

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Запорізький національний технічний університет**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до лабораторної роботи №3

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

2016

Методичні вказівки до лабораторної роботи №3 з дисципліни “Спеціальні джерела живлення для зварювання” для студентів освітньої програми “Технології та устаткування зварювання” усіх форм навчання / Укл.: О.Є. Капустян, Р.А. Куликовський. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. - 14 с.

Укладачі: О.Є. Капустян, ст. викладач  
Р.А. Куликовський, канд. техн. наук, доцент  
Рецензент: М.Ю. Осіпов, канд. техн. наук, доцент  
Редактор: І.П. Аверченко  
Відповідальний за випуск: О.Є. Капустян

Затверджено  
на засіданні кафедри ОТЗВ  
Протокол № 2 від 30.09.2016

Рекомендовано до видання  
НМК ІФФ  
Протокол № 2 від 11.10.2016

## ЗМІСТ

1	МЕТА РОБОТИ .....	4
2	ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ .....	4
2.1	Джерела живлення інверторного типу .....	4
2.2	Принцип дії транзисторного інверторного випрямляча .....	7
2.3	Випрямлячі з транзисторним інвертором .....	9
3	ЗАВДАННЯ НА ПІДГОТОВКУ ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ .....	11
4	ЗМІСТ ЗВІТУ .....	11
5	КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ .....	11
6	ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ .....	11
7	ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ .....	14
8	ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ .....	14
	ЛІТЕРАТУРА .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>

# **ВИВЧЕННЯ ПРИНЦИПУ ДІЇ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЗВАРЮВАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ РСOTIG - 140**

## **1 МЕТА РОБОТИ**

Мета роботи: вивчити принцип дії і зварювальні властивості інверторного джерела живлення для зварювання РСOTIG - 140.

При виконанні лабораторної роботи студент повинен знати принцип роботи джерела живлення, його технічні характеристики, мати навички підключати амперметр і вольтметр у зварювальне коло.

## **2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ**

### **2.1 Джерела живлення інверторного типу**

Найбільш перспективним малогабаритним устаткуванням для зварювання є інверторні джерела.

Інвертор являє собою пристрій, що складається з ключових елементів, що по визначеній функції в часі з'єднують і роз'єднують виводи входу і виходу електричної системи. На рис. 2.1 у спрощеному виді показаний принцип виконання силового кола інвертора по повномостовій схемі. Вхідні виводи інвертора підключені до джерела постійного струму, а вихідні (змінний струм) - навантаження 2. При замиканні пари ключів К1-К3 струм через навантаження протікає в одному напрямку, а при замиканні пари ключів К2-К4 (К1, К3 розімкнуті) струм буде текти в зворотному напрямку. Якщо керування ключами робити так, що одна пара ключів, наприклад К1-К3, комутується зі зрушенням по фазі щодо іншої пари К2-К4, до того ж кожна пара ключів замкнута половину періоду, то вихідна напруга інвертора має вид різнополярних імпульсів, частота яких визначається тимчасовими інтервалами і черговістю роботи ключів. У зварювальних інверторах цією напругою живиться первинна обмотка силового трансформатора.

Гранична робоча частота інвертора залежить головним чином

від швидкодії ключів. Чим вона вище, тим вище і частота. Як силові ключові елементи використовують швидкодіючі тиристори, біполярні і польові транзистори.

Функціональна схема інверторного джерела зварювального струму показана на рис. 2.2. Напряга мережі 380 В промислової частоти перетвориться вихідним випрямлячем у постійну напругу 500 В. Ця напруга перетворюється інвертором у змінну напругу підвищеної частоти (в декілька кГц), що надходить на знижуючий високочастотний трансформатор. Вторинна обмотка трансформатора навантажена на діодний випрямляч, до виходу якого через дросель, що згладжує, підключено зварювальне коло. Живлення трансформатора напругою високої частоти дозволяє істотно знизити витрати матеріалів, що йдуть на його виготовлення. Так, при частоті живлячої напруги 10 кГц у порівнянні з частотою 50 Гц маса трансформатора і його розміри зменшуються приблизно в три рази, а при частоті 50 кГц - вже в 15-17 разів. Наприклад, розрахункова маса трансформатора потужністю 20 кВА при живленні напругою частотою 50 Гц складає 20 кг, а при 50 кГц всього 7 кг. Таке зменшення маси активних матеріалів сприяє істотному зниженню (у 25 разів) затрат потужності і росту ККД.

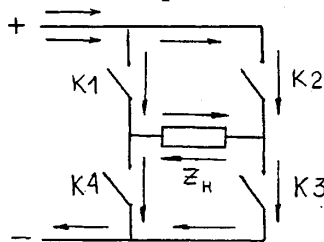
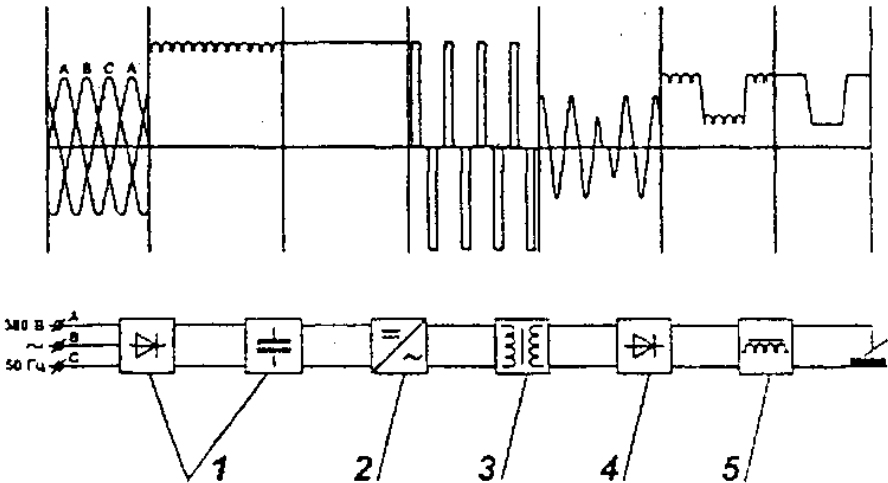


Рисунок 2.1 – Принцип виконання силового кола інвертора.

У перших джерелах живлення для дугового зварювання використовувалися тиристорні інвертори. Зараз для зварювальних джерел живлення вони застосовуються рідко. Основним недоліком тиристорних схем є порівняно невисока частота перетворення, що залежить від часу вимикання тиристорів. Сучасні швидкодіючі тиристори з часом включення до 20 мкс дозволяють одержати граничну частоту усього лише 5 кГц. Інвертування на більш високій частоті неможливо через імовірність виникнення аварійного режиму. Тому зараз тиристорні інвертори в зварювальних джерелах живлення

практично поступилися місцем транзисторним.

Сучасні потужні транзистори в порівнянні з тиристорами мають більш високі комутуючі властивості і можуть забезпечити частоту інвертування до 100 кГц. З усіх типів транзисторів, які можуть застосовуватися в зварювальних інверторах, найбільше поширення одержали транзистори IGBT завдяки таким характеристикам, як легкість керування, стійкість до перенапруг, стійка робота з піковими струмовими навантаженнями.



1 - мережний випрямляч; 2 - інвертор; 3 - трансформатор; 4 - вихідний випрямляч; 5 - дросель.

Рисунок 2.2 - Функціональна схема інверторного зварювального джерела

Важливе значення для властивостей зварювального джерела має схема інвертора. Існують різні схеми інверторів на транзисторних ключах. У джерелах живлення для дугового зварювання набули найбільшого застосування напівмостова і повномостова схеми.

Може бути застосована двохмостова схема випрямлення. При цьому виникає можливість одержання двох видів зовнішніх характеристик зварювального джерела (круто- і похилопадаючої) без комутації силових ланцюгів, а лише за рахунок алгоритму керування вентилями інверторних мостів. Це різко поліпшує технологічні властивості джерела.

Джерела живлення з транзисторними інверторами дозволяють

перейти з аналогового (у тиристорних схемах) на цифрове керування за допомогою мікропроцесорів. Це забезпечує одержання різного виду струму (змінного, постійного, імпульсного) і керування процесом зварювання по складному алгоритму.

## 2.2 Принцип дії транзисторного інверторного випрямляча

Мережний випрямляч VI (рис. 2.3 а, б) перетворить змінну напругу мережі в постійну, яка згладжується за допомогою низькочастотного фільтра L1-C1. Ця напруга перетвориться в однофазну змінну U1 високої частоти за допомогою інвертора на двох транзисторах VT1 і VT2. Напруга U1 знижується трансформатором Т до U2, випрямляється блоком вентилів V2, проходить через фільтр L2-C2 і подається на зварювальну дугу у виді згладженої випрямленої напруги.

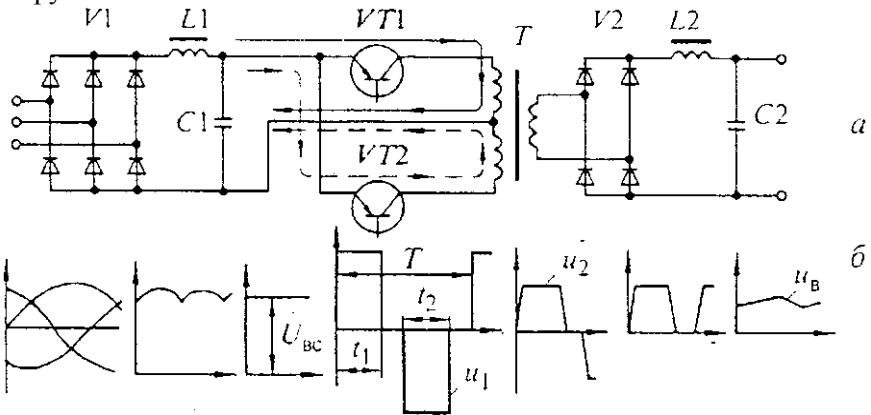


Рисунок 2.3 - Випрямляч із транзисторним інвертором

При подачі сигналу на базу транзистора VT1 відмикається його колекторне коло і по первинній обмотці трансформатора в інтервалі часу  $t_1$  йде струм у напрямку, показаному тонкою лінією. При зніманні сигналу з бази цей струм припиняється. З деякою затримкою відмикається транзистор VT2, при цьому в інтервалі часу  $t_2$  струм по трансформаторі йде в іншому напрямку, показаному пунктиром. По первинній обмотці трансформатора йде змінний струм. Тривалість його періоду  $T$  і частота змінного струму  $f=1/T$  залежать від частоти

запуску транзисторів. обумовленої системою керування. Звичайно частота встановлюється на рівні 1-60 кГц.

Якщо на вході інвертора встановлений конденсатор  $C1$ , то осцилограма напруги  $U1$  має прямокутну форму. Така конструкція називається автономним інвертором напруги (АІН). Коли на вході інвертора встановлений дросель  $L1$ , а обмотка трансформатора  $T$  шунтована конденсатором, то прямокутну форму буде мати імпульс струму. Тоді це буде інвертор струму (АІС).

Можлива конструкція, у якій завдяки наявності індуктивності в кола навантаження і ємності утвориться коливальний контур із синусоїдальним струмом, вона названа резонансним інвертором (АІР).

Регулювання режиму зварювання здійснюється декількома способами. При збільшенні напруги силового випрямляча  $U$  збільшується й амплітуда високочастотної напруги  $U2$  і середнє значення  $U$  випрямленої напруги (рис. 2.4 а). Можна змінювати і ширину імпульсів інвертора (рис. 2.4 б). Самим зручним способом регулювання є зміна частоти імпульсів (рис. 2.4 в).

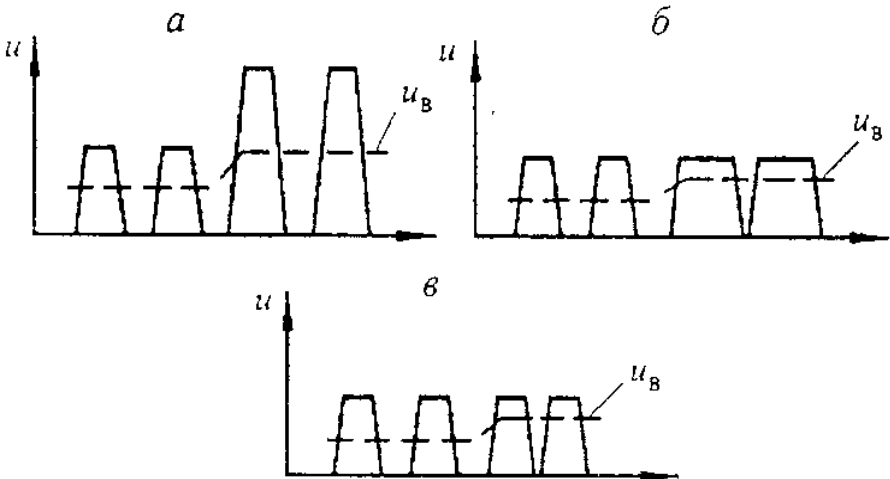


Рисунок 2.4 - Регулювання вихідної напруги інвертора зміною амплітуди (а), ширини (б) і частоти (в) імпульсів

Зовнішні характеристики інверторного джерела формуються за допомогою зворотних зв'язків і системи керування. Для одержання крутопадаючих характеристик вводиться зворотний зв'язок по струму дуги, для одержання похилопадаючих характеристик - зворотний



зв'язок по випрямленій напрузі.

Інверторний випрямляч має високі зварювальні властивості. У стандартних джерел тривалість перехідного процесу не менше 0,02 с, у інверторного випрямляча - 0,001 с і менше. Інверторний випрямляч дорожче інших джерел, тому його рекомендують використовувати там, де мають значення малі маса і габарити. Таке джерело надзвичайно економічне. Його коефіцієнт потужності близький до 1, ККД досягає 0,9. Недоліком випрямлячей із транзисторним інвертором є їхня мала потужність.

### 2.3. Випрямлячі з транзисторним інвертором

Найрозповсюджені в зварювальних випрямлячах схеми транзисторних інверторів приведені на рис. 2.5.

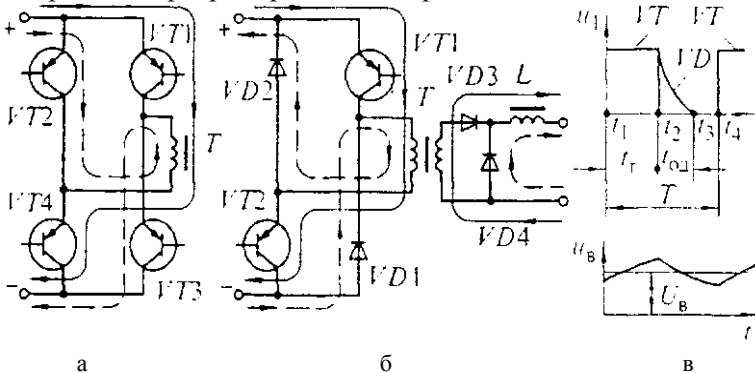


Рисунок 2.5 - Схеми транзисторних інверторів

Двотактний мостовий інвертор показаний на рис. 2.5 а. У першому напівперіоді (такті) система керування запускає транзистори VT1 і VT4, і струм йде по первинній обмотці трансформатора в напрямку, показаному тонкою лінією. В другому напівперіоді шлях струму через транзистори VT2 і VT3 показаний пунктирною лінією.

Однотактний напівмостовий інвертор (рис. 2.5 б) має половинну кількість транзисторів. У момент її при відмиканні транзисторів VT1 і VT2 по первинній обмотці трансформатора йде імпульс струму, показаний тонкою лінією. Потім настає пауза  $t_2$ - $t_4$ , після чого в цьому ж напрямку проходить такий же імпульс струму (рис. 2.5 в). Таким

чином, в одноканальному інверторі струм виявляється змінним тільки за величиною, але не по напрямку. Недоліком такої схеми є постійне намагнічування осердя трансформатора, що може привести до його насичення і припинення трансформації струму. Частково цей дефект усувається при установці діодів VD1, VD2. З моменту  $t_2$  включення транзисторів енергія, запасена в індуктивності первинного кола, повертається в коло мережі. При цьому по первинній обмотці через діоди по шляху, зазначеному пунктирною лінією, йде струм, поступово знижуючи до моменту  $t_3$ , що і забезпечує часткове розмагнічування осердя. Крім того, завдяки діодам знижуються перенапруги на транзисторах у момент їхнього запирання.

Імпульс струму, трансформований у вторинній обмотці з моменту  $t_1$ , передається навантаженню через діод VD3 по шляху, показаному пунктиром. З моменту  $t_2$  струм у навантаженні підтримується в основному за рахунок енергії, запасеної в індуктивності L. З цією метою використовується зворотний діод VD4, напрямком струму по ньому показано пунктиром. При досить великій індуктивності L, випрямлена напруга U, може бути згладжена до рівня, необхідного для стійкого процесу зварювання.

Найбільш широко в Україні представлені джерела з транзисторними інверторами, виробництва закордонних фірм, або спільних підприємств. Серед найбільш легких і малогабаритних джерел можна назвати зварювальні випрямлячі «TRANSPOCKET-1400», «TRANSPOCKET-2000», «Transtig-1600» австрійської фірми «Fronius» і СП «Фрониус-Факел», «CADDY 110/150» шведської фірми «ESAB» і НПФ «Корба», ANW-160 угорської фірми «Elektroda» і ТОВ «Автофлекс-Трейд», «Pico-140» і «Picotig-140» виробництва Німеччини. Їхня вага складає від 4,2 кг до 8,4 кг при номінальному струмі 100-160 А.

Джерела з транзисторним інвертором з частотою 30 кГц «TRANSPOCKET-1400», «Pico-140», «Picotig-140» важать від 4,2 до 5,7 кг. Вони мають крутоспадні зовнішні характеристики і призначені для мобільного використання при ручному зварюванні покритими електродами й електродом, що не плавиться. Джерела постачені компактними пальниками для аргано-дугового зварювання фірми «BINZEL». Їх можна включати в звичайну розетку, напругою 220-230 В. Запалювання дуги при зварюванні вольфрамовим електродом виробляється контактним способом при зниженому струмі. Вбудована

система контролю дуги гарантує стійкий процес зварювання, тому що у випадку короткого замикання зварювальний струм автоматично підвищується.

Джерела надзвичайно прості в користуванні. Величина зварювального струму випрямляча встановлюється регулятором на лицьовій панелі. Джерела забезпечені ременем для перенесення.

Технічні характеристики деяких інверторних джерел приведені в таблицях 2.1, 2.2.

### **3 ЗАВДАННЯ НА ПІДГОТОВКУ ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ**

1 Вивчити загальні відомості, технічні характеристики і принцип роботи Pico - 140 (PICOTIG - 140).

2 Підготувати таблиці для запису результатів випробувань джерела на холостому ході і при навантаженні.

### **4 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ**

1. Принцип роботи інверторного джерела.
2. Зовнішні характеристики Pico-140.
3. Зварювальні властивості джерела.
4. Як регулюють зварювальний струм джерела?
5. Чому джерела з транзисторним інвертором краще джерел із тиристорним інвертором?

### **5 ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ**

Необхідно використовувати амперметр постійного струму на 200 А, вольтметр, пальник, кабелі з номінальною площею перерізу дроту 25 мм, баластний реостат РБ-301.

Таблиця 2.1 - Технічні характеристики деяких джерел живлення для ручного дугового зварювання покритими електродами

Тип джерела Параметри	Од. виміру	Електрон- 125	Імпульс-2	Фора			Pico140	Transpocket	
				60	120	160		1400	2000
Первинна напруга	В	220	220	220	220	220	230	220	3-400
Номинальний струм	А	125	160	60	120	160	140	140	200
Режим роботи, ПН	%	30	40	60	60	60	60	60	60
Діапазон регулювання струму	В	40-125	26-160	30-60	30-120	30-160	5-140	5-140	20-200
Напруга холостого ходу	В	40	40	50	50	50	97	93	93
Номинальна робоча напруга	В	25	26	25	25	26	26	26	28
Габаритні розміри	мм								
довжина		160	-	298	298	410	335	312	430
ширина		200	-	120	240	180	110	110	180
висота		300	-	226	226	290	220	200	280
Маса	кг	8,5	13	5,2	10	11	4,6	4,2	10,5

Таблиця 2.2 - Технічні характеристики інверторних джерел для зварювання електродом, що не плавиться, і покритими електродами.

Тип джерела Параметри	Од. вимі ру	Pisotig- 140	ANW- 160	ANW- 200	CADDY 110/150	TRANSTIG		
						60	120	160
Первинна напруга	В	230	230	230	230	230	230	340
Номінальний струм	А	140	160	200	150	160	200	300
Режим роботи, ПН	%	60	40	40	25	40	35	65
Діапазон регулювання струму	В	5-140	5-160	5-200	3-150	2-160	3-200	3-300
Напруга холостого ходу	В	97	55	55	95	45	45	45
Номінальна робоча напруга	В	16	26	28	26	24	26	28
Габаритні розміри	мм							
довжина		335	-		472	430	510	625
ширина		110	-	-	142	180	230	270
висота		245	-	-	256	280	480	480
Маса	кг	5,3	6,5	16	6,5	8,4	23	28

## **6 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ**

1. Джерело необхідно підключати до штепсельних розеток, які заземлені.
2. Джерело має напругу холостого ходу 97 В. Заборонено торкатися кабелів, приладів, електрода та виробу при роботі.

## **7 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ**

1. Зібрати вимірювальну схему для визначення напруги і струму джерела в режимі холостого ходу, навантаження і короткого замикання.
2. Використовуючи, як навантаження, баластний реостат РБ - 301 визначити напругу холостого ходу, зняти зовнішню характеристику і струм короткого замикання.
3. Побудувати зовнішню характеристику джерела, за даними експерименту, розрахувати зміни зварювального струму при зміні довжини дуги.
4. Пояснити отримані результати, зробити висновки про властивості зварювальних джерел.
5. Накреслити схему транзисторного інверторного джерела, пояснити принцип роботи і позитивні якості випрямляча

## **8 ЗМІСТ ЗВІТУ**

1. Назва і ціль роботи.
2. Технічні характеристики.
3. Вимірювальну схему.
4. Отримані результати у виді таблиць, графіка і розрахунків.
5. Аналіз отриманих результатів і висновки по роботі.