

Budowa, działanie i naprawa spawarek elektronicznych

Dla większości Czytelników rozwiązania techniczne stosowane we współczesnej, zelektronizowanej spawarce były dotychczas całkowicie nieznane. Artykuł ma na celu przybliżenie tej ciekawej dziedziny, zwłaszcza, że mało kto nie zetknął się ze spawaniem lub przynajmniej jego wynikami.

W konwencjonalnych spawarkach charakterystykę statyczną i dynamiczną, niezbędną do stabilnego jarzenia się łuku, uzyskiwano przez odpowiednią konstrukcję obwodów magnetycznych transformatorów i transduktorów regulacyjnych [1]. Po zastosowaniu mostków tyrystorowych i tranzystorów bardzo dużej mocy do regulacji prądu spawania, funkcje kształtowania charakterystyk źródła prądu spawania przejęły układy elektroniczne, sterujące pracą tyrystorów lub tranzystorów. Układy elektroniczne tych spawarek dodatkowo realizują w czasie spawania specjalne funkcje ułatwiające spawanie, a w niektórych wypadkach umożliwiają spawanie materiałów niespawalnych konwencjonalnymi prostownikami spawalniczymi. W artykule zostaną wyjaśnione na podstawie schematu blokowego spawarki PSP630 R302 funkcje poszczególnych układów, a następnie omówiona ich budowa oraz zasady diagnostyki tego typu spawarek.

Zasada działania tyrystorowego prostownika spawalniczego

Na rys. 1 przedstawiono schemat blokowy spawarki PSP630 realizującej wszystkie możliwe funkcje spotykane w krajowych i zagranicznych prostownikach do spawania ręcznego elektrodą otuloną i TIG (w osłonie argonu).

Obniżone przez transformator Tr1 napięcie jest prostowane przez półsterowany mostek tyrystorowo-diodowy i, po wyładowaniu przez dławik DL, służy do zasilania łuku spawalniczego. Aby umożliwić start tyrystorów oraz zapewnić ciągłość przepływu prądu, tyrystory są zbocznikowane diodami D4 ÷ D6 przez rezystor rozruchowy dobrany tak, aby przepływający przez niego prąd nie przekroczył 15 A.

Do zajarzenia łuku spawalniczego konieczne jest napięcie 70 V, które uzyskuje się z prostownika pilotującego zasilanego z osobnego transformatora Tr2. To dodatkowe źródło prądu jest połączone równolegle z mostkiem tyrystorowo-diodowym przez rezystor rozruchowy i rezystor R7. Kolejność przejmowania pracy jest następująca: prostownik pilotujący — trójfazowy prostownik diodowy z diodami D1 ÷ D3 i diodami dodatkowymi D4 ÷ D6 — po zajarzeniu łuku rozpoczyna pracę prostownik diodowo-tyrystorowy D1 ÷ D3 i tyrystory Ty1-Ty3 bocznikujące diody D4 ÷ D6.

Prąd spawania jest regulowany przez zmianę kąta wysterowania tyrystorów przez sterownik, kąt wysterowania tyrystorów jest proporcjonalny do napięcia na wejściu sterownika. Napięcie to zadaje regulator na podstawie różnicy między prądem zadanym przez spawacza potencjometrem P1 a prądem mierzonym za pomocą bocznika RI. Regulator jest najważniejszym elementem części elektronicznej, gdyż od dobrania jego parametrów zależy jakość spawarki. Powinien on reagować na zmiany prądu spowodowane drganiem ręki spawacza (zmiany długości łuku i jego rezystancji), natomiast nie powinien reagować na krótkotrwałe zmiany prądu spowodowane przedostawaniem się kropli

metal z elektrody do jeziora spawalniczego a także na krótkotrwałe zwarcia obwodu przez kroplę metalu.

Do realizacji pozostałych funkcji jest potrzebna informacja o zaistnieniu jednego z trzech stanów pracy spawarki: bieg jałowy, zwarcie elektrody do materiału spawanego, jarzenie się łuku między elektrodą i materiałem spawanym (właściwe spawanie). Do wykrywania tych trzech stanów służy pomiar napięcia na zaciskach spawarki i wykrywanie prądu w obwodzie prostownika pilotującego. Łuk elektryczny wykazuje przewodność elektryczną podobnie jak metale (plazma łukowa).

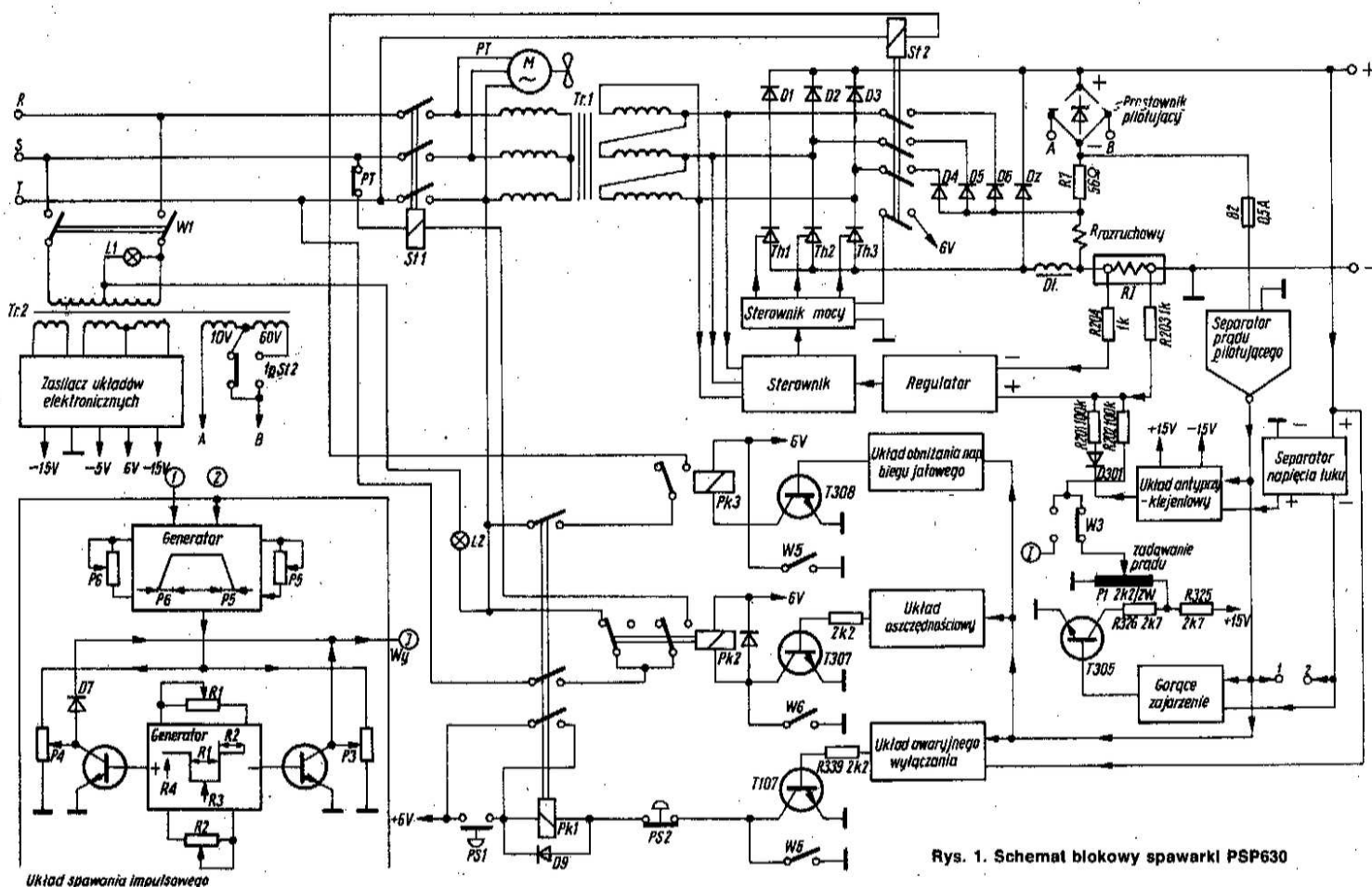
Po przyłączeniu do miejsca jarzenia się łuku znacznie wyższego napięcia z prostownika pilotującego w obwodzie prostownika płynie prąd, ograniczony wartościami rezystora R7 oraz rezystora rozruchowego. Pojawienie się napięcia na rezystorze R7 świadczy o tym, że elektroda została zwarta do masy (zajarzenie łuku przez potarcie elektrody o masę lub przyklejenie elektrody do materiału spawanego) lub że między elektrodą a materiałem spawanym jarzy się łuk. Spadek napięcia na zaciskach spawarki do zera świadczy o zwarcu elektrody do masy. Przez obróbkę logiczną tych informacji uzyskuje się informację, w jakim stanie pracy znajduje się spawarka, np.: brak prądu pilotującego i istnienie napięcia na zaciskach spawarki oznacza, że spawarka pracuje na biegu jałowym; jest prąd pilotujący i jest napięcie na zaciskach spawarki — w obwodzie jarzy się łuk elektryczny. Do uzyskania informacji logicznej o istnieniu prądu pilotującego i napięcia na zaciskach spawarki służą separator prądu pilotującego oraz separator napięcia łuku. Pozostałe funkcje są realizowane w zależności od stanu logicznego tych wyjść przez układy logiczne spawarki: mikroprocesor, układy TTL lub układy tranzystorowe ew. układy scalone grubowarstwowe. Separatory, podobnie jak regulator, nie mogą reagować na cykl jarzenia się łuku składający się z krótkich zwarć i okresów jarzenia się łuku.

Układ gorącego zajarzenia

Przez ok. 3 sekundy (ustawiony osobnym potencjometrem) od momentu zajarzenia łuku zadany jest prąd o 30% większy od prądu, ustawionego przez spawacza za pomocą potencjometru P1. Realizowane jest to tak (rys. 1), że napięcie zasilające potencjometr zadający prąd spawania pochodzi z dzielnika napięcia z rezystorami R325 i R326. Zablockowanie tranzystora T305 powoduje podwyższenie napięcia zasilającego potencjometr zadający P1 i zadanie prądu o 30% większego od nominalnego. Wykrycie zajarzenia łuku powoduje odliczenie czasu gorącego zajarzenia i wysterowanie tranzystora T305. Układ ułatwia rozpoczynanie spawania w wypadku konieczności spawania minimalnym prądem przy spawaniu stali kwasoodpornych.

Układ antyprzyklejeniowy

W wypadku wykrycia w obwodzie zwarcia utrzymującego się przez pewien czas, co świadczy o przyklejeniu się elektrody i braku możliwości jej oderwania, układ doprowadza do regulatora napięcie — 15 V, znacznie przewyższające napięcie zadające. Powoduje to zadanie prądu mniejszego od zera (płynącego w przeciwnym kierunku) i zablockowanie sterownika. W obwodzie spawania płynie wtedy prąd 15 A. Po ostygnięciu miejsca przyklejenia przez przegięcie elek-



Rys. 1. Schemat blokowy spawarki PSP630

trody można ją oderwać. Jeżeli nie ma takiego układu, elektroda rozgrzeje się do czerwoności, a wyrwanie elektrody z uchwytu spowoduje iskrzenie i niszczenie uchwytu spawalniczego. Układ ułatwia zajarzenie łuku. Pocieranie elektrodą o materiał nie powoduje jej przyklejenia, gdyż prąd 15 A jest za mały, aby nastąpiło przyspawanie elektrody. Wystarcza jednak do zajarzenia łuku. Po oderwaniu elektrody tyrystory zostają odblokowane i zajarzony przy współudziale prostownika pilotującego łuk zostaje podtrzymany nawet wtedy, gdy jego długość jest znaczna.

Układ obniżania napięcia biegu jałowego

Stycznik St2 służy do blokowaniaysterowania tyrystorów przez odłączenie napięcia zasilającego sterownik mocy, do odłączania diod D4 ÷ D6 służących do utrzymania prądu 15 A oraz do zmiany napięcia zasilającego prostownik pilotujący z 70 V na 10 V. Wyłączenie stycznika St2 powoduje odłączenie po stronie wtórnej napięcia spawarki i przekształcenie prostownika pilotującego w prostownik prądu czuwania.

Układ obniżania napięcia biegu jałowego działa w sposób następujący: po oderwaniu elektrody i zerwaniu łuku zostaje zablokowany tranzystor T308, a przełącznik Pk3 wyłącza stycznik St2, co powoduje odcięcie zasilania spawarki i przejścia układu w stan czuwania. Gdy elektroda zostaje zwarta do masy, tranzystor T308ysterowuje przełącznik Pk3 i stycznik St2, co umożliwia zajarzenie łuku.

Układ oszczędnościowy

Gdy przez czas dłuższy niż 3 ÷ 5 minut na wyjściu separatora prądu pilotującego nie pojawi się żaden sygnał, tranzystor T307 zostaje zablokowany, przełącznik Pk2 blokuje

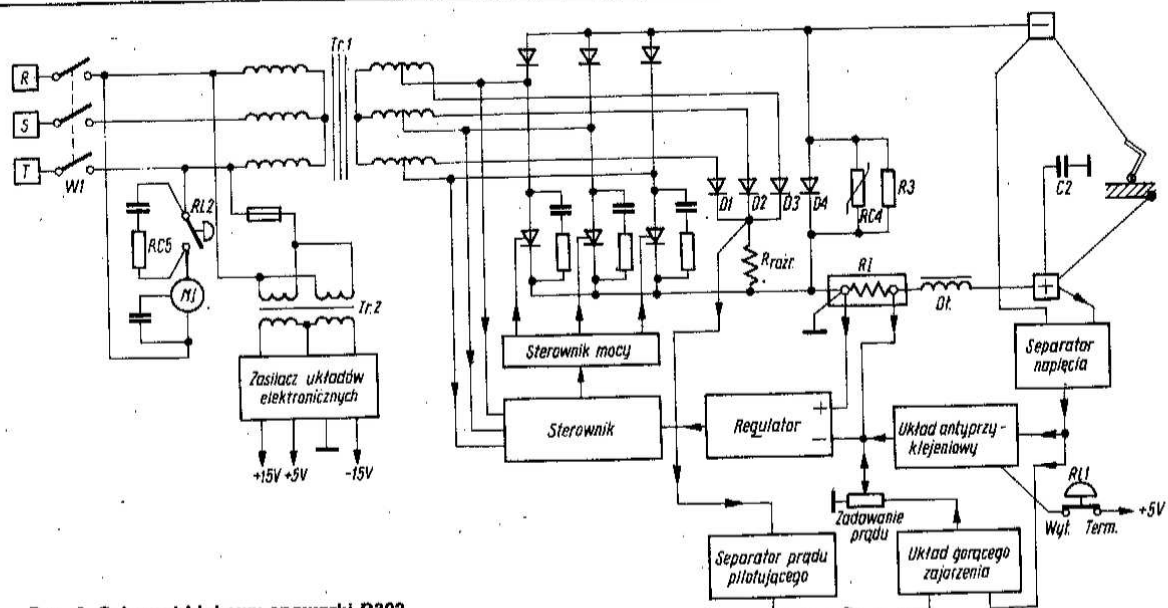
stycznik St1, a drugim zestykiem podtrzymuje świecenie lampki kontrolnej L2. Powoduje to odłączenie zasilania transformatora Tr1 od sieci i wyłączenie wentylatora. Po zwarciu elektrody do masy układ powraca do poprzedniego stanu i możliwe jest zajarzenie łuku. Układ oszczędnościowy ogranicza straty energii elektrycznej w spawarce podczas pracy na biegu jałowym.

Układ awaryjnego wyłączenia

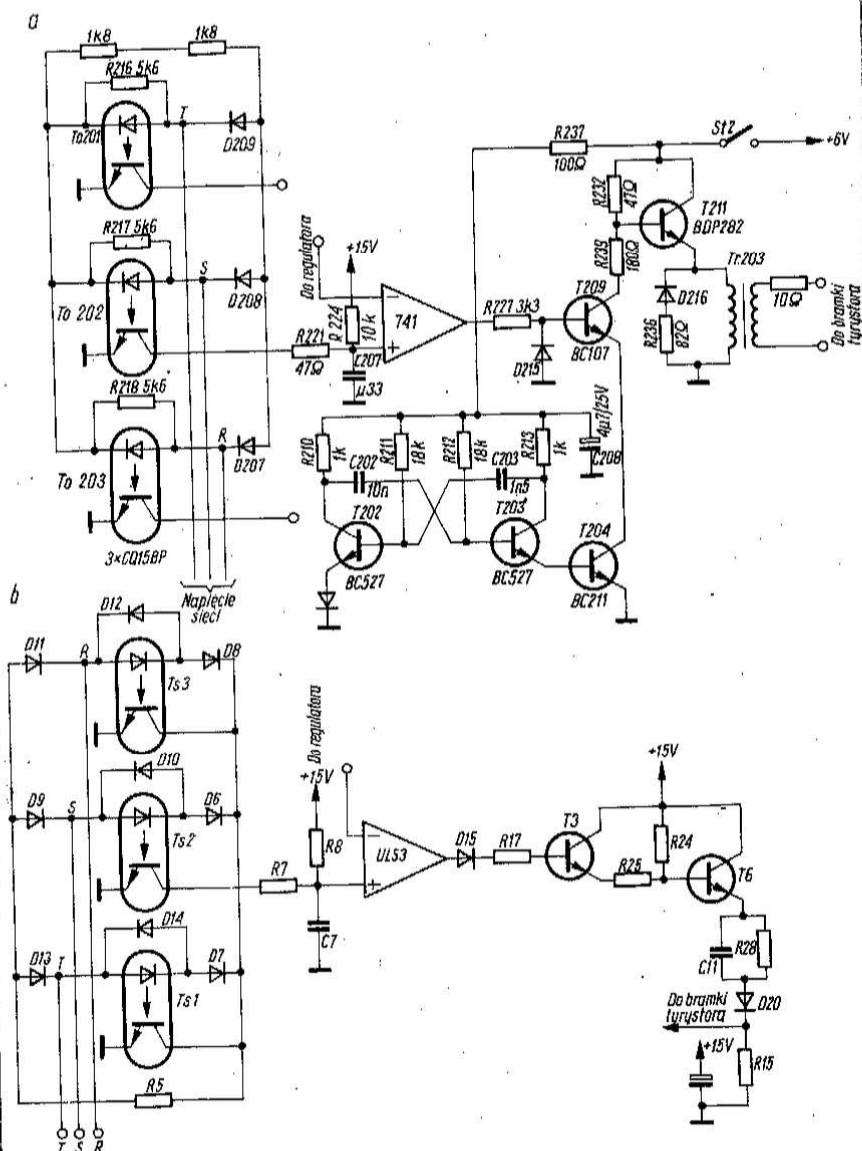
Układ ten powoduje wyłączenie spawarki w wypadku pojawienia się napięcia wyższego niż $72 \text{ V} \pm 1 \text{ V}$. Zablockowanie tranzystora T107 powoduje wyłączenie samopodtrzymującego się przełącznika Pk1 i wyłączenie obu styczników. Lampki kontrolne gasną również. Ponowne włączenie jest możliwe po naciśnięciu przycisku PS1. Wyłączniki W5 i W6 służą do eliminacji pracy układów: obniżania napięcia biegu jałowego, awaryjnego wyłączenia i układu oszczędnościowego.

Układ spawania impulsowego (przystawka TIG 500)

Wciśnięcie przełącznika W3 powoduje przekazanie zadawania prądu z potencjometru P1 do specjalnej przystawki, powodującej zmianę zadawanej wartości prądu w czasie spawania według wcześniej zaprogramowanego schematu. Wyjścia multiwibratoraysterowują tranzystory obciążone potencjometrami P4 i P3, z pomocą których ustawia się dolną i górną wartość prądu spawania. Ponieważ ślizgacze tych potencjometrów są połączone z regulatorem przez diody D7 i D8, do regulatora płynie prąd o wartości zadanej na potencjometrze nie zwartym. Potencjometry P3 i P4 są zasilane z generatora impulsu trapezowego narastającego



Rys. 2. Schemat blokowy spawarki R302



Rys. 3. Schemat sterownika

a — spawarki PSP250 i PSP630, b — spawarki R302

liniowo po zajarzeniu łuku i opadające liniowo podczas przerywania spawania. Narastanie prądu zapewnia podgrzanie materiału przed spawaniem, a opadanie zapewnia wypełnienie krateru (np. przy spawaniu TiG cienkich rur kotłowych). Impulsowa zmiana prądu spawania powoduje powstawanie w łuku sił elektromagnetycznych i odrywanie z elektrody równych kropli metalu, co polepsza jakość spawania. W przystawce TiG-250 zastosowano tylko układy powodujące płynne narastanie i opadanie prądu spawania bez impulsów.

W spawarce PSP 250 będącej pochodną spawarki PSP630 nie ma układów obniżania napięcia, wyłączania awaryjnego i oszczędnościowego, pozostałe układy są identyczne.

Schemat blokowy spawarki R302 (licencja AGA) przedstawiono na rys. 2. Układ tym różni się od poprzedniego, że połączono prostownik pilotujący z diodami bocznikującymi tyrystory, a zamiast dodatkowego transformatora do zasilania prostownika pilotującego zastosowano odczepy na transformatorze głównym. Zrezygnowano też ze styczników, przekazując funkcję wyłączania termicznego do układu antyprzylepnego.

Zasada działania układów elektronicznych Sterownik

W spawarce PSP630 do synchronizacji z siecią prądu trójfazowego służy dodatkowy mostek trójfazowy (rys. 3a) będący modelem mostka mocy, w którym tyrystory zastąpiono transpórami. Wszystkie elementy mostka mają przeciwny kierunek przewodzenia niż

elementy mostka mocy. Dzięki temu, gdy tyrystory są w stanie zaporowym, odpowiadające im transoptory zwierają kondensatory na wejściu wzmacniacza operacyjnego z masą. Gdy tyrystory są zasilane dodatnią częścią sinusoidy napięcia sieci, kondensator jest ładowany i po osiągnięciu napięcia zadanego przez regulator, dodatnie napięcie na wyjściu wzmacniacza operacyjnego, przez tranzystor T209 (T205 i T207), doprowadza do bazy tranzystora T211 zasilającego transformator bramkowy, ciąg impulsów z multiwibratora. W spawarce R302 do wyzwania tyrystora służy jeden impuls o odpowiednim kształcie [2], formowany przez układ C11 i R28 włączony w obwód emitera tranzystora T6 jak na rys. 3b.

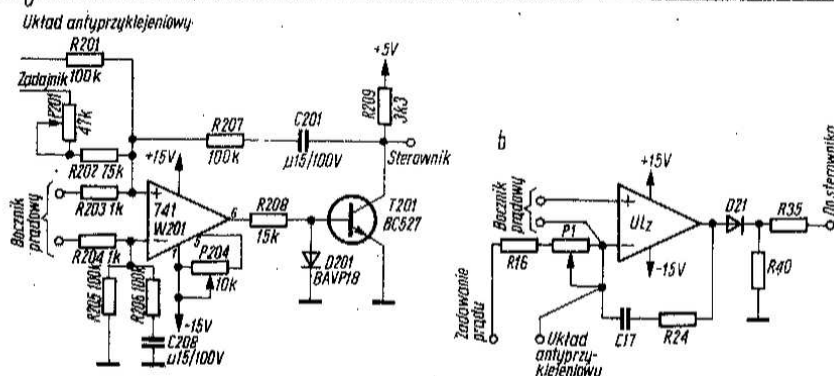
Regulator

Jak widać na rys. 4, regulatory obu spawarek są wykonane ze wzmacniaczami operacyjnymi i mają charakter proporcjonalno-całkujący [2]. W spawarce PSP630 na wejściu wzmacniacza operacyjnego od sumy napięć uzyskiwanych z potencjometru zadającego prąd spawania i układu antyprzyklejeniowego jest odejmowana wartość napięcia z bocznika prądowego. W spawarce R302 jest odwrotnie, gdyż brak jest tranzystora T201 odwracającego napięcie na wyjściu wzmacniacza operacyjnego. Aby uzyskać skuteczne blokowanie sterownika przez układ antyprzyklejeniowy, napięcie wyjściowe tego układu w spawarce PSP630 jest ujemne, a w spawarce R302 — dodatnie. Napięcie to wymusza zadanie maksymalnego kątaysterowania tyrystorów.

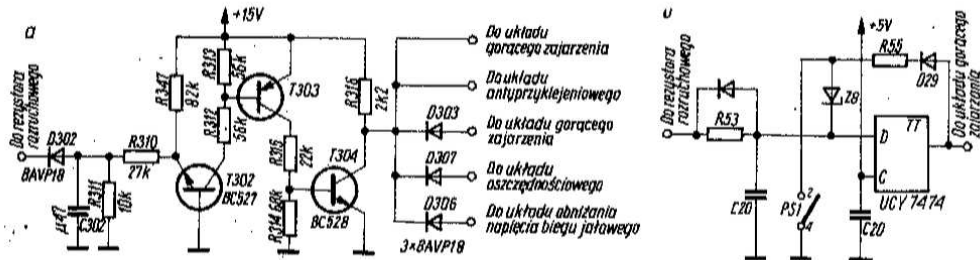
Separatory

Separatory prądu pilotującego przedstawiono na rys. 5. W spawarce PSP630 tranzystor T302 pracujący ze wspólną bazą pełni funkcję dopasowującą, przy zwarcu lub zajarzeniu łuku wyjście separatora jest zwarte do masy. W spawarce R302 (rys. 5b) separator prądu pilotującego wykonano z trygerem Schmitta.

Na rys. 6 przedstawiono separatory napięcia spawarki. W spawarce PSP 630 pojawienie się napięcia powoduje zwarcie do masy wyjścia układu gorącego zajarzenia i obniżenie napięcia wyjściowego układu antyprzyklejeniowego do wartości 4,3 V. W spawarce R302 separator napięcia (rys. 6b) wykonano wykorzystując transoptor. W przeciwieństwie do spawarki PSP630, w spawarce R302 przy braku napięcia spawarki nie ma napięcia na wyjściu, a po pojawieniu się napięcia na zaciskach spawarki, na wyjściu separatora występuje napięcie 5 V.



Rys. 4. Schemat regulatora a — spawarki PSP250 i PSP630, b — spawarki R302



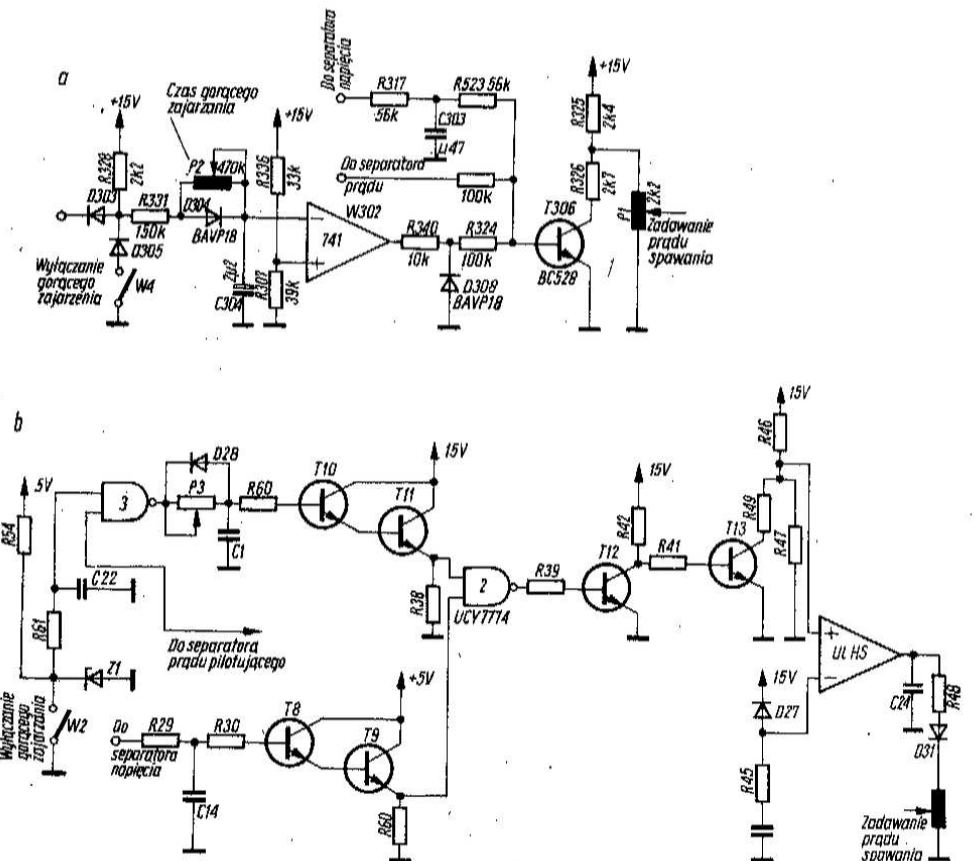
Rys. 5. — Separator prądu pilotującego a — spawarki PSP250 i PSP630, b — spawarki R302

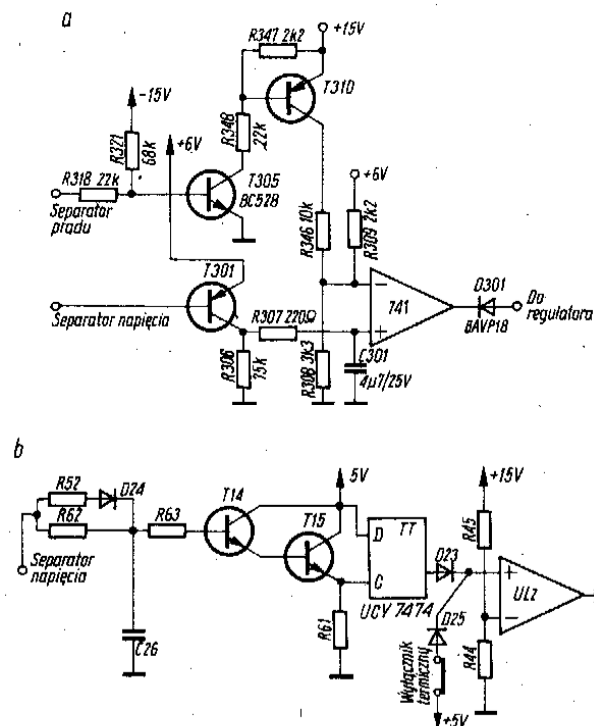
Rys. 6.

Separator napięcia spawarki
a — spawarki PSP250 i PSP630,
b — spawarki R302

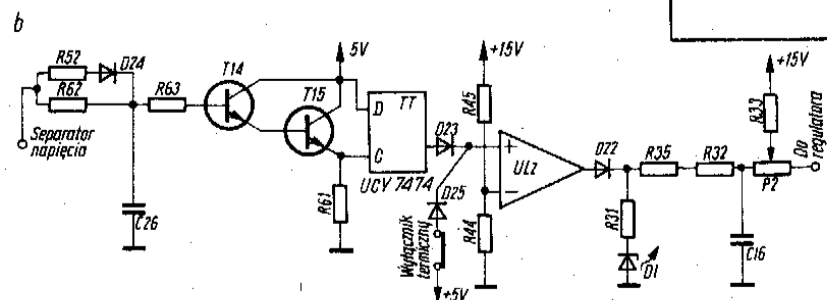
Rys. 7.

Układ gorącego zajarzenia
a — spawarki PSP250 i PSP630,
b — spawarki R302



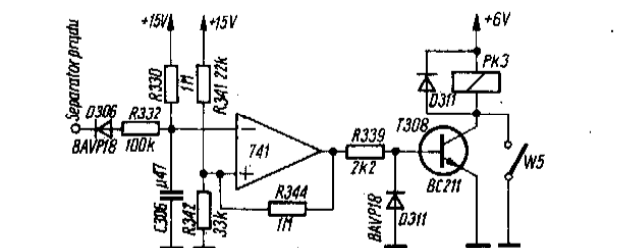


Rys. 8. Układ antyprzyklejeniowy a — spawarki PSP250 i PSP630. b — spawarki R302

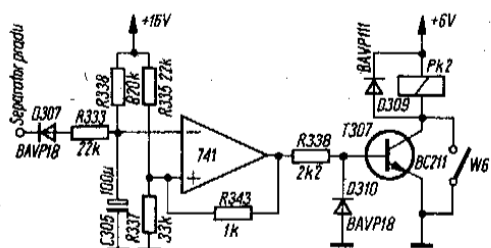


Układ gorącego zajarzania

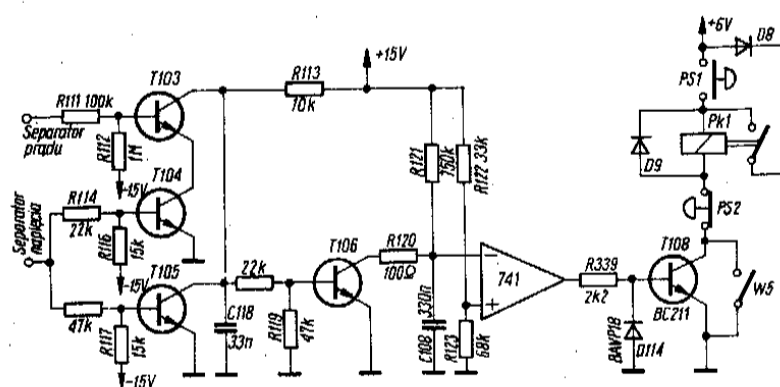
W spawarce PSP630 (rys. 7a) do bazy tranzystora T305 przez jednakowe rezystancje 100 kΩ doprowadzono napięcie z wyjścia separatorów prądu i napięcia oraz wyjścia układu czasu. Zablokowanie tranzystora T306 i zadanie większego prądu jest możliwe tylko wtedy, kiedy wszystkie napięcia doprowadzone do bazy tranzystora T306 są równe zero. Zwarcie wyjścia separatora prądu do masy powoduje rozładowanie kondensatora C304 przez potencjometr P2 (odliczenie czasu) i przerwanie gorącego zajarzania, które rozpoczęło się z chwilą zwarcia wyjść obu separatorów do zoru. Zwarcie wyjścia separatora prądu do masy powoduje rozładowanie kondensatora C304 przez potencjometr P2 (odliczenie czasu) i przerwanie gorącego zajarzania, które rozpoczęło się z chwilą zwarcia wyjść obu separatorów do masy. W spawarce R302 (rys. 7b) po pojawieniu się prądu pilotującego zostaje odliczony czas uzależniony od wartości P3 i C1, a następnie informacja ta jest przekazywana do bramki 2. Pojawienie się na drugim wejściu tej bramki sygnału istnienia napięcia na zaciskach spawarki powoduje wysterowanie tranzystora T13. Zmianę parametrów dzielnika napięcia na wejściu wzmacniacza UL₅ i obniżenie napięcia zasilającego potencjometr zadający prąd spawania, co kończy gorące zajarzanie.



Rys. 9. Układ obniżania napięcia biegu jałowego spawarki PSP630



Rys. 10. Układ oszczędnościowy spawarki PSP630



odblokowany przy napięciu na spawarce większym niż 72 V. W razie przerwy w spawaniu separator prądu pilotującego wysterowuje tranzystor T103 i wtedy rozładowanie kondensatora C108 przez tranzystory T103 i T104 następuje przy napięciu spawarki o połowę niższym.

Naprawa spawarek

Diagnostyka ogranicza się do pomiaru napięcia na wyjściach bloków w trzech stanach pracy: bieg jałowy, zwarcie i jarzenie łuku, oraz sprawdzeniu prawidłowości działania zgodnie z podanym opisem. Najczęstszą przyczyną uszkodzeń jest zwarcie przewodów doprowadzających napięcia do płytki układów elektronicznych lub zwarcie bocznika prądowego do masy; występuje wtedy brak regulacji prądu spawania przy maksymalnym lub minimalnym prądzie spawarki. W tym ostatnim wypadku można doraźnie odłączyć układ antyprzyklejeniowy przez wylutowanie jednej końcówki rezystora na wyjściu układu.

Uwagi dodatkowe

Jak wynika z literatury [4] i [5], sterowanie tyrystorów (zmiana kąta wysterowania), funkcje regulatora i funkcje logiczne pozostałych bloków spawarki można realizować programowo przez układy mikroprocesorowe. Takie spawarki pojawiły się już za granicą.

Zastosowanie mikroprocesorów umożliwia automatyczne dobieranie przez układ parametrów spawania impulsowego lub zastosowanie systemu doradczego [3].

LITERATURA

- [1] Dymek: Elektryczne urządzenia spawalnicze. Skrypt Politechniki Warszawskiej
- [2] Grzybowski W., Kardaszewicz J., Manitus J., Zygmunt H.: Projektowanie przekształtników tyrystorowych. WNT Warszawa 1974
- [3] Lesiński K.J., Marmołowski A.: Mikrokomputer w procesach spawalniczych. „Przegląd Spawalnictwa” nr 12/1988, str. 4 ÷ 7
- [4] Pieńkos J., Moszczyński St., Piłta A.: Układy mikroprocesorowe 8080/8085 w modułowych systemach sterowania. WKiŁ Warszawa 1988, str. 431 ÷ 441
- [5] Grabowski J., Kościacz St.: Podstawy i praktyka programowania mikroprocesorów. WNT. Warszawa 1987, str. 67 ÷ 116