

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни “Спеціальні джерела живлення для зварювання”
для студентів освітньої програми “Технології та устаткування
зварювання” усіх форм навчання

2017

Конспект лекцій з дисципліни “Спеціальні джерела живлення для зварювання” для студентів освітньої програми “Технології та устаткування зварювання” усіх форм навчання / Укл. С.О. Шумикін, О.Є. Капустян. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2017 – 34 с.

Укладачі: С.О. Шумикін, канд. техн. наук, доцент;
О.Є. Капустян, ст. викладач;

Рецензент: М.Ю. Осіпов, канд. техн. наук, доцент
Редактор: І.П. Аверченко
Відповідальний за випуск: О.Є. Капустян

Затверджено
на засіданні кафедри ОТЗВ
Протокол № 1 від 22.08.2017

Рекомендовано до видання
НМК ІФФ
Протокол № 1 від 12.09.2017

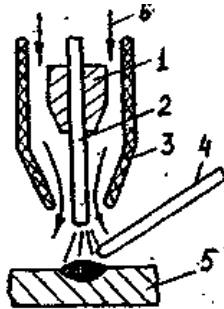
ЗМІСТ

1 Джерела живлення для зварювання неплавким електродом в середовищі інертних газів.....	4
1.1 Особливості горіння дуги та вимоги до джерел живлення... 4	4
1.2 Допоміжні пристрої джерел живлення.....	8
1.3 Джерела постійного струму.....	15
1.4 Джерела змінного струму.....	18
1.5 Джерела універсальні за родом струму.....	19
1.6 Джерела різнополюсних імпульсів.....	21
2 Інверторні джерела.....	23
3 Джерела живлення для зварювання плавким електродом в середовищі аргону та його сумішах з активними газами.....	28
4 Джерела для плазмового зварювання.....	30
Література.....	34

1 ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ НЕПЛАВКИМ ЕЛЕКТРОДОМ В СЕРЕДОВИЩІ ІНЕРТНИХ ГАЗІВ

1.1 Особливості горіння дуги та вимоги до джерел живлення

Зварювання неплавким електродом в середовищі інертних газів рекомендоване для з'єднання та наплавлення високоміцних, нержавіючих та жаростійких сталей та сплавів алюмінієвих, магнієвих та титанових сплавів відносно невеликої товщини. Найбільше поширення отримало аргонодугове зварювання вільною дугою (рис. 1.1). Неплавкий (точніше, тугоплавкий) вольфрамовий електрод нерухомо кріпиться у зварювальному пальнику. Інертний газ захищає електрод та зону зварювання від дії повітря. Зварювання виконується електродами діаметром від 1 до 8 мм на струмі від 50 до 500 А при напрузі від 10 до 20 В.



1 - цанга; 2 - електрод; 3 - сопло; 4 - дріт; 5 - виріб; 6 - інертний газ.

Рисунок 1.1 - Схема зварювання неплавким електродом в середовищі інертних газів

Вимоги до джерела живлення визначаються родом зварювального струму (постійний, змінний) та характером його модуляції (неперервний, імпульсний уніполярний, імпульсний різнополярний, високочастотний), які, у свою чергу, залежать від марки і товщини зварюваного металу.

Зовнішня характеристика джерела повинна бути крутопадаючою, з напругою холостого ходу 50-80 В, тобто у 4-6 разів перевищувати) робочу. При цьому забезпечується стійкість процесу зварювання та стабільність струму при коливаннях довжини дуги, що

особливо важливо при малій товщині виробу.

Регулювання струму повинно бути плавним, з кратністю не менш 5, можливе плавно-ступінчасте регулювання. Зазвичай регулятор струму діє на тиристорний випрямляючий блок або обмотку управління трансформатора. Початкове запалення дуги повинне виконуватись безконтактним способом за допомогою високовольтного високочастотного генератора - осцилятора або збуджувача, оскільки при контактному способі запалення спостерігається недопустиме забруднення шва вольфрамом та підвищена витрата електроду. Захист основного джерела від високої напруги високочастотного генератора здійснюється за допомогою фільтру високих частот. Зварювання кратеру при механізованому зварюванні повинна забезпечуватись завдяки плавному зменшенню струму за допомогою спеціального пристрою. Цей же пристрій іноді використовують для плавного збільшення струму на початку зварювання, що захищає електрод від руйнування. Програмне керування послідовністю включення та відключення окремих пристроїв джерела забезпечує такий цикл роботи: продувку шлангів газом протягом 0,5-3 с, включення осцилятора та запалення дуги, зварювання на протязі великого часу зварювання кратеру - 3-15 с, захист шва - 3-30 с.

Джерело змінного струму використовують для зварювання алюмінієвих сплавів. На нього розповсюджуються усі вище викладені вимоги щодо джерела постійного струму. Зварювання алюмінію на постійному струмі зворотної полярності застосовують обмежено через сильний нагрів електрода, воно рекомендоване при струмі до 150 А. Вдалою альтернативою є зварювання на змінному струмі, але воно пред'являє до джерела особливі вимоги. Надійне наступне запалення дуги при переході до полуперіоду зворотної полярності забезпечується за допомогою імпульсного стабілізатору, генеруючого імпульс, перевищуючий напругу $U_{ззв}$ у 1,5-2 рази. Ще одна вимога пов'язана з присутністю постійної складовою зварювального струму. Подавлення постійної складової (ліквідація або зменшення) виконується спеціальним пристроєм.

Імпульсне джерело для зварювання пульсуючою дугою рекомендоване для з'єднання виробів малої товщини. На відміну від імпульсно-дугового зварювання плавким електродом, де короткочасові імпульси струму призначені для керування переносом

електродного металу, при зварюванні пульсуючою дугою неплавким електродом імпульси струму мають інший вид, що дозволяє керувати формуванням шва (рис. 1.2).

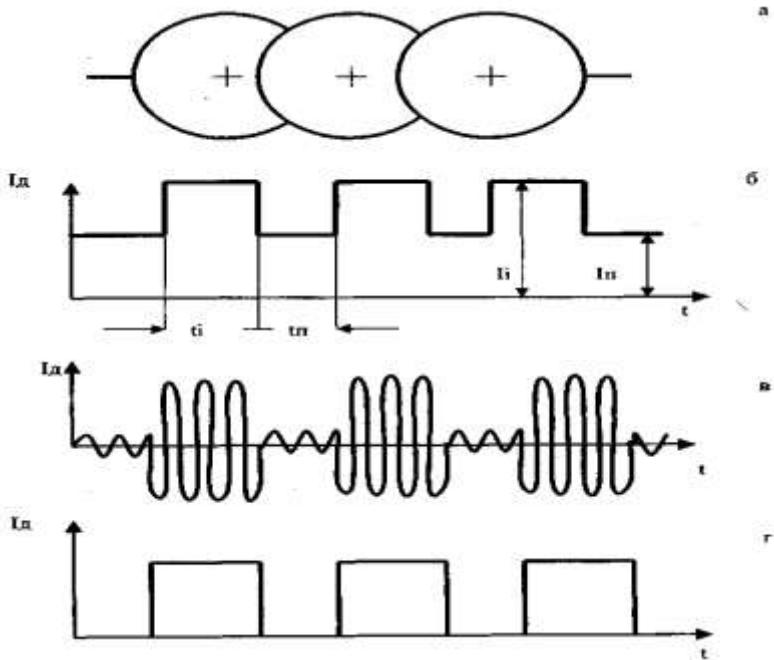


Рисунок 1.2 - Схема формування шву (а) осцилограми струму (б, в, г) при зварюванні пульсуючою дугою

За час імпульсу на виробі розплавляється кругла ванночка невеликих розмірів, метал якої на протязі паузи встигає закристалізуватися (рис. 1.2 а). Параметри імпульсу - струм I_i та час t_i - підбирають так, щоб забезпечити повне проплавлення без прожогу виробу, а параметри паузи - в основному час t_n - так, щоб гарантувати перекриття ванночок для отримання безперервного шва. Імпульсна подача енергії сприяє високоякісному формуванню шва на тонколистових виробках. Цей засіб можливо рекомендувати і при виконанні вертикальних та поточних швів, де чітке дозування енергії запобігає стіканню зварювальної ванни. Програмне керування параметрами імпульсу та паузи виконується за допомогою маломіцного генератора імпульсів - напівпровідникового мультівібратора. Час імпульсу та паузи повинні налагоджуватись

плавно та незалежно друг від друга в інтервалі 0,04 -1 с. Струм імпульсу та паузи також повинні налагоджуватись плавно та незалежно. Струм паузи I_{Π} потрібен лише для підтримки міжелектродного проміжку в іонізованому стані з метою підвищення стійкості пульсуючої дуги. Зазвичай він виставляється на рівні 1-15 А, але може і взагалі бути відсутнім (рис. 1.2 г). Форма імпульсу повинна настроюватись, бажане плавне регулювання швидкості нарощування та спаду струму імпульсу.

Джерело різнополюсних імпульсів (рис. 1.3) призначене для зварювання алюмінієвих сплавів.

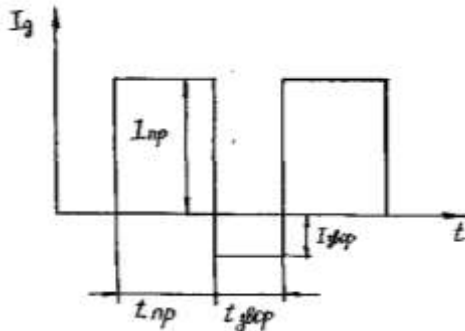


Рисунок 1.3 – Джерело різнополюсних імпульсів – осцилограма

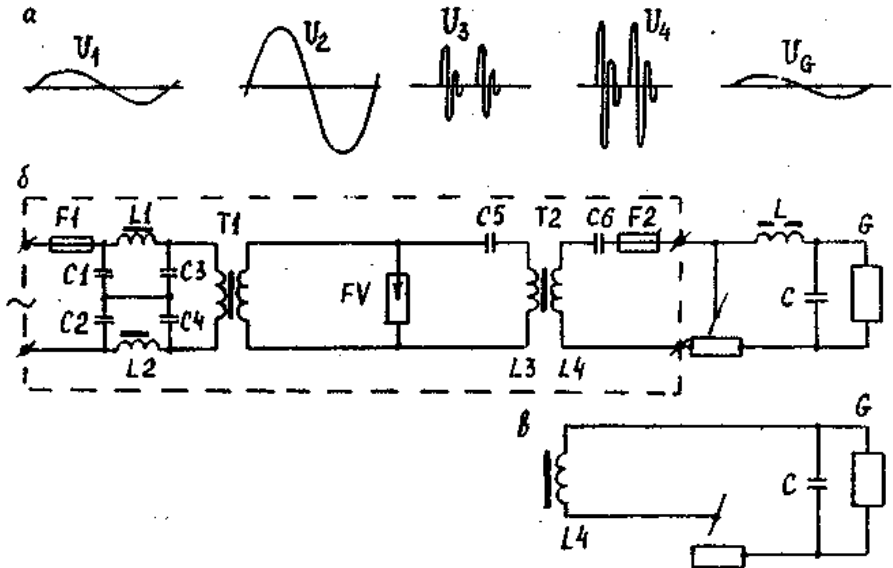
Зазвичай він має два силових канала, кожен з яких включає в себе трансформатор та випрямляючий блок. Один канал призначений для живлення дуги прямої полярності, другий - дуги зворотної полярності. За допомогою силового напівпровідникового комутатора поперемінно підключаються до дуги, генерують прямокутні імпульси прямої та зворотної полярності (рис.1.3). Програмне керування тривалістю імпульсів t_{np} та t_{zv} виконується за допомогою генератора імпульсів, який дає команду на перемикання комутатора. Час імпульсу прямої полярності t_{np} настроюється в інтервалі 0,001-0,1 с, зворотної полярності t_{zv} - 0,001-0,01с. Регулювання струму I_{np} та I_{zv} звичайно виконується плавно та незалежно, окремо у кожному із каналів. Як правило, струм зворотної полярності I_{zv} устанавлюється невеликий, але достатній для видалення оксидної плівки. Струм прямої полярності I_{np} настроюють в залежності від товщини виробу та діаметра електрода, він може перевищувати струм зворотної полярності в 1,5-4 рази.

1.2 Допоміжні пристрої джерел живлення

Осцилятори та збуджувачі використовують для початкового запалення дуги без короткого замикання електрода на виріб. Вони уявляють собою джерела високої напруги та високої частоти, спроможні визвати іскровий розряд між електродом та виробом. Для пробою міжелектродного проміжку у повітрі потрібна напруга не нижче 1-3 кВ на міліметр, в аргоні напруга пробою зменшується. Серійні осцилятори та збуджувачі виробляють на напругу 2-20 кВ. Струм розряду досягає 1-10 А, а його енергія 0,05-1,0 Дж. Пробій міжелектродного проміжку призводить до його іонізації, завдяки чому з'являється дуга від основного джерела. Частота розряду у серійних осциляторів та збуджувачів є у межах 100-1000 кГц. При такій частоті висока напруга безпечна для зварника, оскільки високочастотний струм протікає по поверхні тіла і тому не викликає електролізу крові та не ушкоджує життєво важливих органів. Розрізняють підпалюючі пристрої неперервної дії (осцилятори) та імпульсні (збуджувачі). З основним джерелом вони можуть з'єднуватись послідовно або паралельно.

Розглянемо іскровий осцилятор неперервної дії паралельного вмикання типу ОСПЗ-2М (рис. 1.4 б). Напруга мережі U_1 (рис. 1.4а) з допомогою підвищуючого трансформатора T_1 підвищується до декількох кіловольт. При збільшенні вторинної напруги U_2 йде заряд конденсатору C_5 . До моменту досягнення достатньо високої напруги U_2 пробивається ісковою, його опір різко зменшується. Завдяки цьому утворюється коливальний контур C_5-L_3-FV , в результаті цього обміну енергією, між конденсатором та індуктивністю, з'являється затухаючий розряд U_3 . За допомогою котушки зв'язку L_4 висока напруга U_4 подається на міжелектродний проміжок та пробиває його. Потім вступає в дію основне джерело G , при цьому осцилятор вимикають.

Для надійного запалення дуги осцилятор генерує затухаючі імпульси тривалістю біля 2 мс серіями по 10-15 за півперіод. Амплітуда напруги кожного імпульсу досягає 6000 В. Частота коливань залежить від величини об'єму C_5 та індуктивності L_3 .



а) осцилограма напруги; б) ОСПЗ - 2М; в) ОСПЗ – 300М.

Рисунок 1.4 – Осцилятори

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики осциляторів, збуджувачів, стабілізаторів

Параметри	Осцилятор		Збуджувач		Збуджувач-стабілізатор ВСД-01УЗ	Стабілізатор СД-3У2
	ОСПЗ-2М	ОСПЗ-300М	ВИР-101	УПД-І		
Первинна напруга, В	220	220	180-300	220	380	380
Номінальний струм, А	-	315	80	80; 315; 500	500	-
Вихідна напруга, кВ	6	5	20	4; 8	5	0,2
Частота вихідної напруги, кГц	500	10-20	500	100	-	0,1
Габарити, мм	250	290	250	320	365	208
	170	225	175	180	270	295
	110	150	115	158	130	152
Маса, кг	6,5	7	4,5	10,7	13,5	6,5

Осцилятор створює перешкоди радіоприймачеві, його безперервна робота можлива на протязі не більш 1 с. Наступне його увімкнення дозволяється лише через 10 с. Щоб перешкоди не потрапляли до живлячої мережі, на вході осцилятора встановлений фільтр L1, L2, C1-C4.

Для захисту основного джерела від високої напруги осцилятора збирають фільтр високих частот із захисних дроселя L та конденсатора С. Дросель L має великий реактивний опір для струму високої частоти, що зменшує втрати енергії осцилятора. Конденсатор С має малий реактивний опір при високих частотах, тому на ньому, а також в мережі основного джерела, падіння напруги осцилятора мале. Необхідно також забезпечити захист мереж осцилятора від великого струму основного джерела. З цією метою встановлений захисний конденсатор С6, граючий роль низькочастотного фільтру.

Позитивною якістю осцилятора є висока ефективність безконтактного запалення дуги; недоліки - низька надійність розрядника та небезпека поразки зварника високою напругою низької частоти. Розрядник потребує частой зачистки вольфрамівих електродів та налагодженню відстані між ними. Поразка зварника струмом низької частоти (50 Гц) можлива лише при потраплянні напруги U2 на дугу, від якою захищає конденсатор С6 та запобіжник F2. Також обов'язкове заземлення корпусу осцилятора.

Недоліком осцилятора паралельного включення є також необхідність у громіздкому дроселі L. У осцилятора послідовного включення, відмінні елементи якого представлені на рис.1.4в, такого недоліку немає. Хоча котушка зв'язку L4 цього осцилятора з'єднана послідовно з основним джерелом, струм високої частоти замкнений по мережі L4-С-дуга. В цій мережі висока напруга осцилятора практично повністю прикладена до дуги, а джерело зашунтовано конденсатором С, який має малий опір для високих частот. Не потрібний тут і фільтр низьких частот. Недоліком такого осцилятора є великі розміри котушки зв'язку L4 по якій йде зварювальний струм. Тому осцилятори послідовного ввімкнення виготовляють на струм не більш 400 А. Як приклад, осцилятор ОСППЗ-300М.

На рисунку1.5 наведена схема імпульсного збуджувача чергової дуги при плазмовому різанні ВІР-101. Він живиться постійною напругою джерела чергової дуги. Цією напругою заряджається потужний конденсатор С1 по мережі R7-VD1-Т-С1. Одночасно в

мережі релаксаційного генератора заряджається конденсатор C2 по мережі R7-R1-R3-C2.

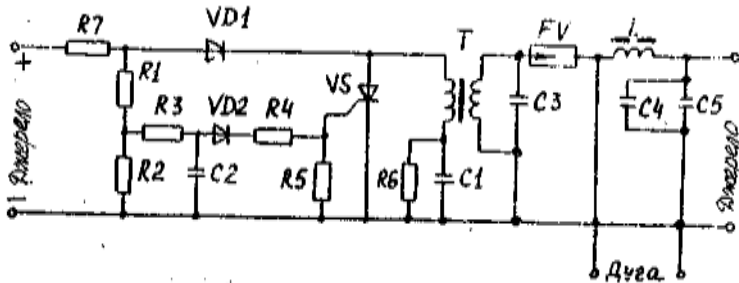


Рисунок 1.5 – Збуджувач чергової дуги ВІР-101

При досягненні на ньому напруги переключення динистора VD2 конденсатор C2 розрядиться на керуючий електрод тиристора VS по мережі C2-VD2-R4-VS-C2. В результаті відбувається потужний імпульс розряду конденсатора C1 через ключ VS на первинну обмотку підвищуючого трансформатора Т. Високовольтний імпульс з його вторинною обмоткою заряджає конденсатор C3 та викликає коливальний розряд високої частоти в контурі C3-Т. Після пробію розрядника FV імпульс з напругою до 20 кВ та частотою біля 1 МГц пробиває міжелектродний проміжок. Живлення дуги від основного джерела створюється через дросель L. Таким чином збуджувач є комплексним пристроєм, оскільки він містить у собі і фільтр низьких частот із L, C4, та C5. Добре і те що збуджувач, живиться напругою основного джерела, тобто йому не потрібні окремі вимикаючі пристрої. Він сам перестає генерувати імпульси після запалення дуги, оскільки при цьому напруга основного джерела стане недостатньою для переключення динистора VD2.

Пристрій підпалу дуги УПД-1 (рис.1.6) також є імпульсним збуджувачем послідовного включення, але живиться змінним струмом. Його складовими частинами є накопичуючий конденсатор C2, високовольтний трансформатор та тиристорний комутатор VS1, VS2 з системою керування. В одному з полуперіодів живлячої напруги система керування відкриє тиристор VS1, в наслідок чого потужний імпульс струму пройде по мережі L-Т-C2-VS1. По мірі того як заряджається конденсатор C2 струм зменшується, а після закінчення заряду тиристор VS1 вимикається.

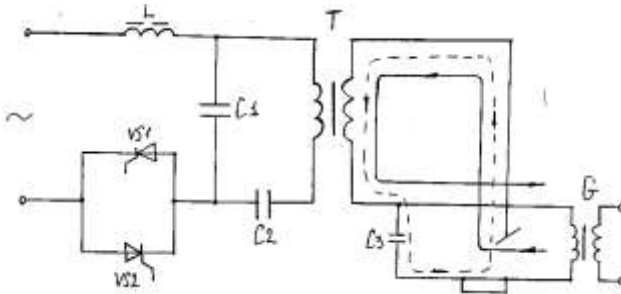


Рисунок 1.6 - Пристрій підпалу дуги УПД - 1

Трансформований вторинною обмоткою Т імпульс напруги з амплітудою 4-8 кВ по мережі виділеною пунктиром, потрапляє на міжелектродний проміжок, викликаючи запалення дуги. У другому напівперіоді живлячої напруги відчиняється другий тиристор VS2, що викликає перезаряд конденсатора та новий підпальючий імпульс. Таким чином, частота слідування імпульсів - 100 Гц. Дросель L обмежує струм у зарядному контурі, а конденсатор С1 захищає тиристори від перенапруги.

Струм основного джерела G замкнутий через вторинну обмотку трансформатора Т по мережі, показаною тонкою лінією. Конденсатор С3 захищає основне джерело від високої напруги імпульсу. Таким чином, пристрій УПД-1 є комплексним, не потребуючим доповнення фільтрами при збиранні зварювального поста. Більш того, одна з його модифікацій забезпечує синхронізацію підпальючих імпульсів з переходом через нуль змінного зварювального струму, тобто може виконувати функції імпульсного стабілізатора дуги. Таким же комплексним пристроєм є збуджувач-стабілізатор дуги змінного струму ВСД-01 (табл. 1.1)

Головною перевагою імпульсних збуджувачів у порівнянні з осциляторами є відсутність небезпечної високої напруги низької частоти. Деякі з них не мають і розрядників, що підвищує їх надійність та зменшує рівень перешкод.

Імпульсний стабілізатор призначений для наступного запалення дуги змінного струму, особливо при переході до напівперіоду зворотної полярності. При зварюванні алюмінію неплавким електродом стабілізатор повинен генерувати піковий імпульс з амплітудою напруги $U_i = 200-600$ В. Для надійного запалення необхідно, щоб амплітуда струму I_i була біля 20-80 А при тривалості t_i

не менш 60 мкс, а при його спаді загальний переддуговий струм I_{pd} не зменшився менш 3-7 А. При обмеженій міцності стабілізатора ця умова виконується, якщо ввімкнення затримати відносно моменту переходу струму через нуль на $t_{si} = 60-100$ мкс. Стабілізатор з частотою слідування імпульсів 50 Гц стимулює запалення тільки дуги зворотної полярності, з частотою 100 Гц - також і дуги прямої полярності.

Збуджувач - стабілізатор ВСД-1 (рис. 1.7) спроектований так, щоб задовольняти умовам як початкового, так і наступного запалення. Він ввімкнений послідовно в мережу вторинної обмотки основного джерела - трансформатора G. Збуджувач живиться змінною напругою мережі через трансформатор T1 та випрямляючий блок VD1 з фільтром C1. В першому циклі накопичуючий конденсатор C2 заряджається по мережі, зображеної тонкою лінією, полярністю, яка зображена знаками + та - без скобок. На початку кожного напівперіоду зварювальної напруги G система керування відкриває тиристор VS, в наслідок чого по короткій мережі, зображеної пунктиром, пройде потужний імпульс розряду конденсатора C2 на первинну обмотку підвищуючого трансформатора T2. При цьому конденсатор C2 перезарядиться полярністю, означеною знаками + та - в лапках, а тиристор наприкінці перезарядки замкнеться. В результаті потенціали блока VD1 та конденсатора C2 будуть складатись, тому у наступному циклі конденсатор зарядиться до більш високої напруги. Такий характер перезарядки C2 призведе до того, що його напруга в чотири рази перевищить напругу живлення.

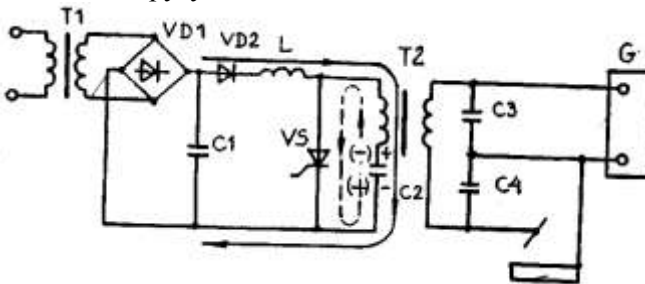


Рисунок 1.7 – Збуджувач-стабілізатор ВСД -1

Імпульс перезарядки конденсатора C2 трансформується у вторинну обмотку T2, що призведе до збудження високочастотного контуру T2-C3-C4. Високочастотний розряд конденсатора C4

потрапляє на міжелектродний проміжок, збуджуючи дугу або (при запаленій дузі) стабілізує її на початку обох напівперіодів. Частота слідування таких імпульсів -100 Гц, момент генерації розряду може бути налаштований системою керування так, щоб з'єднати його з переходом зварювальної напруги через нуль або виконувати з невеликою затримкою.

Розроблена велика кількість автономних та встроєних в зварювальні трансформатори імпульсних стабілізаторів на 50 та 100 Гц, характеристики моделі СД-3 наведені у табл. 1.1.

Пристрій подавлення постійної складової змінного струму покращує умови роботи зварювального трансформатора, при цьому подавлення може бути повним або частинним. Найпростіший пристрій подавлення складається з діоду VD1 та опору R (рис. 1.8 а). Струм зворотної полярності прямує через опір і тому зменшується. При переході на інший режим опір необхідно знову налаштувати. Цей засіб із-за великих втрат в опорі є рекомендованим лише для малопотужних джерел.

Найбільш ефективна - повна при будь-якому режимі - компенсація досягається при використанні конденсаторної батареї С (рис. 1.8 б). Але на жаль, батарея погіршує початкове запалення дуги, тому перед зварюванням шунтується ключем S.

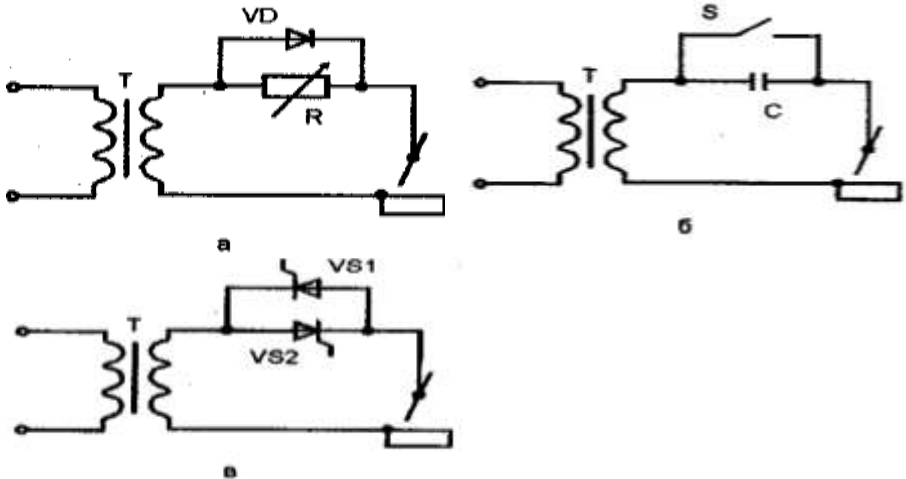


Рисунок 1.8 – Подавлення постійної складової змінного струму

Після запалення дуги та розімкнення ключа батарея вступає в дію. У полуперіоді прямої полярності вона заряджається, а у моменти зворотної полярності підживлює дугу, ліквідує цим постійну складову. Місткість, достатня для зварювання при струмі 500 А, досягає 0,15 Ф, що потребує громіздких батарей спеціальних конденсаторів. Такий принцип використовувався раніш в установках УДГ-301 та УДГ - 501.

В теперішній час для подавлення постійної складової більш поширено використовують тиристорний комутатор (рис. 1.8 в). При цьому кут керування α_1 тиристора VS1, пропускаючого струм прямої полярності, повинен бути більш ніж кут α_2 тиристора VS2, відповідаючого за струм зворотної полярності.

1.3 Джерела постійного струму

Пост для аргоно-дугового зварювання на постійному струмі можна скласти на основі випрямлення для ручного дугового зварювання з крутопадаючою характеристикою, наприклад, серії ВД або тиристорного випрямлення серії ВДУ. Крім того потрібні осцилятор та збуджувач, доповнені фільтром високої частоти.

Розглянемо конструкцію спеціалізованої інверторної установки УДГ-201 (рис. 1.9). Вона призначена для аргоно-дугового зварювання як неперервною, так і пульсуючою дугою. До її складу входять автоматичний розмикач QF1, фільтр мережі C1-C6, L1-L3, випрямляючий блок VD, дросель L4, та чотири транзисторних інверторних модуля А1-А4. Кожен інверторний модуль в свою чергу, складений на 10 транзисторах по однотактній напівмостовій схемі. До складу кожного модуля входить високочастотний трансформатор та випрямляючий блок з фільтром. Завдяки цьому підвищується надійність роботи джерела, бо при виході з ладу одного з модулів установка продовжує працювати, але на меншому струмі. Частота інвертора досягає 16 кГц. Зовнішні крутопадаючі характеристики сформовані за рахунок зворотного зв'язку по струму, установка забезпечує плавне регулювання струму з високою кратністю, а також плавне збільшення струму та зварювання кратеру. Передбачена індикація працездатності окремих вузлів, що полегшує пуско-

налагоджувальні роботи. Технічні характеристики установки наведені у табл. 1.2.

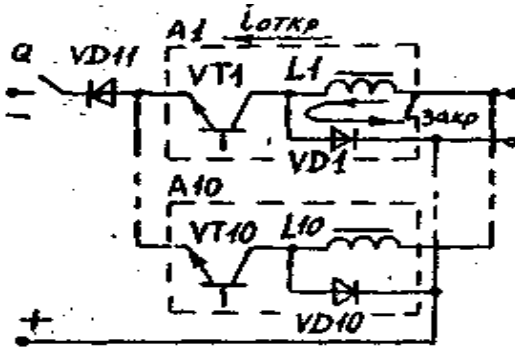


Рисунок 1.9 – Пристрій для багатопоستового живлення УДГ -201

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики деяких джерел для зварювання неплавким електродом у середовищі інертних газів

Параметри	Зварювальний струм $I_{ном.}, A$	Первинна напруга, В	Тривалість навантаження ПН, %	Напруга Х.Х., В	Межі регулювання струму, А	Тривалість імпульсу і паузи, с	Маса, кг
змінний							
УДГ-121,	125	220	20	72	20-125	-	50
УДС-251	250	380	20	45	50-275	0,05-1	45
УДГ-501-1 УХЛ4	500	3x380	60	72	40-500	-	300
змінний постійний							
УДГУ-122	125	220	20	72	20-125	-	50
УДГУ-302УХЛ4	315	3x380	60	80, 100	10-315	0,1-9,9	280
УДГУ-351	315	3x380	60	60	10-315	-	160
ПАТОН А-500	500	380	60	80	50-600	0,3-0,7*	50
імпульсний постійний							
УДГ-201УХЛ4	200	60	40	60	12-200	0,1-9	50
УДГ-350	315	3x380	60	60	10-315	0,1-9,9	50
різнополярні імпульси							
И-126	400	380	80	80	50-400	0,3-0,7	600

* Межі регулювання коефіцієнта симетрії змінного струму

Багатопостові системи живлення аргоно-дугового зварювання укомплектовані транзисторними постовими пристроями УДГ-201. З шинами багатопостового випрямляча пристрій поєднаний за допомогою пакетного вимикача Q та захистного діода VD11. Із малої потужності транзисторів, що використовуються силова частина установки складена на 10 транзисторних модулях А1-А10. Кожен модуль складений з транзистора VT, дроселя L та зворотного діода VD та керує струмом за принципом широтно-імпульсного регулювання (рис. 1.10).

У відкритому стані транзистора VT на протязі інтервалу $t_{\text{відк}}$ йде збільшення струму, при закритому транзисторі в інтервалі $t_{\text{закр}}$ струм підтримується індуктивністю L за допомогою зворотного діода VD. При високій частоті переключень (до 1000 Гц) коливання струму незначні. Передбачене контактне запалення дуги при малому початковому струмі (10-12 А). Після відриву електрода від виробу струм поступово збільшується до настроєної величини. Є також можливість плавного зменшення струму при заварюванні кратера та затримки вимкнення газу, що регулюється наприкінці зварювання. Пристрій може бути використаний при зварюванні пульсуючою дугою.

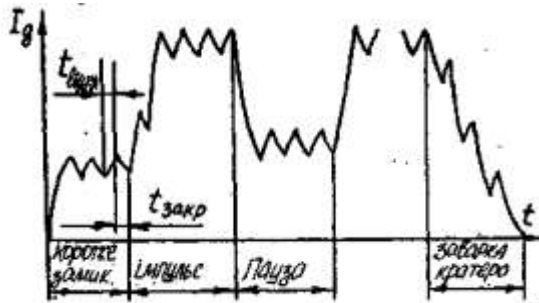


Рисунок 1.10 – Широтно-імпульсне регулювання

Установка УДГ-161 представляє собою тиристорний випрямляч, що може працювати в імпульсному режимі. Запалення дуги виконується контактним способом на зменшеному струмі.

1.4 Джерела змінного струму

Розглянемо конструкцію спеціалізованої установки УДГ-501-1 (рис. 1.11). До складу установки входять автоматичний вимикач QF, пускач K1, силовий трансформатор Т з перемикачем S1, діодно-тиристорний пристрій VD, VS, блок підпалу G з фільтром L, C1, а також не вказані на схемі вентилятор, газовий клапан та система керування. Силовий трансформатор Т з шунтом, що підмагнічується має круто-падаючу характеристику. Для ступінчатого регулювання струму використовують перемикач S, в положенні II він забезпечує паралельне з'єднання котушок первинної та вторинної обмоток, при якому струм у 3-4 рази вище, чим при з'єднанні послідовно (положення I). Плавне регулювання струму виконується за допомогою обмотки шунта, яка живиться від блока А через опір R2 "Струм".

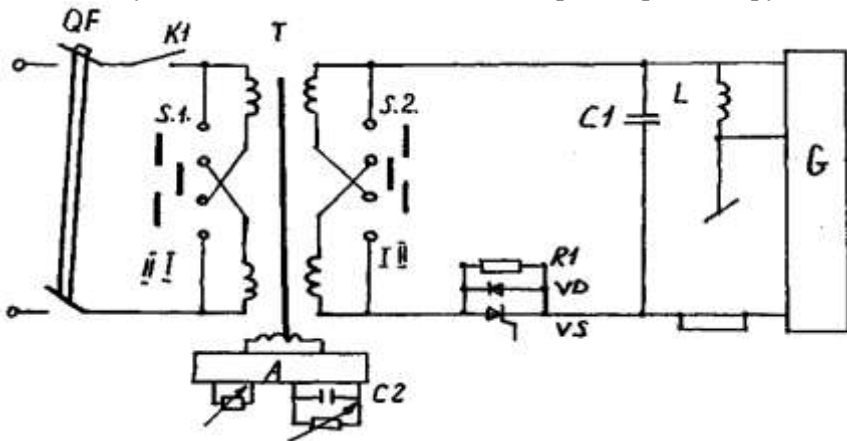


Рисунок 1.11 – Спрощена схема УДГ-501-1

Заварювання кратеру забезпечується плавним зменшенням струму обмотки шунта при розряді конденсатора C2 на перемінний опір R3 "Час заварювання".

Діодно-тиристорний пристрій VD, VS призначений для компенсування постійної складової струму. У напівперіоді зворотної полярності струм $i_{зв}$ безперешкодно пропускається діодом VD. Струм через тиристор VS у напівперіоді прямої полярності $i_{пр}$ вмикається з затримкою на кут α , чим і досягається його зменшення. Для

забезпечення стабільності дуги, невеликий струм прямої полярності в інтервалі $0 - \alpha$ проходить через баластний реостат R1.

Початкове запалення дуги виконується за допомогою блока G, працюючого в режимі осцилятора. Високочастотна напруга до 15 кВ з частотою слідування 50 Гц потрапляє безпосередньо на міжелектродний проміжок. Для захисту основного джерела від цієї напруги використовують фільтр L, C1. Після запалення дуги блок автоматично переходить до роботи в режимі імпульсного стабілізатора. Пікові імпульси напруги з амплітудою до 500 В потрапляють від блока G через дросель L на дугу, визиваючи імпульс струму до 80 А на початку кожного напівперіоду зворотної полярності. Система керування забезпечує таку циклограму процесу: продувка шлангів аргоном протягом 1-5 с, робота осцилятора не більш 0,9 с, пауза 10 с при не збудженій дузі, повторне ввімкнення осцилятора, зварювання, заварювання кратеру протягом 5-40 с, повторне ввімкнення осцилятора при випадкових обривах дуги, захист шва аргоном протягом 5-30 с.

Установка УДС-251 призначена як для аргоно-дугового зварювання, так і для ручного дугового зварювання плавким електродом на змінному струмі. Крім понижуючого трансформатору зі збільшеним розсіюванням вона має тиристорний блок регулювання струму та подавлення його постійної складової. За допомогою тиристорного блока здійснюється "холодний пуск", тобто запалення дуги коротким замиканням на низькому струмі. До складу установки входить імпульсний стабілізатор горіння дуги.

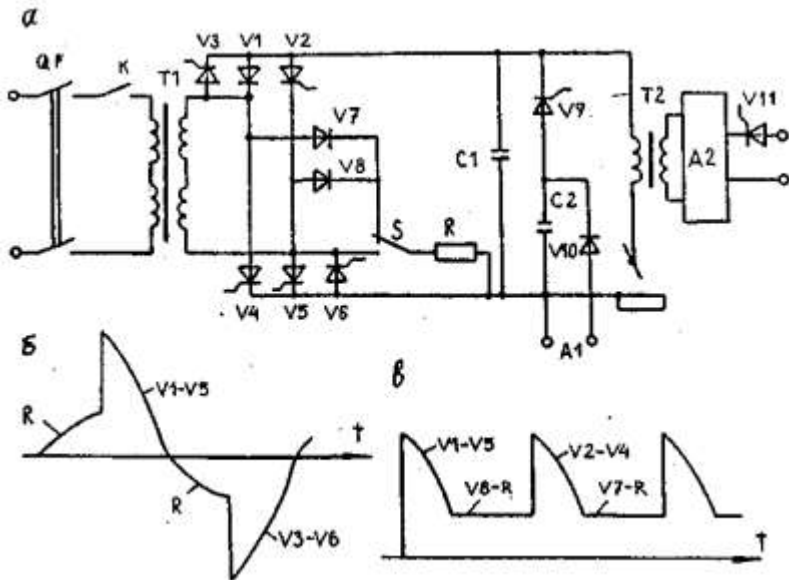
1.5 Джерела універсальні за родом струму

Установка УДГУ-302 (рис. 1.12) має в своєму складі автоматичний вимикач QF, контактор K, силовий трансформатор T1 зі збільшеним розсіюванням, вентильний блок V1-V6, блок підживлення V7, V8, R, імпульсний стабілізатор A1 та збуджувач дуги A2. При зварюванні на змінному струмі працюють діод V1, некерований, тобто повнофазно ввімкнений, тиристор VS та регулюємі тиристори V5, V6, що поперемінно вмикаються. Так, в напівперіоді прямої полярності струм іде по мережі T1-V5-дуга-V1-T1, а у напівперіоді зворотної

полярності по мережі Т1-V3-дуга-V6-Т1. За допомогою тиристорів V6, не тільки регулюється струм та формується падаюча характеристика, але ще й подавляється постійна складова.

При зварюванні на постійному струмі працюють діод V1 та тиристири V2, V4, V5, створюючи несиметричну однофазну мостову схему випрямлення, в якій по чергово працюють то пара вентилів V1, V5, то пара V2, V4.

На постійному та змінному струмі використовують блок підживлення. При зварюванні на постійному струмі, підживлення при вказаному на схемі положенні контакту S створене діодами V7, V8 і баластним реостатом R. При зварюванні на змінному струмі контакт S перемикається, тому підживлення виконується від трансформатора Т1 через баластний реостат R. Осцилограма змінного струму подана на рис. 1.126, а постійного струму - на рис. 1.12в.



а - спрощена схема; б - осцилограма змінного струму;

в - осцилограма постійного струму

Рисунок 1.12 - Устаткування УДГУ - 302

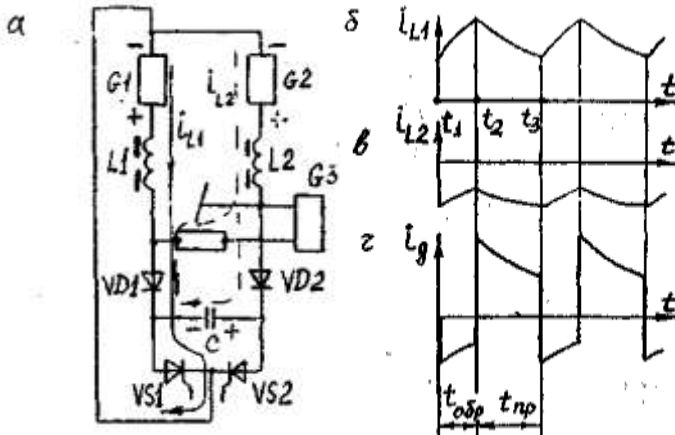
Початкове запалення дуги створюють за допомогою збуджувача А2 та трансформатора Т2 ввімкненням тиристора V11. Імпульс збуджувача має початкову високовольтну складову, яка забезпечує

пробій міжелектродного проміжку, та низьковольтну потужну складову, що підтримує розвиток розряду. Конденсатор С1 захищає основне джерело від високої напруги збуджувача. При зварюванні на змінному струмі також діє стабілізатор А1, у полуперіоді прямої полярності за допомогою діода V10 заряджається конденсатор С2, а у началі полуперіода зворотної полярності він розряджається на дугу при ввімкненні тиристора V9.

Установка може бути використана і для зварювання пульсуючою дугою, струм імпульсу та паузи налаштовується окремо та плавно, тривалість імпульсу та паузи регулюється дискретно в інтервалі 0,1 - 9,9 с.

1.6 Джерела різнополюсних імпульсів

Вивчимо роботу джерела з індуктивним накопичувачем енергії, призначеного для зварювання алюмінію різнополюсними імпульсами (рис. 1.13). До його складу входять два автономних джерела постійного струму - випрямлячі G1 і G2, що регулюються індуктивні накопичувачі - дроселі L1 та L2, розмежувальні діоди VD 1 та VD 2, тиристорний комутатор VS1 - VS2 та комутуючий конденсатор С.



а - схема ; б - струм накопичувача L1; в - струм накопичувача L2;
г - зварювальний струм.

Рисунок 1.13 - Джерело різнополярних імпульсів И-126

Випрямляч $G1$ з накопичувачем $L1$ живить дугу прямої полярності по мережі $G1-L1$ -дуга- $VD2-VS2$, а випрямляч $G2$ з накопичувачем $L2$ живить дугу зворотної полярності по мережі $G2-L2$ -дуга- $VD1-VS1$.

Розглянемо процеси в джерелі в інтервалі часу t_1-t_2 (рис. 1.13 б, в). В момент t_1 система керування відкриє тиристор $VS1$, цьому дросель $L1$ буде накопичувати електромагнітну енергію завдяки збільшенню струму I_{L1} , путь якого поданий на схемі тонкою лінією. У цей же момент t_1 вимикається тиристор $VS2$. Але дросель підтримує струм I_{L2} , що зменшується віддаючи раніш накоплену енергію. При цьому дросель $L2$ живить дугу струмом зворотної полярності по мережі, вказаної пунктиром. Водночас він заряджає конденсатор C відповідно полярності, вказаної на схемі.

Розглянемо процеси в інтервалі часу t_2-t_3 . У момент t_2 система керування відкриє тиристор $VS2$. Розрядом комутуючого конденсатора C по мережі $C-VS2-VS1-C$ тиристор буде замкнений, з моменту t_2 дросель $L2$ почне накопичувати, а дросель $L1$ повертати енергію, підтримуючи струм у дузі прямої полярності та перезаряджаючи конденсатор C до моменту t_3 , коли процеси в джерелі знову повторяться.

Таким чином, струм у дузі має форму різнополюсних імпульсів (рис. 1.13 б, г). Тривалість імпульсів прямої та зворотної полярності задається системою керування незалежно друг від друга та регулюються в інтервалі $0,004-0,015$ с. Струм обох імпульсів незалежно та плавно настроюється за допомогою випрямлячів $G1$ і $G2$. Зазвичай струм і час імпульсу зворотної полярності назначають невеликими, але достатніми для ефективного очищення поверхні деталі. В началі кожного імпульсу завдяки скачку струму в накопичувачі створюється висока ЕРС самоіндукції, яка забезпечує надійне наступне запалення. Тому джерело з ІНЕ не потребує імпульсного стабілізатора дуги. Форма імпульсів струму близька до прямокутної, тому що накопичувачі працюють в режимі неповного розряду. В наданій схемі накопичувач з'єднаний зі своїм випрямлячем послідовно. Тут, на відзнаку від паралельної схеми, дуга живиться сумарною ЕРС накопичувача та випрямляча, що дозволяє зменшити їх потужність та габарити.

Завдяки високій електромагнітній інерції накопичувачів струм імпульсу при коливаннях напруги дуги практично не змінюється.

Отже, круто падаюча зовнішня характеристика в джерелі з ІНЕ формується параметрично. Для початкового запалення дуги джерело укомплектоване осцилятором паралельного включення G3 та фільтром високих частот. Система керування забезпечує плавне збільшення струму в началі та спад наприкінці зварювання, а також імпульсну модуляцію струму для зварювання пульсуючою дугою.

Джерела з ІНЕ спроможні генерувати і уніполярні імпульси для зварювання пульсуючою дугою любых інших матеріалів крім алюмінію.

2 ІНВЕРТОРНІ ДЖЕРЕЛА

Широке використання для зварювання набувають інверторні джерела. Їх принцип дії та будова показані на рис. 2.1 – 2.3. У табл. 2.1 наведені технічні характеристики деяких джерел.

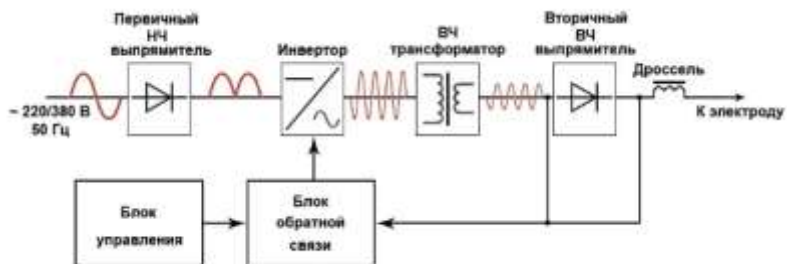


Рисунок 2.1 – Блок-схема зварювального апарату інверторного типу

Інвертори, які випускають сучасні виробники, можуть однаково успішно використовуватися як на виробничих підприємствах, так і в побуті. Розробники постійно вдосконалюють принципові електричні схеми інверторних апаратів, що дозволяє наділяти їх новими функціями і покращувати їх технічні характеристики. Інверторні джерела в якості основного обладнання широко використовуються для виконання наступних технологічних операцій:

- зварювання плавким і неплавким електродами;
- напівавтоматичного і автоматичного зварювання;
- плазмового різання та ін.

Крім того, інверторні апарати є найбільш ефективним типом обладнання, яке використовується для зварювання алюмінію, нержавіючої сталі та інших сложозварюваних металів. Зварювальні інвертори дозволяють отримувати якісні, надійні і акуратні зварні шви, що виконуються по будь-якій технології. При цьому, компактний і не надто важкий інверторний апарат при необхідності можна в будь-який момент легко перенести в те місце, де будуть виконуватися зварювальні роботи.

Схема зварювального інвертора в корені відрізняється від пристрою його попередника — зварювального трансформатора. Основою конструкції колишніх зварювальних апаратів був трансформатор понижуючого типу, що робило їх габаритними і важкими. Сучасні зварювальні інвертори завдяки використанню при їх виробництві передових розробок — це легкі і компактні пристрої, що відрізняються широкими функціональними можливостями.

Основним елементом електричної схеми будь-якого зварювального інвертора є імпульсний перетворювач, що виробляє струм високої частоти. Саме завдяки цьому використанню інвертора дає можливість легко запалювати зварювальну дугу і підтримувати її в стабільному стані на всьому протязі зварювання. Схема зварювального інвертора в залежності від моделі може мати певні особливості, але принцип його роботи залишається незмінним, що відрізняються широкими функціональними можливостями.

Для певного типу зварювання слід правильно вибрати інверторне обладнання, кожен вид якого має специфічну електричну схему і, відповідно, особливі технічні характеристики.

Обов'язкові елементи зварювального інвертора, які визначають його технічні характеристики і функціональність: 1) блок, що забезпечує електричним живленням силову частину пристрою (він складається з випрямляча, ємнісного фільтра і нелінійної зарядної ланцюга); 2) силова частина, виконана на базі однофазного конвертора (в дану частину електричної схеми також входять силовий трансформатор, вторинний випрямляч і вихідний дросель); 3) блок живлення елементів слабочинної частини електричної схеми інверторного апарату; 3) ШІМ-контролер, який включає в себе трансформатор струму і датчик струму навантаження; 4) блок, який відповідає за термозахист і управління охолоджуючими

вентиляторами (в даний блок принципової схеми входять вентилятори інвертора і температурні датчики); 5) органи управління та індикації.

У найбільш простому викладі принцип роботи інвертора такий:

1) змінний струм з частотою 50 Гц зі звичайної електричної мережі надходить на випрямляч, де відбувається його перетворення в постійний; 2) після випрямляча постійний струм згладжується за допомогою спеціального фільтра; 3) з фільтра постійний струм надходить безпосередньо на інвертор, в завдання якого входить знову перетворити його в змінний, але вже з більш високою частотою; 4) після цього за допомогою трансформатора знижують напругу змінного високочастотного струму, що дає можливість збільшити його силу.

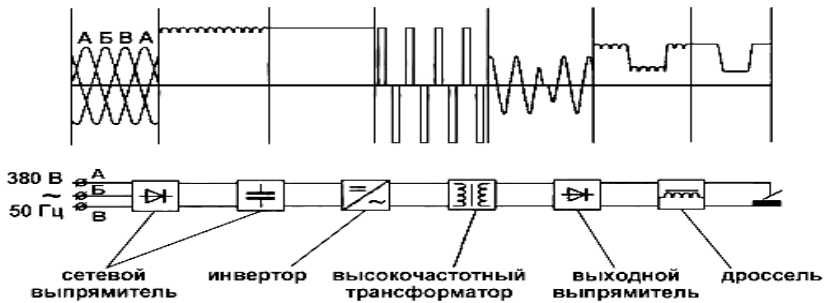


Рисунок 2.2 – Функціональна схема джерела живлення інверторного зварювального апарата для трифазної напруги 380В промислової частоти

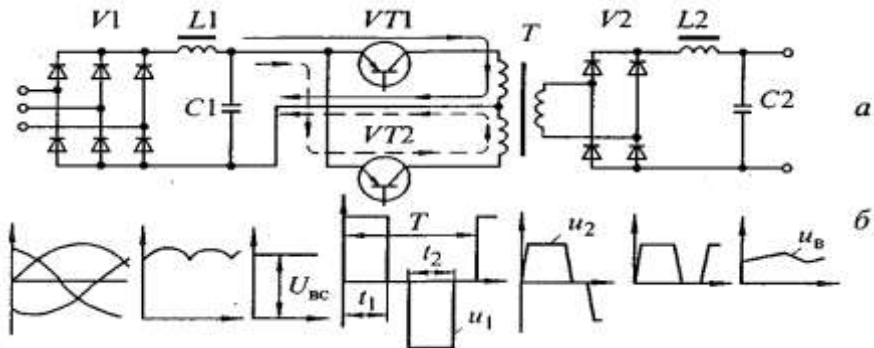


Рисунок 2.3 – Випрямляч з транзисторним інвертором.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики інверторних джерел живлення

Джерело	Напру- -га мереж і, В	Но мін аль ний стру м, А	ТВ, %	Діапаз он регул юванн я струм у, А	U _{хх} , В	U _н , В	Габаритні розміри, мм Д/Ш/В	Маса, кг
для зварювання неплавким електродом								
Transpocket 1400	1x230	100	100	5-140	60	25	312/110/200	4.2
Transpocket 2000	3x400	130	100	20-200	60	28	430/180/280	10.5
Transpocket 450	3x380	300	60	3-330	60	32	860/546/710	46
Transtig 1600	1x230	160	40	2-160	45	24	430/180/280	8.4
Transtig 2000	1x230	150	60	3-200	45	26	51/230/480	23
Transtig 3000	3x400	300	65	3-300	45	28	625/250/480	28
Transtig 450	3x380	450	60	3-450	45	28	900/650/112 0	108
Magikc Wave 2000	1x230	150	60	3-200	60	28	510/230/480	25
Magikc Wave 2600	3x400	300	65	3-300	60	28	625/290/480	30
Caddy 110/150	1x230	110	35	3-150	95	26	472/142/255	6.5
Square Wave tig 355	3x380	300	60	2-400	115	32	884/565/660	232
InverttecV- 300-1	3x380	300	60	5-300	-	32	475/274/564	29
Picotig 140	1x230	140	50	5-140	97	16	335/110/245	5?3
ВДУЧ - 16	1x220	160	60	30-160	36	26	600/285/365	23
ВДУЧ - 160	1x220	160	60	30-160	36	24	200/450/350	27
ВДУЧ - 200	1x220	200	40	30-200	36	24	200/450/350	27
ВДУЧ - 301	3x380	300	60	30-315	80	32	600/380/500	69
для зварювання плавким електродом								
Transsynergik TS 331	3x380	300	60	3-330			915/665/145 0	72

Transsynergik TS 450	3x380	450	60	3-450			915/665/145 0	78,5
Transsynergik TPS 330	3x380	300	60	3-330			915/665/145 0	72
Transsynergik TPS 450	3x380	450	60	3-450			915/665/145 0	78,5
T.I.M.E. Synergik	3x380	450	60	3-450			900/655/117 0	124
T.I.M.E. 760	3x400	760	60	3-760			780/860/880	218

Інверторні зварювальні апарати, які прийшли на зміну звичним всім трансформаторам, мають ряд вагомих переваг:

- завдяки абсолютно іншого підходу до формування і регулювання зварювального струму маса таких пристроїв становить всього 5-12 кг, в той час як зварювальні трансформатори важать 18-35 кг;

- інвертори мають дуже високим ККД (близько 90%). Це пояснюється тим, що в них витрачається значно менше зайвої енергії на нагрів складових частин. Зварювальні трансформатори, на відміну від інверторних пристроїв, дуже сильно гріються;

- інвертори завдяки такому високому ККД споживають в 2 рази менше електричної енергії, ніж звичайні трансформатори для зварювання;

- висока універсальність інверторних апаратів пояснюється можливістю регулювати з їх допомогою зварювальний струм в широких межах. Завдяки цьому один і той же пристрій можна використовувати для зварювання деталей з різних металів, а також для її виконання за різними технологіями;

- більшість сучасних моделей інверторів наділені опціями, які мінімізують вплив помилок зварника на технологічний процес. До таких опцій, зокрема, відносяться «антизалипання» і «Форсування дуги» (швидкий розпал);

- виняткова стабільність напруги, що подається на зварювальну дугу, забезпечується за рахунок автоматичних елементів електричної схеми інвертора. Автоматика в даному випадку не тільки враховує і згладжує перепади вхідної напруги, але і коригує навіть такі перешкоди, як загасання зварювальної дуги через сильний вітер;

– зварювання з використанням інверторного обладнання може виконуватися електродами будь-якого типу;

– деякі моделі сучасних зварювальних інверторів мають функцію програмування, що дозволяє точно і оперативно налаштувати їх режими при виконанні робіт певного типу.

Як у будь-яких складних технічних пристроїв, у зварювальних інверторів є і ряд недоліків:

– інвертори відрізняються високою вартістю, на 20-50% перевищує вартість звичайних зварювальних трансформаторів;

– найбільш уразливими елементами інверторних пристроїв, що часто виходять з ладу, є транзистори, вартість яких може складати до 60% вартості всього апарату. Відповідно, ремонт зварювального інвертора є досить дорогим заходом;

– інвертори через складність їх принципової електричної схеми не рекомендується використовувати в поганих погодних умовах і при негативних температурах, що обмежує область їх застосування;

– під час зварювальних робіт, виконуваних з використанням інвертора, не можна використовувати довгі дроти, так як в них наводяться перешкоди, що негативно відбиваються на роботі пристрою. З цієї причини дроти для інверторів роблять досить короткими (близько 2 метрів), що вносить в зварювальні роботи деяку незручність.

3 ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ ПЛАВКИМ ЕЛЕКТРОДОМ В СЕРЕДОВИЩІ АРГОНУ ТА ЙОГО СУМІШАХ З АКТИВНИМИ ГАЗАМИ

Відомі два способи зварювання плавким електродом в інертних газах. Зварювання постійним або змінним струмом (способи МІГ/МАГ) та спосіб імпульсно-дугового зварювання.

Зварювання постійним та змінним струмом в середовищі інертних газів може виконуватись з використанням джерел для зварювання неплавким електродом. Разом з цим, в останні роки розроблені спеціалізовані джерела інверторного типу для зварювання плавким електродом в аргоні, CO₂ та їх сумішах.

Принцип дії першого обладнання для імпульсно-дугового

зварювання був заснований на фазовому регулюванні енергії імпульсів. Так генератори ГД-1 та П-ІДС, призначені для паралельного живлення дуги при зварюванні від типових випрямлячів, мали тиристори ввімкнені в мережу первинної або вторинної обмоток трансформатора.

Джерело ІУП-1 являє собою випрямляч з великим коефіцієнтом пульсацій, має тиристори на вторинному боці силового трансформатора. Випрямляч ВДП-302 працює на принципі шунтування дроселя, має тиристори на первинному боці силового трансформатора. Джерело І-169 з тиристорним комутатором має дві паралельні мережі базового та імпульсного струму.

Технічні характеристики випрямлячів з тиристорними блоками та фазовим регулюванням енергії імпульсів, наведені у табл. 3.1.

В теперішній час для імпульсно-дугового зварювання поширене використання набувають інверторні джерела. В табл. 3.2 наведені технічні характеристики деяких типів інверторних джерел.

Інверторні джерела мають широкі можливості для керування параметрами процесу зварювання в імпульсному режимі.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики джерел для імпульсно-дугового зварювання плавким електродом

Параметри	І-169	ІУП-1	ВДГИ - 302
Первинна напруга , В	380	380	380
Номинальний зварювальний струм, А	315	315	315
Номинальний режим роботи, ТВ, %	60	60	60
Напруга холостого ходу, В	60	60	45
Діапазон регулювання базового струму, А	50 - 100	60 - 350	50 - 350
Діапазон регулювання імпульсного струму, А	800-450	0-800	300 - 750
Тривалість імпульсу, мс	1.5-5	0-6	1.5-5
Частота імпульсів, Гц	30 - 300	50 - 100	50 - 100
Габаритні розміри, мм	-	600/500/1000	720/593/938
Маса, кг	-	490	250

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики інверторних джерел для імпульсно-дугового зварювання плавким електродом

Параметри	INVERTECSTT II	POWER WAVE 450
Напруга мережі , В	3x380	3x380
Номінальний зварювальний струм, А	225	450
Номінальний режим роботи, ТВ , %	60	100
Діапазон регулювання струму, А базового імпульсного	0-125 0-450	40-520 5-750
Напруга дуги , В	-	12-42
Номінальна напруга дуги, В	-	40
Напруга імпульсу, В	-	5-55
Час імпульсу, с	-	0,1 -33,3
Частота імпульсів, Гц	-	0,15-1000
Габаритні розміри, мм	589/336/620	905/515/1010
Маса, кг	46	137,9

4 ДЖЕРЕЛА ДЛЯ ПЛАЗМОВОГО ЗВАРЮВАННЯ

Розглянемо пристрій установки УПНС-304 (рис. 4.1). Вона призначена для зварювання більшості металів стислою дугою прямої полярності й для зварювання алюмінієвих сплавів дугою зворотної полярності як в неперервному, так й імпульсному режимі. До складу установки входить порошковий живильник й насадка на плазмотрон, дозволяючий виконувати плазмове наплавлення. Установка також може використовуватися для аргоно-дугового зварювання вільною (нестислою) дугою. Її джерело живлення має автоматичний вимикач QF, магнітний пускач К, знижуючий трифазний трансформатор Т, силовий блок випрямлення V4—V9, блок випрямлення чергової дуги V1—V3 з баластними реостатами, перемикач діапазонів S й блок підпалювання із збудником G.

В діапазоні великих струмів (315 А) основна дуга «електрод—

деталь» живиться від вторинних обмоток Т2, з'єднаних трикутником, та напівкерованою трифазною мостовою схемою, зібраною з діодів F4-F6 й тиристорів V7—V9. Крутопадаючі зовнішні характеристики (рис. 4.1 б) формуються тиристорами за рахунок зворотного зв'язку по струму. Діапазон малих струмів (18 А) забезпечується після переключення S завдяки включенню в ланцюг силового блоку випрямлення баластного реостата R2. Отримані при цьому характеристики показані на рис. 4.1в. Згладжування зварювального струму здійснюється в обох діапазонах фільтром V10, L1. Проте при великому куті керування тиристорів згладжування виявляється неефективним, тому додатково використовується підживлення, яке за сумісництвом забезпечує блок живлення чергової дуги. В цьому випадку вторинні обмотки Т.1 і Т.3 утворюють трикутник з продовженими сторонами, що призводить до збільшення напруги холостого ходу. Випрямляється струм підживлення трифазною мостовою схемою з діодів V1—V6, а крутопадаюча характеристика формується баластними реостатами R1, R2 (пунктирна лінія на рис. 4.1в).

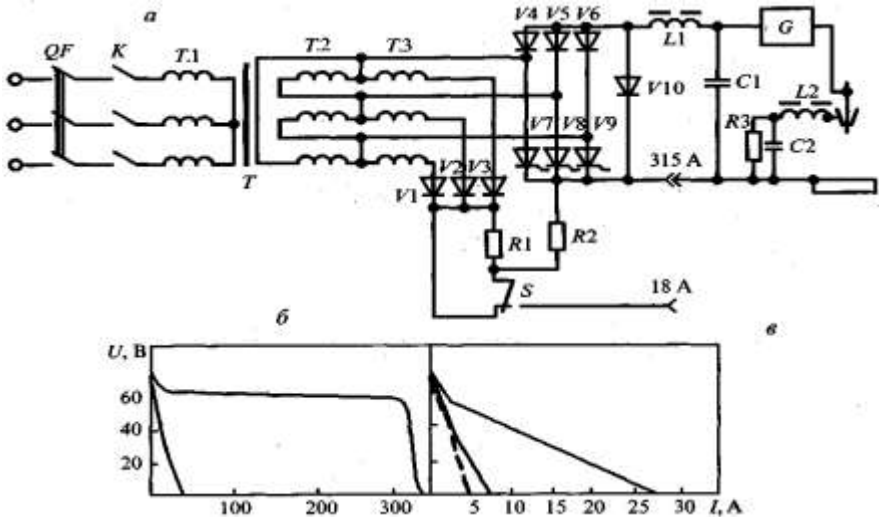


Рисунок 4.1 – Спрощена схема (а) й зовнішні характеристики (б, в) установки УПНС-304

Запалення дуги виконується збудником по ланцюгу (G—C1 —

$C2—L2—\text{сопло—електрод—}G$, після чого з'являється струм чергової дуги в ланцюзі $V1, V2, V3—R1—R2—R3—L2—\text{сопло—електрод—}G—L1—V4, V5, V6$. У момент торкання потоком плазми поверхні виробу виникає основна дуга «електрод—деталь», її струм наростає плавно на проміжку до 1с. В кінці зварювання передбачено плавне зниження струму. Модуляція струму при зварюванні пульсуючою дугою здійснюється за допомогою тиристорів $V7—V9$.

Близький принцип дії мають джерела живлення, що входять до складу установок УПН-303-1 для механізованого плазмового наплавлення, УПВ-301 — для плазмового зварювання і наплавлення, а також УПО-302—для зварювання, напилення, наплавлення і хімічного зміцнення. Раніше випускалися установки УПС-301 і УПС-503 для плазмового зварювання. Розглянемо конструкцію (рис. 4.2) та технічні характеристики (табл. 4.1) спеціалізованого джерела типу ВСВУ.

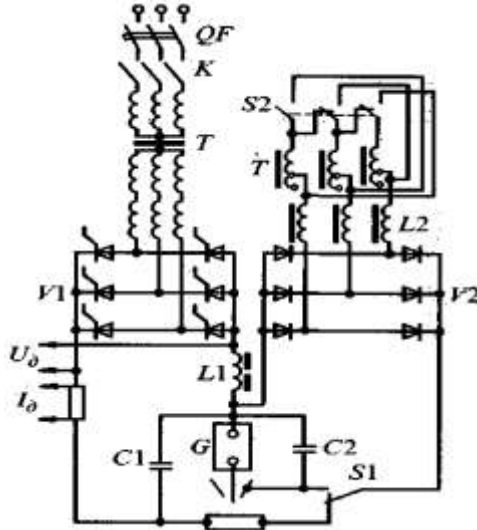


Рисунок 4.2 - Спрощена схема випрямляча типу ВСВУ

Воно призначено для аргано-дугового зварювання як безперервною, так і пульсуючою дугою, джерело можна також використовувати для плазмового зварювання. Напряга мережі через автоматичний вимикач QF контактор K подається на знижуючий трифазний трансформатор T . Частина його вторинної обмотки віддалена від первинної, тому трансформатор має природно ппологопадаючу характеристику. Необхідна вертикально падаюча

характеристика формується тиристорним випрямним блоком V1, для цього використовується зворотний зв'язок по струму I_d і навантаженню U_d . Дросель L1 згладжує випрямлений струм. Схема фазового управління тиристорами (на рисунку не показана) забезпечує регулювання і стабілізацію зварювального струму, плавне наростання на початку і спад струму в кінці зварювання, формування імпульсного режиму.

Таблиця 4.1 - Технічні характеристики джерел для плазмового зварювання, наплавлення і наплення

Параметри	ВСУ-315	УПНС-304 (БП102)	УПВ-301 (БП-302)	УПО-302 (БП-304)	УПН-303-1	ВПН-630
Рід струму	постійний імпульсний			постійний		
I_n , А	315	315	315	315	315	630
U_n , В	380	380	380	380	380	380
Номінальна потужність, кВт	—	25	25	40	40	120
U_{xx} , В	50,100,200	80	80	120	180	140,280
Тривалість навантаження ПН або вкл. ПВ, %	60	60	60	100	—	60
Межі регулювання струму, А	10—350	4—315	4—315	30—315	35—315	50—700
Тривалість імпульсу та паузи, с	0,1—1	0,1—2	—	—	—	—
Габаритні розміри, мм	700 520 1195	1200 2800 670	1200 2800 670	1200 2800 680	670 460 1600	880 1000 1760
Маса, кг	350	400	400	450	—	1100

При зварюванні пульсуючою дугою тривалість імпульсу і паузи регулюються роздільно в інтервалі від 0,1 до 1с, форма імпульсу може варіюватися від тієї, що полого наростає до прямокутної з початковим піком. Початкове запалення дуги виконується за допомогою

осцилятора G і допоміжного випрямляча з підвищеною напругою. В його склад входять додаткові вторинні обмотки трансформатора T, трифазний дросель L2 для формування крутопадаючої характеристики і випрямний блок V2. Завдяки секціонуванню додаткових вторинних обмоток і зміні їх з'єднання за допомогою перемикача S2 напруга холостого ходу допоміжного випрямляча міняється від 65 до 220 В. Ланцюг осцилятора G послідовного включення при зварюванні вільною (нестислою) дугою замикається на проміжок «електрод—деталь» за допомогою конденсатора C1. При плазмовому зварюванні допоміжне джерело перемикачем S1 підключається для живлення чергової дуги «електрод—сопло», а ланцюг осцилятора замикається конденсатором C2. Технічні характеристики випрямлячів типа ВСВУ приведені в табл. 4.1. Подібний пристрій має і випрямляч ВПН-630, що входить до складу установки для плазмового напилення УПУ-8Д.

ЛІТЕРАТУРА

1. Александров, О.Г. Джерела живлення для дугового зварювання та наплавлення [Текст] : навчальний посібник / О.Г. Александров, Д.А. Антонюк, О.Є. Капустян. – Львів : «Новий світ – 2000», 2013. – 224 с.
2. Милютин, В.С. Источники питания для сварки [Текст] : учебное пособие / В.С. Милютин, В.А. Коротков. – Челябинск : Metallurgia Урала, 1999. – 368 с.
3. Браткова, О.Н. Источники питания сварочной дуги [Текст] : учебник / О.Н. Браткова. – М. : Высшая школа, 1982. – 182 с.
4. Белинский, С.Н. Оборудование для сварки неплавящимся электродом в среде инертных газов [Текст] / С.Н. Белинский, Б.А. Каганский, Б.Я. Темник. – Л.: Энергия, 1975. – 118 с.
5. Голошубов, В.І. Зварювальні джерела живлення [Текст] : навчальний посібник / В.І. Голошубов. – К. : Арістей, 2005. – 448 с.
6. Раймонд Мэк. Импульсные источники питания [Текст] : теоретические основы проектирования и руководство по практическому применению / Мэк Раймонд. – М. : Додэка - XXI, 2008. – 272 с.