатора, яка здатна забезпечувати якісне зварювання, приблизно 40В (АС ефект), напруга холостого ходу перевищує максимально допустиму (безпечну) напругу (згідно ДСТ напруга холостого ходу не повинна перевищувати 100В DC). Причиною низької енергетичної ефективності є те, що опір зварювального кола, до складу якого входять зварювальний понижуючий трансформатор, мостовий випрямляч напруги та зварювальний проміжок, має індуктивний характер, що збільшує реактивну складову потужності джерела (знижується коефіцієнт потужності, який ще називають косинус  $\phi$ ).

В основу першого варіанту винаходу поставлена задача підвищення якості зварювання, поліпшення стабільності підпалу дуги, зниження розбризкування, підвищення енергетичної ефективності під час зварювання та рівня електричної безпеки в режимі холостого ходу в зварювальному джерелі живлення постійного струму шляхом удосконалення його конструктивного виконання, зокрема, оснащення джерела одним ємнісним і двома індуктивними накопичувачами та оптимізації зв'язків основних функціональних елементів, що входять до складу зварювального джерела, в результаті чого забезпечується згладжування коливань зварювального струму, в режимі підпалу дуги досягається узгодження вольт-амперних характеристик блоку конденсаторів і дуги, забезпечується адекватність швидкості наростання величини струму в початковий момент розряду конденсаторів та швидкості, потрібної для повторного підпалу дуги, змінюється характер опору зварювального кола з індуктивного на індуктивно-ємнісний, і тим самим забезпечується майже повна компенсація реактивної складової в потужності джерела.

В основу другого варіанту винаходу поставлена задача підвищення якості зварювання, поліп-

шення стабільності підпалу дуги, зниження розбризкування, підвищення енергетичної ефективності під час зварювання та рівня електричної безпеки в режимі холостого ходу зварювального джерела живлення постійного струму шляхом удосконалення його конструктивного виконання, зокрема, оснащення джерела одним ємнісним і двома індуктивними накопичувачами та оптимізації зв'язків основних функціональних елементів, що входять до складу зварювального джерела, а також використання ємнісного накопичувача в якості датчика струму, в результаті чого джерело живлення конструктивно спрощується, забезпечується згладжування коливань зварювального струму, в режимі підпалу дуги досягається узгодження вольт-амперних характеристик блоку конденсаторів і дуги, забезпечується адекватність швидкості наростання величини струму в початковий момент розряду конденсаторів і швидкості, потрібної для повторного підпалу дуги, змінюється характер опору зварювального кола з індуктивного на індуктивно-ємнісний, і тим самим забезпечується майже повна компенсація реактивної складової в потужності джерела.

Поставлена задача вирішується тим, що до зварювального джерела живлення постійного струму, до складу якого входять зварювальний понижуючий трансформатор, первинна обмотка якого підключена до мережі живлення; один з виводів вторинної обмотки зварювального трансформатора підключений до одного з АС входів мостового випрямляча напруги, один з DC виводів мостового випрямляча підключений до першого входу зварювального проміжку та блок, що складається з двох конденсаторів, два виводи яких підключені до DC виводів мостового випрямляча, згідно до першого варіанту запропонованого винаходу, введені ємнісний накопичувач, вхід якого підключений до другого виходу вторинної обмотки зварювального трансформатора, а вихід - до другого АС входу мостового випрямляча напруги, два індуктивні накопичувачі, перші виводи яких підключені відповідно до других виводів конденсаторів, а другі виводи підключені до одного з виводів ключа, при цьому другий вивід ключа підключений до одного з АС входів мостового випрямляча, а управляючий вхід підключений до виходу блоку узгодження, вхід якого підключений до виходу датчика струму, який включений між другим DC виходом мостового випрямляча та другим входом зварювального проміжку.

Поставлена задача вирішується також тим, що до зварювального джерела живлення постійного струму, до складу якого входять зварювальний понижуючий трансформатор, первинна обмотка якого підключена до мережі живлення; один з виводів вторинної обмотки зварювального трансформатора підключений до одного з АС входів мостового випрямляча напруги, один з DC виводів мостового випрямляча підключений до першого входу зварювального проміжку та блок, що складається з двох конденсаторів, два виводи, яких підключені до DC виводів мостового випрямляча, згідно до другого варіанту винаходу, введені ємнісний накопичувач, вхід якого підключений до другого виходу вторинної обмотки зварювального

трансформатора, а вихід - до другого АС входу мостового випрямляча напруги, два індуктивні накопичувачі, перші виводи яких підключені відповідно до других виводів конденсаторів, а другі виводи підключені до одного з виводів ключа, при цьому другий вивід ключа підключений до одного з АС входів мостового випрямляча, а управляючий вхід підключений до виходу блоку узгодження, вхід якого підключений до виходу ємнісного накопичувача.

Зазначений вище технічний результат, що забезпечується в процесі роботи запропонованих двох варіантів зварювального джерела живлення, обумовлений ознаками, які відрізняють обидва пристрої від ознак подібних зварювальних джерел, описаних згідно відомого рівня техніки, зокрема, описаних у винаході, прийнятому за прототип. Другий варіант пристрою, забезпечуючи той же технічний результат, що і перший, має дещо спрощену схему конструктивного виконання.

Введення до складу зварювального джерела ємнісного накопичувача (конденсатора) забезпечує згладжування коливань зварювального струму, які можуть виникати в зварювальному колі з різних причин, наприклад, за рахунок випадкової або періодичної зміни довжини дуги, яка може виникати при переміщенні зварювальної ванни та ін. Завдяки присутності ємнісного накопичувача короточасне переривання дуги не приводить до розмикання ключа (до складу блоку узгодження входять елементи затримки), і в такі моменти на входах зварювального проміжку встановлюється напруга, величина якої в 2.8 раз перевищує напругу на АС входах мостового випрямляча напруги, що повторно підпалює дугу в зварювальному проміжку. Більш тривале переривання дуги призводить до розмикання ключа і зварювальне джерело живлення постійного струму переходить до початкового стану, при якому на входах зварювального проміжку встановлюється напруга холостого ходу (величина якої в 1.4 рази перевищує ефективну величину напруги на АС входах мостового випрямляча напруги).

Як було сказано вище, у відомому пристрої блок конденсаторів підключений безпосередньо до зварювального проміжку, що є причиною зниження стабільності процесу підпалу дуги на початку процесу зварювання. В моменти, коли опір зварювального проміжку зменшується, розрядний струм конденсаторів спадає настільки швидко, що іскра, яка виникає між деталлю та електродом на початковому етапі зварювального процесу, не спроможна розвинути в повноцінну електричну дугу. Підключення конденсаторів через індуктивні накопичувачі (дроселі), як це пропонується у винаході, усуває цей недолік - стабільність підпалу суттєво підвищується, коливання зварювального струму згладжуються, завдяки чому підвищується якість зварювального процесу і покращується формування швів. Так само індуктивні накопичувачі "стримують" швидкість наростання струму в початковий момент розряду конденсаторів, коли величина цього струму може перевищити рівень, необхідний для повторного підпалу дуги і стати причиною підвищеного розбризкування в режимі повторного підпалу.

Таким чином, у порівнянні з відомим джерелом-прототипом зварювальне джерело живлення постійного струму при постійній величині напруги на виході вторинної обмотки функціонує в двох різних режимах в залежності від характеру процесів зварювального проміжку: режим високої напруги при малих величинах струму (режим підпалу дуги) та режим зварювання, який характеризується низькою напругою та значною величиною струму при зварюванні. При цьому в першому режимі індуктивні накопичувачі обмежують швидкість спадання струму підпалу дуги, що дозволяє (при правильному виборі параметрів) досягти підвищення стабільності підпалу дуги на початку зварювання та зменшити розбризкування при повторних підпалах дуги. У другому режимі коливання зварювального струму згладжує ємнісний накопичувач (конденсатор), що підвищує якість зварювання. Введення ємнісного накопичувача (конденсатора) змінює характер опору зварювального кола, до складу якого входять зварювальний понижуючий трансформатор, мостовий випрямляч напруги, ємнісний накопичувач (конденсатор) та зварювальний проміжок, з індуктивного на індуктивно-ємнісний. Такий характер опору зварювального кола при відповідному виборі величин ємності та індуктивності (за умови резонансу в зварювальному колі) дозволяє досягти практично повної компенсації реактивної складової в потужності джерела (величина коефіцієнту потужності або косинус  $\phi$  наближається в режимі зварювання до 0,98). Наявність ключа, стан якого визначається наявністю струму в зварювальному колі, приводить до зниження рівня електричної безпеки в режимі холостого ходу (напруга холостого ходу при напрузі на виході вторинної обмотки 40В складає 56В, що в 1,8 разів нижче напруги холостого ходу, яка встановлена згідно ДСТ).

Додатковою перевагою запропонованого зварювального джерела живлення постійного струму є те, що індуктивні накопичувачі можуть бути виконані з суттєвим зменшенням витрат міді та магнітних матеріалів. Це пов'язане з тим, що величина струму підпалу в 10-20 разів менша, ніж величина зварювального струму, а тривалість підпалу дуги в сотні разів нижча, ніж тривалість зварювання.

Винахід пояснюють креслення, де на Фіг.1 та 2 зображені два варіанти функціональних схем зварювального джерела живлення постійного струму.

Перший варіант зварювального джерела живлення постійного струму (Фіг.1) містить зварювальний понижуючий трансформатор 1 з первинною обмоткою 2 та вторинною обмоткою 3, причому обмотка 2 підключена до мережі змінного струму 4. Перший вихід вторинної обмотки 3 підключений до першого входу мостового випрямляча напруги 5 (АС вхід), другий вихід вторинної обмотки 3 підключений до одного з виводів ємнісного накопичувача 6 (конденсатора), другий вивід якого підключений до другого АС входу мостового випрямляча напруги 5. Один з DC виходів мостового випрямляча 5 підключений до першого входу зварювального проміжку 7. Перші виводи двох конденсаторів 8, 9 підключені до DC виходів мостового випрямляча 5. Другі виводи конденсаторів 8, 9 підключені відповідно до перших виводів двох індуктивних

накопичувачів 10, 11 (дроселів), другі виводи яких підключені до одного з виводів ключа 12, другий вивід якого підключений до одного з АС входів мостового випрямляча 5, а управляючий вхід підключений до виходу блоку узгодження 13, вхід якого підключений до виходу датчика струму 14, який включений між другим DC виходом мостового випрямляча 5 та другим входом зварювального проміжку 7.

Функціональна схема другого варіанту зварювального джерела живлення постійного струму, зображена на Фіг.2, відрізняється від функціональної схеми першого варіанту тим, що вхід блоку узгодження 13 підключений безпосередньо до виходу ємнісного накопичувача (конденсатора) 6, який відіграє роль датчика струму.

При такій формі підключення в процесі роботи пристрою має місце такий же технічний результат, що і при роботі пристрою, представленому у першому варіанті даного технічного рішення, але конструктивно другий варіант є набагато простішим. Забезпечення ідентичності технічних результатів обумовлене відомою з галузі енергетики інформацією щодо того, що електрична ємність в колі змінного струму є лінійним (тобто таким, що не залежить від величини змінного струму в електричному полі) реактивним елементом опору. При протіканні змінного струму в такому електричному колі на виводах ємності з'являється напруга (різниця потенціалів), величина якої пропорційна величині змінного струму. Таким чином, вищенаведене доводить можливість використання ємнісного накопичувача в якості датчика змінного струму.

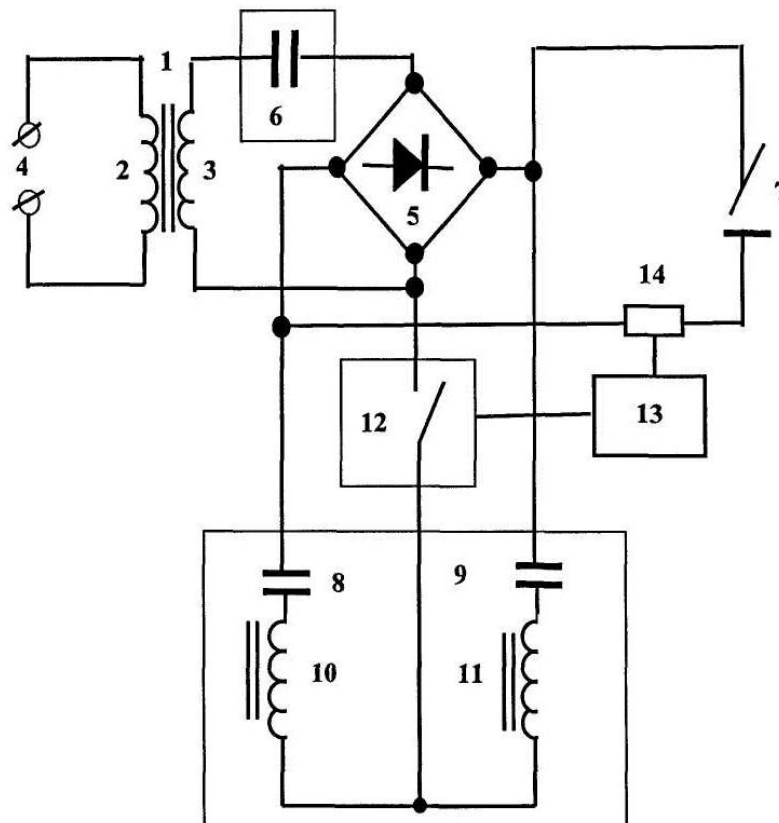
Представлене на Фіг.2 зварювальне джерело живлення постійного струму містить зварювальний понижуючий трансформатор 1 з первинною обмоткою 2 та вторинною обмоткою 3, причому обмотка 2 підключена до мережі змінного струму 4. Перший вихід вторинної обмотки 3 підключений до першого входу мостового випрямляча напруги 5 (АС вхід), другий вихід вторинної обмотки 3 підключений до одного з виводів ємнісного накопичувача 6 (конденсатора) другий вивід якого підключений до другого АС входу мостового випрямляча напруги 5. Один з DC виходів мостового випрямляча 5 підключений до першого входу зварювального проміжку 7. Перші виводи двох конденсаторів 8, 9 підключені до DC виходів мостового випрямляча 5. Другі виводи конденсаторів 8, 9 підключені відповідно до перших виводів двох індуктивних накопичувачів 10, 11 (дроселів) другі виводи яких підключені до одного з виводів ключа 12 другий вивід якого підключений до одного з АС входів мостового випрямляча 5, а управляючий вхід підключений до виходу блоку узгодження 13 вхід якого підключений до виходу ємнісного накопичувача 6.

Обидва варіанти запропонованого зварювального джерела живлення постійного струму працюють наступним чином:

При підключенні джерела живлення до мережі живлення 4 на входах зварювального проміжку 7 встановлюється напруга холостого ходу, величина якої в 1.4 рази перевищує ефективну величину напруги на АС входах мостового випрямляча напруги 5. Ця напруга прикладається безпосередньо

до зварювального проміжку 7. З початком процесу зварювання, який починається в момент торкання штучним електродом зварювальної деталі, в колі зварювального проміжку 7 буде протікати електричний струм, незважаючи на те, що ця напруга не здатна здійснити підпал дуги. Датчик струму 14 разом з блоком узгодження 13 формує сигнал, який спричиняє замикання ключа 12. На входах зварювального проміжку 7 встановлюється напруга, величина якої в 2.8 рази перевищує напругу на АС входах мостового випрямляча напруги 5. Ця напруга спричиняє підпал дуги. Швидкість спадання величини струму підпалу дуги в момент підпалу дуги обмежується першим та другим індуктивними накопичувачами 10, 11. З початком процесу зварювання, коли в зварювальному проміжку 7 виникає стійка електрична дуга, на входах зварювального проміжку 7 встановлюється напруга горіння дуги. Через те, що величина зварювального струму значно перевищує величину струму підпалу дуги, блок конденсаторів 8, 9 не встигає (протягом півперіодів змінного струму промислової частоти) накопичити необхідний заряд, який забезпечує напругу холостого ходу при умові відсутності електричної дуги зварювального проміжку 7. Через те,

що ємнісний накопичувач 6 (конденсатор) згладжує коливання зварювального струму, що виникають в зварювальному колі з різних причин (наприклад, за рахунок випадкової або періодичної зміни довжини дуги, яка може виникати при переміщенні зварювальної ванни), короточасне переривання дуги не приводить до розмикання ключа 12 (до складу блока узгодження 13 входять елементи затримки), і в такі моменти на входах зварювального проміжку 7 встановлюється напруга, величина якої в 2.8 раз перевищує напругу на АС входах мостового випрямляча напруги 5, що повторно підпалює дугу зварювального проміжку 7, причому швидкість зростання величини струму підпалу дуги в моменти повторного підпалу дуги обмежується першим та другим індуктивними накопичувачами 10, 11. Більш тривале переривання дуги приводить до розмикання ключа 12 і зварювальне джерело живлення постійного струму переходить до початкового стану, при якому на входах зварювального проміжку 7 встановлюється напруга холостого ходу (величина якої в 1.4 рази перевищує ефективну величину напруги на АС входах мостового випрямляча напруги 5).



Фиг.1

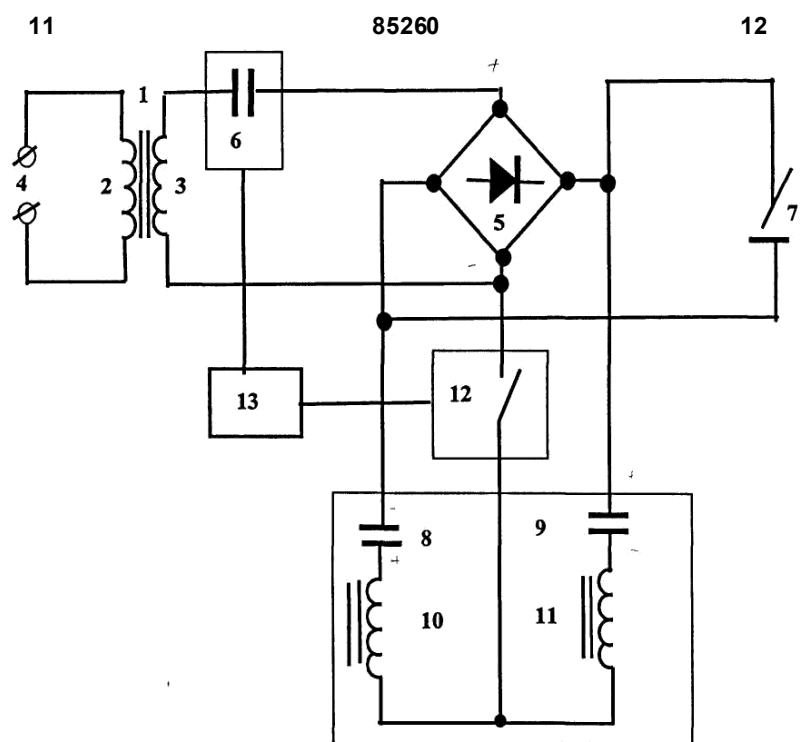


Fig.2