

DOI: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2019-10-74-4>

УДК 534.8,534-143

Дранчук С.М., Машін В.М., Мінжинер С.С., Цацко В.І.

Навчально-науковий інститут морського флоту
Одеського національного морського університету

ЗРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ДЖЕРЕЛ ЖИВЛЕННЯ ДЛЯ РУЧНОГО ЗВАРЮВАННЯ. МЕРЕЖА З ПОСТІЙНОЮ ПОТУЖНІСТЮ

Анотація. Наведений аналіз джерел живлення ручних зварювальних апаратів підключених до мережі із постійною потужністю: зварювальних перетворювачів, трансформаторів, випрямлячів, інверторів, акумуляторних зварювачів. Аналіз проводився за такими показниками, як ціна, продуктивність, якість зварювання, масогабаритні показники, ккд, чуйність до коливань напруги мережі, експлуатаційні витрати, надійність. Розглянуті вимоги до джерела живлення зварювачів в мережі з відносно низькою потужністю, яка характерна в суднових умовах під час автономного плавання. З метою усунення зриву процесу підтримки горіння дуги запропонована схема автоматичного керування на основі симісторів. Незначне зниження коефіцієнта корисної дії (ккд) та незначне підвищення вартості дозволяють забезпечити умови для якісного проведення процесу зварювання. Встановлено, що за більшістю показників під час живлення від мережі із постійною потужністю, найбільш якісними є зварювальні інвертори із системою керування напругою на вході.

Ключові слова: зварювання, перетворювач, трансформатор, випрямляч, інвертор, акумулятор, система керування.

Dranchuk Serhiy, Minzhyner Serhiy,
Mashin Volodymyr, Tsatsko Volodymyr
Maritime Training and Scientific Institute
Odessa National Maritime University

RELATED ANALYSIS OF POWER SUPPLIES FOR MANUAL WELDING. CONTINUOUS POWER NETWORK

Summary. The analysis of power sources of manual welders connected to the network with constant power: welding converters, transformers, rectifiers, inverters, battery welders is presented. The analysis was carried out on such indicators as price, productivity, welding quality, mass dimensions, efficiency, sensitivity to fluctuations of the network voltage, operating costs, reliability. The power sources of the welding arc must provide for the possibility of adjusting the various welding modes, which consists in establishing the optimal current value at a given arc voltage. Usually the duration of the welding cycle, standing in the denominator, take 5 minutes. In addition to these basic requirements for all power sources, special requirements for dynamic properties are given to the welding generators of DC, which means the ability of the power source to quickly restore in the circuit of the arc the correspondence of the voltage of the changed current strength (at break of the arc it should quickly acquire the value of voltage, at short circuit – quickly fall to zero). The requirements for the power source of welders in the network with relatively low power, which is characteristic of ship during autonomous navigation, are considered. The time to restore the voltage from zero to the magnitude of the arc combustion in welding generators should not exceed 0.03 s. The duration of the transition process is quite small in comparison with the duration of the welding cycle, so although the power released during the transition is quite significant, in general, it has almost no effect on the efficiency. The presence of an additional control system increases the cost of the device by less than 10%, so even in the presence of such costs, the inverter welder will not lose the first place in cost to other types of welding machines. To eliminate the disruption of the process of supporting the combustion arc proposed scheme of automatic control based on triacs. A slight decrease in the efficiency (efficiency) and a slight increase in the cost make it possible to provide conditions for a quality welding process. It is found that, by most indicators, when powered by a constant power supply, the highest quality is welding inverters with an input voltage control system.

Keywords: welding, converter, transformer, rectifier, inverter, battery, control system.

Постановка проблеми. Досить часто при знаходженні судна у автономному плаванні необхідно проводити зварювальні роботи. На якість цих робіт великий вплив оказують властивості джерел живлення зварювальних апаратів.

У суднових умовах, коли потужність мережі обмежена, її напруга залежить від споживаного струму.

Це може викликати небажане зменшення величини напруги під час зварювання навіть до падіння нижче величини, що необхідна для підтримки горіння дуги, тобто не забезпечуються умови здійснення процесу зварювання. Внаслідок цього значно погіршуються умови зварювання, отже, погіршується якість шву.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Раніш [1] нами було відмічено, що в мережі із постійною напругою найбільш сприятливими з джерел живлення апаратів електродугового ручного зварювання є зварювальні інвертори.

Властивості джерел живлення визначаються його зовнішньою характеристикою, яка є залежністю змінювання напруги джерела від струму споживання. Властивості споживача, яким при зварюванні є дуга, характеризуються також залежністю зміни напруги на дузі від споживаного струму.

Стійкість горіння дуги залежить від відповідності форми зовнішньої характеристики джерела заданій формі статичної характеристики дуги.

Зовнішня характеристика джерела живлення, як і характеристика дуги може бути падаючою, жорсткою або зростаючою.

Для ручного дугового зварювання або автоматичного зварювання під шаром флюсу з автоматичним регулюванням напруги на дузі [2–8], коли статична характеристика дуги жорстка (рис. 1, крива 1), зовнішня характеристика джерела живлення повинна бути круто падаючою (крива 2).

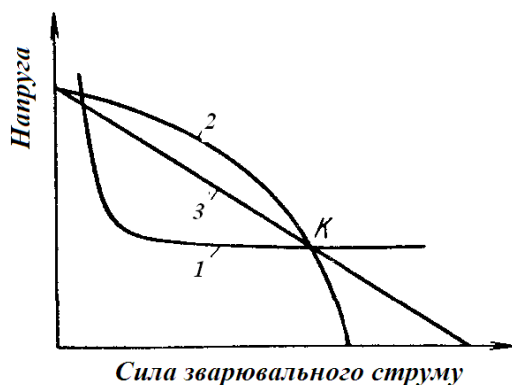


Рис. 1. Статична характеристика (1) та зовнішні характеристики (2, 3) джерела живлення при ручному зварюванні

Чим більше крутизна падіння зовнішньої характеристики в робочій частині (рис. 1, точка К), тим менше коливання струму при зміні довжини дуги. При таких характеристиках напруга холостого ходу джерела живлення завжди більше напруги на дузі, що полегшує початкове та повторне загоряння дуги, особливо при зварюванні на змінному струмі. Крім того, при круто падаючій зовнішній характеристиці обмежується сила струму короткого замикання, яка по відношенню до робочої сили струму знаходиться в межах

$$1,25 < \frac{I_K}{I_D} < 2.$$

При автоматичному зварюванні під флюсом із саморегулюванням дуги, коли статична характеристика дуги також жорстка, зовнішня характеристика джерела живлення для підвищення інтенсивності саморегулювання повинна бути полого падаючою (рис. 1, крива 3).

При зварюванні в середовищі захисних газів на постійному струмі при великій щільності струму в електроді, статична характеристика дуги зростаюча (рис. 2, крива 1). В цьому випадку зовнішня характеристика джерела для ще більшої інтенсивності саморегулювання може бути жорсткою або зростаючою (криві 2 та 3).

Джерела живлення зварювальної дуги повинні забезпечувати можливість налагоджування різних режимів зварювання, що складається в встановленні оптимальної величини струму при заданій напрузі дуги. Для цієї мети джерело живлення повинно мати регулюючий пристрій, що забезпечує отримання у визначеному діапазоні регулювання декількох зовнішніх характеристик, які повинні забезпечити стійке горіння дуги при заданих значеннях напруги та сили струму.

Найбільш поширеним способом налагоджування режиму зварювання є комбіноване регулювання. Воно складається в тім, що весь діа-

пазон регулювання за силою струму, розбивають на ряд ступенів: грубе регулювання, а в межах кожної ступені здійснюють плавне регулювання.

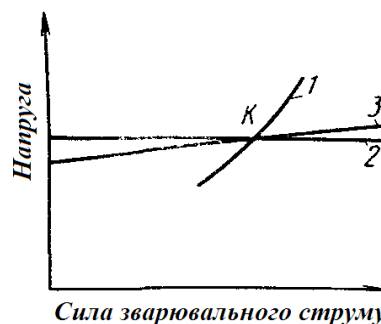


Рис. 2. Статична характеристика (1) та зовнішні характеристики (2, 3) джерела живлення при зварюванні в середовищі захисних газів

При зміні ступенів напруга холостого ходу джерела може залишатися постійною але дещо змінюватися в залежності від величини встановленої сили зварювального струму. При цьому необхідно враховувати, що при переході на малі величини сили струму зменшення напруги холостого ходу є небажаним.

Кожне джерело живлення розраховують на визначене навантаження, при якому воно працює без перегріву більш визначених значень. Силу струму та напругу джерела, при яких воно працює даною режимі без перегріву, називають номінальними.

Номінальна сила зварювального струму різна при різних режимах роботи джерела живлення дуги. Режим роботи характеризують відношенням тривалості зварювання до суми тривалості зварювання та холостого ходу, що визначається у відсотках:

$$PP \% = \frac{t_{ЗВ}}{t_{ЗВ} + t_{П}} \cdot 100,$$

де $t_{ЗВ}, t_{П}$ – тривалості часу зварювання та паузи, відповідно.

Зазвичай тривалість зварювального циклу, що стоїть у знаменнику приймають за 5 хвилин.

Крім вказаних основних вимог до всіх джерел живлення, до зварювальних генераторів постійного струму подаються спеціальні вимоги по відношенню динамічних властивостей, під якими розуміють здатність джерела живлення швидко відновлювати в колі дуги відповідність напруги зміненої силі струму (при розриві дуги вона повинна швидко набувати значення напруги холостого ходу, при короткому замиканні – швидко спадати до нуля).

Час відновлення напруги від нуля до величини горіння дуги у зварювальних генераторів не повинен перевищувати 0,03 с.

Виділення невирішених рані частин загальної проблеми. Однак питання щодо роботи апаратів в умовах постійної потужності, що спостерігається на судах, не розглядалися.

Мета роботи. Метою статті є зрівняльний аналіз джерел живлення апаратів ручного зварювання в умовах мережі обмеженої потужності та розробка структурної схеми, яка поряд із системою керування, що встановлює необхідну зовнішню характеристику джерела живлення необхідна система керування, що забезпечує підтримку напруги на вході джерела живлення на заданому рівні.

Виклад основного матеріалу. Можлива структурна схема такої системи наведена на рис. 3. Тут джерело живлення (БЖ) зварювального апарата підключене до мережі через симістор $VS1$.

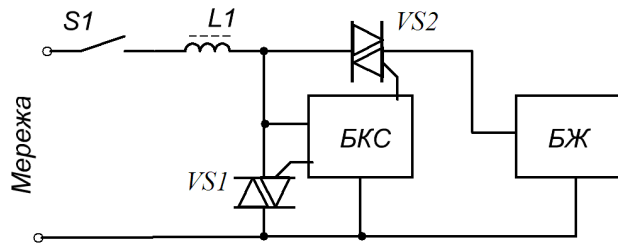


Рис. 3. Структурна схема входного кола

При замиканні вимикача $S1$ спочатку добиваються досягнення на вході цього симістора визначеного значення напруги при струмі, що дещо перевищує струм, який необхідний для зварювання. Для цього призначений симістор $VS2$, що у перехідний період пропускає струм.

При досягненні напругою необхідного значення V_3 блок керування симісторами (БКС) відкриває симістор $VS1$, при цьому струм через симістор $VS2$ зменшується, а струм, що споживається джерелом живлення зростає. Струм, що споживається схемою в цілому майже не залежить від того, відбувається чи ні процес зварювання.

При тривалій паузі у зварюванні вимикач $S1$ відключає схему, при короткочасному зриві дуги струм протікає через симістор $VS2$.

Оцінимо наскільки наявність струму через дросель $L1$, та падіння потужності на симісторах знижують ККД процесу зварювання.

Падіння напруги на симісторі $VS1$ у відкритому стані складає біля двох вольт. У той же час напруга горіння дуги при зварюванні біля 40 В, тобто втрата потужності на тиристорі складає біля 5%.

Тривалість перехідного процесу досить мала по зрівнянню з тривалістю циклу зварювання, тому хоча потужність, що виділяється при перехідному процесі на тиристорі. При замиканні вимикача $S1$ спочатку добиваються досягнення на вході цього симістора визначеного значення напруги при струмі, що дещо перевищує струм,

який необхідний для зварювання. Для цього призначений симістор $VS2$, що у перехідний період пропускає струм.

При досягненні напругою необхідного значення V_3 блок керування симісторами (БКС) відкриває симістор $VS1$, при цьому струм через симістор $VS2$ зменшується, а струм, що споживається джерелом живлення зростає. Струм, що споживається схемою в цілому майже не залежить від того, відбувається чи ні процес зварювання.

При тривалій паузі у зварюванні вимикач $S1$ відключає схему, при короткочасному зриві дуги струм протікає через симістор $VS2$.

Оцінимо наскільки наявність струму через дросель $L1$, та падіння потужності на симісторах знижують ККД процесу зварювання.

Падіння напруги на симісторі $VS1$ у відкритому стані складає біля двох вольт. У той же час напруга горіння дуги при зварюванні біля 40 В, тобто втрата потужності на тиристорі складає біля 5%.

Тривалість перехідного процесу досить мала по зрівнянню з тривалістю циклу зварювання, тому хоча потужність, що виділяється при перехідному досить значна, у цілому вона майже не оказує впливу на величину ККД.

Падіння напруги на дроселі $L1$ мале зрівняно з симістором $VS1$, отже, зменшення ККД складає біля 5%.

Заміна симістора $VS1$ на реле, яке має менше падіння напруги на контактах виявляється недоцільним у зв'язку із погіршенням надійності та швидкодії.

Наявність додаткової системи керування збільшує собівартість приладу менш ніж на 10%, тому навіть за наявності таких витрат інверторний зварювач не поступиться першим місцем за собівартістю іншим типам зварювальних апаратів.

Висновки та пропозиції. Можна зробити висновок, що в умовах мережі з постійною потужністю невелике зменшення ККД та невелике підвищення вартості дозволяють значно покращити умови зварювання. Нижче наведений зрівняльний аналіз різних джерел живлення зварювання електричною дугою при мережі із постійною потужністю за даними [2–7].

Таблиця 1

Зрівняльний аналіз різних пристроїв для електродугового зварювання при мережі із постійною потужністю

Показник	Тип джерела живлення					
	Зварювальний перетворювач	Зварювальний трансформатор	Зварювальний випрямляч	Зварювальний інвертор	Зварювальний інвертор із додатковою системою	Акумуляторний апарат
Ціна	5	3	4	1	2	6
Продуктивність	1	3	3	3	1	6
Якість зварювання	1	6	5	4	1	3
Масогабаритні показники	6	3	4	1	2	5
ККД	5	1	1	1	4	5
Чуйність до коливань напруги мережі	2	6	5	4	2	1
Експлуатаційні витрати	5	4	3	1	2	6
Надійність	6	4	3	1	1	5

Список літератури:

1. Цацко В.І. Зрівняльний аналіз джерел живлення для ручного зварювання. Мережа з постійною діючою напругою. *Проблеми техніки*. 2014. № 3. С. 36–41.
2. Николаев Г.А. Сварка в машиностроении : Справочник в 4 т. Москва : Машиностроение, 1978. Т. 1–4.
3. Волченко В.Н. Сварка и свариваемые материалы. В 2 т. Москва : Metallurgiya. 1996. Т. 1–2.
4. Денисов Ю.А., Кочева Г.Н., Маслов Ю.А и др. Справочник сварщика / под ред. В.В. Степанова. Изд. 4-е. Москва : Машиностроение, 1983. 560 с.
5. Четвертко А.И., Патон Б.Е., Бельфор М.Г., Гологовский Г.М. Апаратура для механизированной дуговой и электрошлаковой сварки и наплавки. Киев : Наукова думка, 1978. 199 с.
6. Сварочные материалы для дуговой сварки. Т. 1: Справочник / под ред. Н.Н. Потапова. Москва : Машиностроение, 1989. 544 с.
7. Сварка в машиностроении. Т. 2: Справочник / под ред. А.И. Акулова. Москва : Машиностроение, 1978. 462 с.

References:

1. Tsatsko, V.I. (2014). Zrivnyal'nyy analiz dzherel zhyvlennya dlya ruchnoho zvaryu-vannya. Merezha z postiynoyu diyuchoyu napruhoju [Comparative analysis of power sources for manual welding. Network with constant operating voltage]. *Problemy tekhniki*, vol. 3, pp. 36–41. (in Ukrainian)
2. Nikolaev, G.A. (1978). *Svarka v mashinostroenii. Spravochnik v 4-kh tomakh* [Welding in Mechanical Engineering. Handbook in 4 volumes]. Moscow : Mashinostroenie, vol. 1–4. (in Russian)
3. Volchenko, V.N. (1996). *Svarka i svaryvaemye materyaly. V 2-kh tomakh* [Welding and weldable materials]. Moscow : Metallurgy, vol. 1–2. (in Russian)
4. Denisov, Y.A., Kocheva, G.N., & Maslov, Y.A. (1983). *Spravochnik svarshchika yzd. 4-e* [Welder Guide 4th ed.] (eds. Stepanova V.V.). Moscow : Mashinostroenie. (in Russian)
5. Chvertko, A.I. Paton, B.E., Belfort, M.G., & Gologovsky, G.M. (1979). *Aparatura dlya mekhanizovanoi duhovoyi ta elektroshlakovoyi svarky ta naplavky* [Equipment for mechanized arc and electroslag welding and surfacing]. Kyiv : Naukova dumka. (in Russian)
6. Potapova, N.N. (ed.) (1989). *Svarochni materialy dlya duhovoyi svarky*. Т. 1: Spravochnik [Welding materials for arc welding. Vol. 1: Directory]. Moscow : Mashinostroenie. (in Russian)
7. Akulova, A.I. (ed.) (1978). *Svarka v mashynostroenyyi*. Т. 2: Spravochnik [Welding in mechanical engineering. Vol. 2: Directory]. Moscow : Mashinostroenie. (in Russian)