

В.І. Білобородченко

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра зварювального виробництва, діагностики і відновлення металоконструкцій**МОДЕРНІЗАЦІЯ МЕХАНІЗМУ ПОДАВАННЯ ДРОТУ
ЗВАРЮВАЛЬНИХ УСТАНОВОК ТИПУ “СВАП”**

© Білобородченко В.І, 2008

Розглядаються питання забезпечення надійності роботи механізму подачі зварювального дроту для механізованого зварювання в оточенні захисних газів та захисту від перевантаження блоку управління і двигуна.

The questions of providing of reliability of work of mechanism of serve of welding wire are considered for options of the mechanized welding in the environment of protective gases. The charts of work of block of management are Resulted and sewn up engine from the overload.

В експериментальному та дрібносерійному виробництві автобусів поширене механізоване газоелектричне зварювання. Для потреб автобудування використовується спеціалізоване мобільне устаткування типу «СВАП» для півавтоматичного зварювання в середовищі вуглекислого газу (CO₂). Конструктивно воно являє моноблок, у якому знаходиться силова частина-випрямляч, керований трансформатором зі ступінчастим регулюванням напруги зварювання та механізм подавання дроту з плавним задаванням швидкості в усьому технологічно доцільному діапазоні режимів зварювання. Унезалеження швидкості подавання дроту від напруги джерела при жорсткій або положисто спадній його зовнішній характеристиці спричиняє ефект саморегулювання процесу зварювання [1].

Постановка проблеми. Досвід експлуатації таких установок та аналіз їх відмов демонструє переважну причину – нестабільність роботи механізму подавання дроту як за механічними, так і за електричними параметрами. Зношування кінематичних пар, порушення оптимального зусилля стискання дроту у роликівій парі призводять до втрати сталості процесу зварювання, виходу з ладу двигуна або транзистора, яким він керується.

Для оцінювання впливу коливання швидкості подавання дроту Δv достатньо розглянути стійкість системи «джерело–дуга» за двома показниками: а) стадія горіння дуги при значних коливаннях її довжини; б) стадія короткого замикання (збудження дуги та її відновлення після замикання краплі на ванну).

Використовуючи базові рівняння для стаціонарної точки характеристик джерела та дуги [2], та вважаючи, що коефіцієнт стійкості системи $k_c = (\rho_\delta - \rho_{\delta ж}) \geq 0$, де ρ_δ , $\rho_{\delta ж}$ – відповідно диференціальні опори дуги та джерела ($\rho_{\delta ж} \leq \rho_\delta$); для джерел механізованого зварювання $\rho_{\delta ж} = -$

$0,01 \dots -0,1 \text{ В/А}$; швидкість наростання струму короткого замикання становить $w = \frac{dI_k}{dt} \geq 10 \text{ КА/с}$, де

I_k – струм короткого замикання; ΔU_δ – коливання напруги на дузі та при зміні довжини дуги

становить $\Delta U_\delta = E_{cm} \Delta l_\delta = \frac{I_\delta}{S_{cm} \gamma_{cm}} \Delta l_\delta$, де E_{cm} – градієнт потенціалу у стовпі дуги, S_{cm} – площа

перерізу стовпа, γ_{cm} – питома його провідність; швидкість подавання дроту v відповідає швидкості його плавлення $v_{пл}$ для стаціонарної точки при даній густині струму; Λ – довжина дроту від точки

комутації струму на дріт до поверхні металу ($\Lambda = I_b + I_d$), де I_b – виліт дроту, I_d – довжина дуги, можна константувати:

а) стадія горіння дуги

$$\Delta v = \frac{\Lambda - k_c S_{cm} \gamma_{cm}}{t \left(1 - e^{-\frac{k_c t}{L}} \right)}, \quad (1)$$

де L – індуктивність згладжувального дроселю;

б) стадія короткого замикання

$$\Delta v = \frac{U_{20}}{I_k \rho t^2} \left(1 - e^{-\frac{\Delta v \rho t}{L}} \right), \quad (2)$$

де ρ – опір одиниці довжини дроту на виліті; U_{20} – напруга неробочого ходу джерела.

З (1,2) випливає, що за інших однакових умов компенсація коливання швидкості подавання дроту подовжує час відновлення стаціонарної точки. Оскільки індуктивність дроселю L обирається такою, щоби зменшити розбризкування металу до рівня 10%, то при значних коливаннях Δv на стадії горіння дуги перехідна складова струму дуги ΔI_d [2] при типових термінах перехідного процесу при механізованому зварюванні в CO_2 не спадає до нуля, що відбивається на якості зварного шва навіть за наявності ефекту саморегулювання, а на стадії короткого замикання зростає розбризкування металу або час відновлення дуги (приварювання дроту).

Мета роботи – модернізація схеми керування механізму подавання дроту півавтомату типу «СВАП» з реалізацією функції захисту від перенавантаження моторно-транзисторної групи; строге виконання умови $v = v_{пл}$ для всього діапазону режимів зварювання (плавне регулювання подавання дроту в межах 0...260м/год). При цьому враховані вимоги замовника: 1.Мінімізація елементної бази схеми керування; 2.Типізація елементної бази; 3.Індикація порушення режиму подавання дроту та заборона подальшого зварювання при порушенні умови $v = v_{пл}$. 4. Максимальне використання конструктивних рішень установки.

Розв’язання проблеми. За основу керування силовим приводом механізму подавання дроту закладено принцип широтно-імпульсного модулювання струму двигуна транзисторним ключовим елементом, що ефективно використовується на установках типу «Volcano».

Структура схеми керування (рис. 1): А1 – блок живлення, що виробляє три рівні напруг, необхідних для забезпечення роботи таймерів та виконавчих реле (9...12В – вихідна точка «в»); напруги спрацьовування котушки електромагнітного газового клапана (24В, вихідна точка «а»); напруги живлення двигуна М та базового виконавчого реле KR1(12...24В – вихідна точка «g»); А2 – блок індикації стану схеми; А3 – блок модуляції струму двигуна М; А4 – блок дискретного режиму роботи двигуна М; А5 – блок захисту; А6 – силовий блок механізму подавання дроту.

Живлення модулятора (ДА1), генератора (ДА2) та компаратора (ДА3) забезпечується колекторним стабілізатором з захистом схеми від короткого замикання. Опорна напруга задається стабілітроном VD15 через резистор R2. Напруга подається на базу транзистора VT2, через який протікає струм, зумовлений резистором R3. Колекторний струм транзистора VT2 є базовим для транзистора VT1; на виході (точка «в») встановлюється напруга, еквівалентна напрузі емітера VT2. Коротке замикання в мережі споживачів викликає зростання колекторного струму VT1; максимально можливий струм навантаження визначається коефіцієнтом підсилення h_{21e} транзистора VT1 та максимальним струмом транзистора VT2, залежним від опору резистора R3. Решта джерел живлення блоку А1 виконані на стандартних діодних складаннях типу КЦ.

Блок індикації А2 виконаний на світлодіодах типу АЛ із струмообмежувальним резистором R4, які, залежно від логіки спрацьовування реле KR1...KRIII, подають інформацію про стан схеми керування.

Блок модуляції А3 виконаний за схемою асинхронно увімкненого автогенератора на основі таймера КР1006ВИ1 з плавнорегульованим ланцюгом (R5 R6) релаксації напруги на задавальному конденсаторі С6. Режим автоколиваний забезпечується зворотним зв'язком за виходами 3,7 мікросхеми. Щільність імпульсів $D=0\dots0,99$. Схема навантажена на силовий транзистор VT6 блоку А6. Транзистор працює в режимі ключа і захищений стабілітроном VD16. Вихідні параметри модулятора дають змогу використовувати як ключ біполярні (тип КТ 827А) та польові (тип IRF 640) транзистори без зміни елементів обв'язування таймера.

Величина струму навантаження двигуна М оцінюється спадом напруги на шунті R18.

Блок (А4) дискретного режиму роботи двигуна побудований за базовою схемою мультівібратора на таймері КР1006ВИ1. Задавач часу – ємність С7 заряджається через резистивне плече R8 R9, а розряджається через резистор R9. Робочі цикли мультівібратора обираються співвідношенням між цими опорними. Час заряду (робочий такт) ємності С7 становить

$$t_1 = (R8 + R9)C7 \ln \left[\frac{\left(U_{ж} - \frac{2}{3}U_{ж} \right)}{U_{ж} - \frac{1}{3}U_{ж}} \right], \quad (3)$$

де $U_{ж}$ – напруга живлення.

Час розряду (двигун у стані спокою) становить $t_2 = 0.693R9C7$, а повний такт схеми $T = t_1 + t_2$; частота генерованих сигналів становить

$$f = \frac{1.443}{(2R9 + R8)C7}. \quad (4)$$

З технологічних міркувань режиму зварювання переривчастим швом (режим роботи двигуна «Дискретно») робота мультівібратора характеризується такими параметрами: технологічний час виходу на режим генерації $3 \leq t_0 \leq 60$ сек, $2 \leq t_1 \leq 400$ сек, $2 \leq t_2 \leq 5$ сек; щільність вихідних імпульсів $0.5 \leq D \leq 0.99$.

Блок захисту на основі таймера КР1006ВИ1, що працює за схемою компаратора з регульованим гістерезисом передавальної характеристики

$$U_g = U_0 \left(1 - \frac{R_n}{R_0} \right) / 2, \quad (5)$$

де U_0 – опорна напруга.

Величину гістерезису, а відповідно нижню межу спрацювання компаратора встановлюють резистором R14. Опорна напруга U_0 задається резистором R12 та порівнюється із спадом напруги U_g на шунті R18 під час роботи двигуна М. Компаратор калібрований на діапазон напруг відповідно до перевантаження двигуна за струмом на 15...20%, достатній для компенсації інерції спрацювання блокуючого реле КРІІІ.

Робота схеми (рис. 2). При натисканні фіксуючого тумблера SF1 від мережі заживлюється трансформатор TP1, вторинні обмотки якого навантажені на діодні зборки VD2...VD4 і схему стабілізації напруги живлення (VT1,VT2) мікросхем. Одночасно з'являється світлова індикація (Н1) робочого стану схеми. Напруга стабілізатора подається на вхід 8 мікросхем ДА1...ДА3. Оскільки напруга порівняння $U_0=0$ на виході компаратора (ДА3) існує лог.1, транзистор VT4 відкритий; на виході інверсійного ключа VT4, VT5 існує лог.0, і блокує реле КРІІІ вимкнене, а його нормально замкнений контакт 1 КРІІІ дозволяє комутацію лог.1 на входи 4 решти мікросхем. Модулятор ДА1 входить у режим автоколиваний; його керуючі імпульси через струмообмежувальний резистор R7 подаються на базу (затвор) транзистора VT6. Оскільки колекторна напруга відсутня, а якір двигуна М короткозамкнений контактом 3КРІ, двигун продовжує знаходитися в режимі «стоп»; зварювальний дріт не подається.

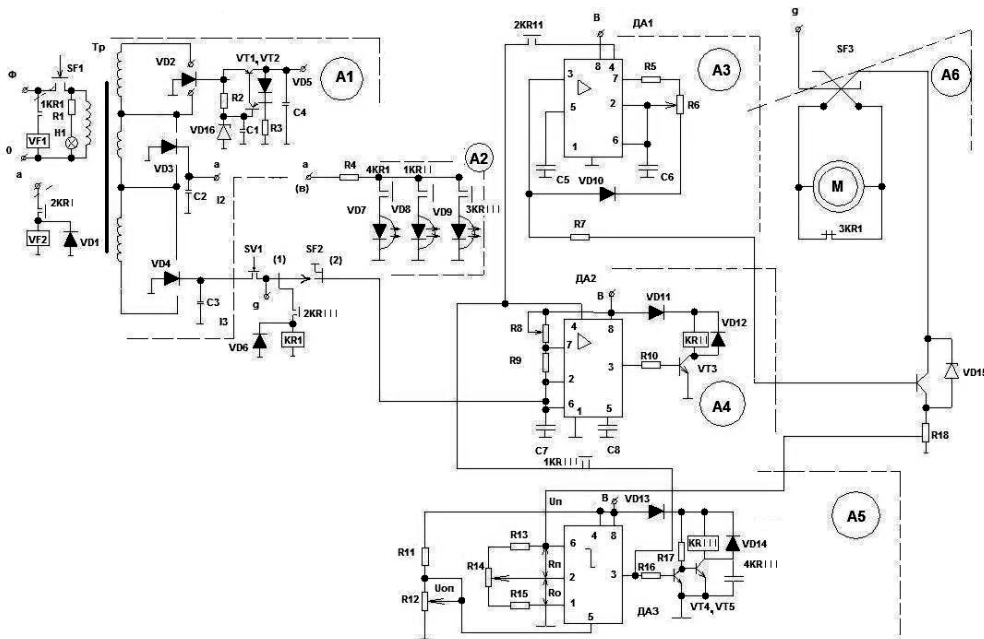


Рис. 1. Схема електрична принципова блоку керування механізмом подавання дроту

Генератор (ДА2) режиму переривчастого зварювання (режим двигуна «дискретно») знаходиться у загальмованому стані (на виході лог.1, реле KRI увімкнене, його контакт 2 KRI підтримує комутацію лог.1 з ДА3 на вхід 4ДА1; нормально замкнений контакт 1KRI через світлодіод VD8 підтверджує загальмований стан генератора). Гальмування забезпечене положенням1 тумблера SF2 (шунтування задавальної ємності C7).

Режим роботи безперервне зварювання (режим двигуна «безперервно»). При натисканні кнопки SV1 на пальнику спрацьовує реле KRI, яке своїми контактами комутує напругу на силовий контактор VF1 (1KRI) увімкнення зварювального трансформатора, котушки електромагнітного газового клапана VF2 (2KRI), світлової індикації VD7 (4KRI). Одночасно вихід «g» через перемикач SF3 навантажується на двигун, контакт 3KRI знімає блокування якоря двигуна M; починається режим безперервного подавання дроту в зону зварювання. При відпусканні кнопки SV1 схема керування та силовий блок повертається у вихідний стан.

Режим роботи переривчастого зварювання (режим двигуна «дискретно»). При переведенні тумблера SF2 у положення 2 починається зарядження ємності C7 через ланцюг R8 R9. Напруга на ємності зростає від 0 до $2/3 U_{ж}$ за час $t_0 = 1.1(R9 + R8)C7$. Напруга на виході таймеру у цей час лишається на рівні лог.1 ($U_{ж}$). У момент, коли напруга на C7 сягає величини $2/3 U_{ж}$, потенціал на виводах 3,7 ДА2 спадає до нуля (лог.0), і конденсатор C7 починає розряджатися від $2/3 U_{ж}$ до $1/3 U_{ж}$. Час t_0 таким чином визначає тривалість виходу генератора на періодичний режим роботи. Робочий цикл таймера у режимі генератора-мультивібратора складається з часу заряду C7 від $1/3 U_{ж}$ до $2/3 U_{ж}$ та часу розряду від $2/3 U_{ж}$ до $1/3 U_{ж}$. Час t_0 є технологічним часом підготовки робочого місця зварника до роботи у переривчастому режимі зварювання. При завершенні інтервалу t_0 реле KRI вимикається на час паузи t_2 , а далі починає періодично працювати з тактом $T = t_1 + t_2$, що фіксується світловим індикатором 1 KRI. Завдяки контакту 2 KRI мультивібратор ДА1 через вхід 4 синхронізується з генератором ДА2 і починає видавати керуючі імпульси у моменти часу t_1 . Двигун M через ключовий елемент VT6 працює у режимі переривчастого подавання дроту у зону зварювання.

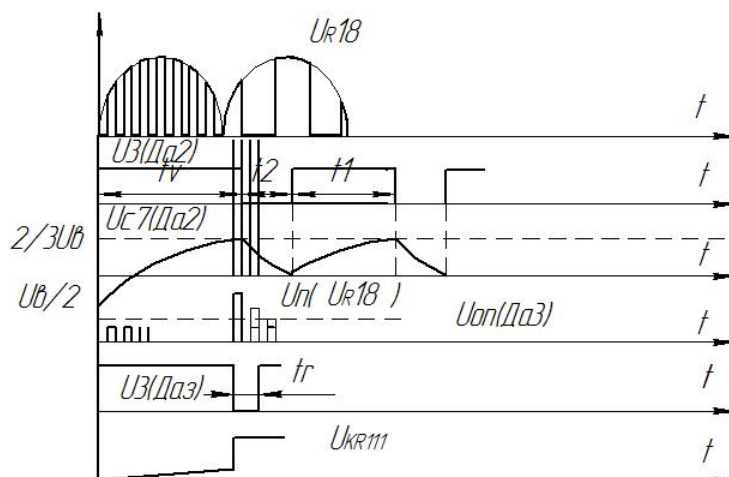


Рис. 2. Циклограми роботи елементів схеми керування механізмом подавання дроту

Режим роботи аварійно (режим двигуна «перевантаження»). При неприпустимому зростанні струму двигуна спад напруги U_n на шунті R18 сягає величини $U_{оп}$; на виході таймера ДА3 з'являється лог.1, інверсний ключ VT4, VT5 дозволяє роботу блокуючого реле КРІІ, яке своїми контактами: 1КРІІ знеструмлює входи 4 ДА1,ДА2; 2КРІІ – знеструмлює котушку реле КРІ та подає напругу на світлодіод VD9 (3 КРІІ «перевантаження»). Схема та зварювальне джерело блокуються навіть при натиснутій кнопці SV1.

Режим роботи «реверс двигуна» при налаштуванні зварювальної установки додаткових пояснень не вимагає.

Висновки. Вищенаведена схему керування механізмом подавання зварювального дроту реалізована на установках типу «СВАП» на виробництві ВАТ «Укравтобуспром». Досвід експлуатації засвідчив відповідність проведеної модернізації до технологічних вимог до зварювання, а наявність захисту та блокування роботи всієї установки об'єктивно спонукає зварника до періодичного огляду та регулювання механічної частини механізму подавання дроту згідно з нормативною документацією.

1. *Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением / Под ред. Б.Е. Патона. – М.: Машиностроение, 1974. – 768 с.* 2. *Голошубов В.І. Зварювальні джерела живлення. – К.: Арістей, 2005. – 448 с.*