

Aleksander ŻYWIEC

Romuła GRZENIK

Zygmunt MOŁOŃ

UKŁAD STEROWANIA I REGULACJI PROCESU NAPAWANIA PRZYLGNI GRZYBKA
ZAWORU SILNIKÓW SPALINOWYCH

Streszczenie. Przedstawiono opis działania i rozwiązania schematowe elektronicznego układu sterowania i regulacji napawarki, która realizuje proces napawania przyłgni i grzybka zaworu silników spalinowych metodą grzejnictwa indukcyjnego. Proces napawania obejmuje trzy etapy, w których kolejno następuje podgrzanie zaworu i stopienie pierścienia napawanego, odgazowanie płynnego pierścienia, jego kształtowanie i wtopienie się w grzybek zaworu oraz schładzanie zaworu z wtopionym pierścieniem. Przedstawiony układ umożliwia dokładne i powtarzalne ustawienie w szerokim zakresie zadanych wartości czasu trwania poszczególnych etapów procesu napawania oraz poziomów napięcia zasilania wzbudnika w tych etapach. Układ zaprojektowano i wykonano w Instytucie Maszyn i Urządzeń Elektrycznych Politechniki Śląskiej, wykorzystując elementy elektroniczne produkcji krajowej. Badania układu przeprowadzono w FSM Bielsko-Biała wykazały, że wykonany układ spełnia narzucone wymagania ruchowo-eksploatacyjne, a jego zastosowanie prowadzi do istotnego ograniczenia odpadów powstających w procesie napawania przyłgni grzybka zaworu.

1. Uwagi wstępne

O właściwościach silnika spalinowego benzynowego w istotnym stopniu decyduje praca układu rozrządu, zapewniającego napełnianie cylindrów mieszanką paliwowo-powietrzną, odpowiednie sprężanie tej mieszanki w cylindrze oraz wylot gazów spalinowych z cylindra. Szczególnie ostre wymagania, odnośnie do szczelności oraz odporności na wysoką temperaturę i działanie chemiczne gazów spalinowych, są stawiane układowi gniazdoj głowicy silnika - zawór. Z tego powodu przyłgni głowicy silnika oraz grzybków zaworów są wykonywane ze specjalnych materiałów i podlegają dokładnej obróbce mechanicznej. Najczęściej stosowaną technologią jest wciskanie w podgrzaną głowicę silnika gniazd wykonanych ze specjalnego gatunku żeliwa szarego oraz napawanie na grzybek zaworu warstwy odpowiedniego stopu, po czym następuje obróbka mechaniczna przyłgni gniazd i grzybków zaworów.

Produkcja zaworów na potrzeby przemysłu samochodowego jest realizowana w FSM Bielsko-Biała. Napawanie przyłgni grzybka zaworu odbywa się metodą grzejnictwa indukcyjnego w atmosferze gazu obojętnego w specjalnym urządzeniu zwana napawarką. Zawory z nieprawidłowo napawaną przyłgnią grzybka

nie nadają się do dalszej obróbki mechanicznej i są traktowane jako odpady. W FSM ilość takich odpadów jest znaczna (często 10% a nawet więcej), co niekorzystnie wpływa na koszt produkcji zaworów.

Prace naukowo-badawcze dotyczące modernizacji napawarek stosowanych w FSM podjęto w Instytucie Maszyn i Urządzeń Elektrycznych Politechniki Śląskiej. W niniejszym opracowaniu przedstawia się wybrane rezultaty zrealizowanych prac modernizacyjnych, które umożliwiły istotne ograniczenie odpadów powstających w procesie napawania przyłgni grzybka zaworu.

2. Opis pracy napawarki i ustalenie parametrów decydujących o jakości procesu napawania

Napawanie przyłgni grzybka zaworu w napawarce jest realizowane w trzech etapach. Przechodzenie do poszczególnych etapów napawania odbywa się samoczynnie, dzięki zastosowaniu odpowiedniego układu sterowania elektrycznego. Proces napawania rozpoczyna się po włożeniu do tulei zaciskowej trzonka zaworu z nałożonym pierścieniem wykonanym z materiału napawanego. Tuleja zaciskowa utrzymuje zawór centrycznie w osi wzbudnika otaczającego grzybek zaworu i nałożony pierścień oraz powoduje ruch obrotowy zaworu. Wzbudnik jest zasilany prądem o podwyższonej częstotliwości (8 kHz) z generatora synchronicznego poprzez transformator dopasowujący, przy czym nastawę napięcia zasilania wzbudnika otrzymuje się przez zmianę prądu wzbudzenia generatora.

Cykl napawania zostaje zainicjowany w chwili włożenia zaworu do tulei zaciskowej napawarki, bowiem wówczas trzon zaworu powoduje załączenie odpowiedniego wyłącznika krańcowego uruchamiającego układ sterowania. W pierwszym etapie wzbudnik jest zasilany odpowiednio dużym napięciem tak dobranym, by nastąpiło możliwie szybkie stopnienie pierścienia napawanego. W drugim etapie napięcie zasilania wzbudnika zostaje obniżone do wartości gwarantującej utrzymanie pierścienia w stanie płynnym. Wówczas następuje odgazowanie płynnego pierścienia i jego wtopienie się w grzybek zaworu, a ponadto pożądane ukształtowanie wtopionej przyłgni grzybka zaworu. W trzecim etapie następuje schładzanie grzybka zaworu strumieniem wody z urządzenia natryskowego napawarki, przy czym aby stygnięcie wtopionego pierścienia nie było zbyt gwałtowne, wzbudnik jest nadal zasilany napięciem o niewielkiej wartości. Proces napawania kończy się wyłączeniem urządzeń napawarki, spowodowanym przez układ sterowania elektrycznego i wypięciem zaworu z tulei zaciskowej.

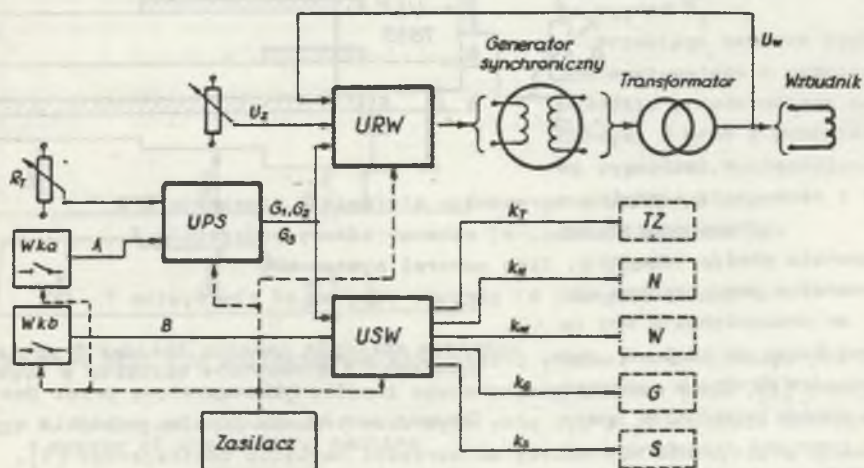
Z przedstawionego skróconego opisu pracy napawarki wynika, że przebieg procesu napawania przyłgni grzybka zaworu jest jednoznacznie uzależniony od czasu trwania poszczególnych etapów cyklu oraz od wartości napięcia zasilania wzbudnika w tych etapach. Parametry te decydują o jakości napawania, a ich wartości optymalne można ustalić doświadczalnie. Przy seryj-

nej produkcji wymaga się, by przy napawaniu kolejnych zaworów te optymalne parametry były dotrzymywane z dużą dokładnością, niezależnie od faktu nagrzewania się urządzeń napawarki w trakcie jej pracy. Stąd wynikają odpowiednie wymagania stawiane układowi sterowania elektrycznego napawarki oraz układowi regulacji napięcia zasilania wzbudnika. Układy sterowania i regulacji napawarek stosowanych w FSM nie spełniały wymienionych wymagań i z tego powodu zaszła potrzeba ich modernizacji.

3. Elektroniczny układ sterowania i regulacji napawarki

W skład zaprojektowanego i wykonanego elektronicznego układu sterowania i regulacji napawarki, stosowanej w FSM do napawania przyłgni grzybków zaworów, wchodzi następujące podzespoły (rys. 1):

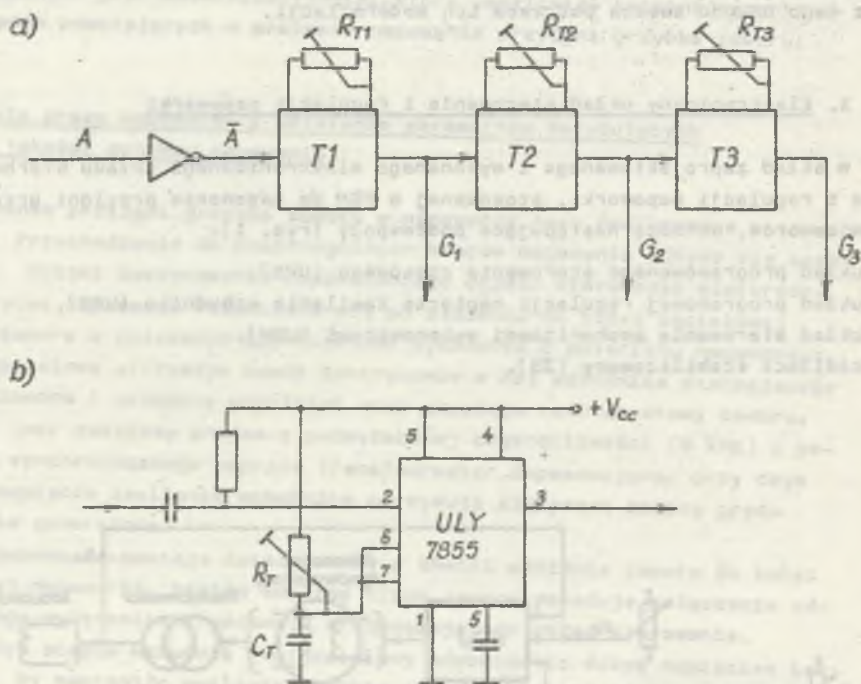
- układ programowanego sterowania czasowego (UPS),
- układ programowej regulacji napięcia zasilania wzbudnika (URW),
- układ sterowania mechanizmami wykonawczymi (USW),
- zasilacz stabilizowany (ZS).



Rys. 1. Schemat blokowy elektronicznego układu sterowania i regulacji napawarki

Fig. 1. Block diagram of the electronic control system of the padding machine

Układ programowanego sterowania czasowego (UPS), decydujący o czasie trwania poszczególnych etapów pracy napawarki, powinien zapewnić dokładną i powtarzalną nastawę wymaganego czasu. Schemat czasowego układu sterującego (UPS) przedstawiono na rys. 2a. Składa się on z trzech identycznych podzespołów T1, T2, T3. W podzespole T, którego schemat przedstawiono na



Rys. 2. Układ programowego sterowania czasowego UPS

a) schemat blokowy, b) schemat ideowy podzespołu T

Fig. 2. Time control system UPS

a) block diagram, b) circuit diagram of the system T

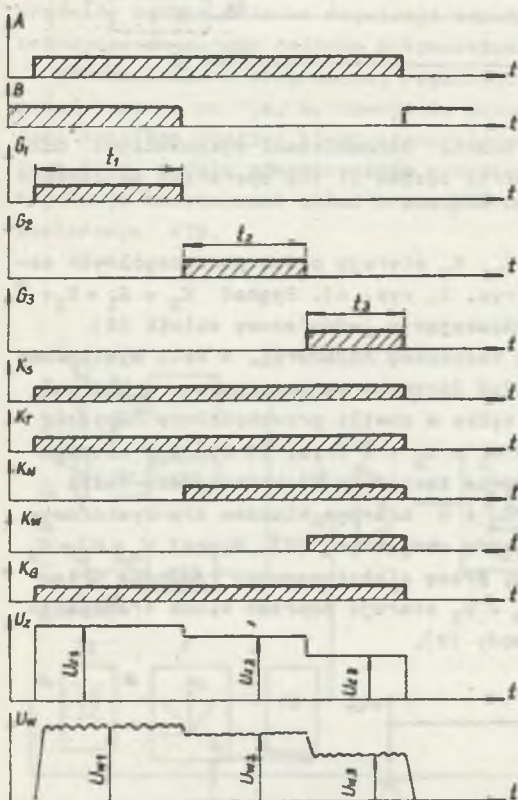
rys. 2b, wykorzystano scalony przerzutnik monostabilny ULY 7855 produkcji krajowej [1]. Czas trwania generowanego impulsu jest ustalony przez dwa zewnętrzne elementy R_T i C_T , przy czym czas trwania impulsu napięcia wyjściowego praktycznie nie zależy od wartości napięcia zasilającego [1]. Układ pracuje poprawnie przy szerokim zakresie napięć zasilających od 4,5 V do 16 V. Układ zmienia pod wpływem zmian napięcia zasilającego czas trwania generowanego impulsu typowo o 0,1% na 1 V zmiany tego napięcia. Wpływ temperatury na pracę układu jest również znikomy, bowiem typowa wartość zmian temperaturowych czasu trwania impulsu generowanego wynosi 0,05%/K.

Podzespół T1 wyzwalany jest sygnałem A pochodzącym z wyłącznika krańcowego WKA uruchamianego po włożeniu trzonka zaworu do tulei zaciskowej. Podzespół T1 jest wyzwalany zboczem odpadającym sygnału A. Dla uzyskania prawidłowej pracy podzespołu T1 jest on wyzwalany zanegowanym sygnałem A (sygnał A jest sygnałem dodatnim o pierwszym zboczach narastającym).

W realizowanym układzie podzespół T1 generuje sygnał G_1 , którego czas trwania t_1 można ustawić za pomocą rezystora dekadowego R_{T1} w zakresie 0,1-111 s z rozdzielczością 0,1 s. Zastosowanie rezystora dekadowego pozwala na powtarzalne nastawianie tych samych czasów trwania sygnału G_1 . Opadające zbocze sygnału G_1 wyzwała podzespół T2, który generuje sygnał G_2 . Podobnie opadające zbocze sygnału G_2 wyzwała podzespół T3, który generuje sygnał G_3 .

Przebiegi czasowe sygnałów występujące w omawianym układzie przedstawione są na rys. 3 wraz z pozostałymi sygnałami występującymi w układzie sterowania i regulacji napawarki.

Schemat układu sterowania mechanizmami wykonawczymi USW przedstawiono na rys. 4. Jest to układ kombinacyjny, w którym wykorzystano unipolarne układy cyfrowe produkcji krajowej typu MCY 74025 N i MCY 74069 N

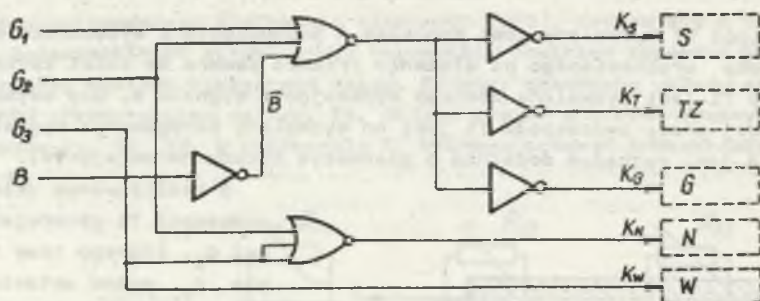


Rys. 3. Przebiegi czasowe sygnałów występujących w układzie sterowania i regulacji napawarki

Fig. 3. Timing of signals in the control system of the padding machine

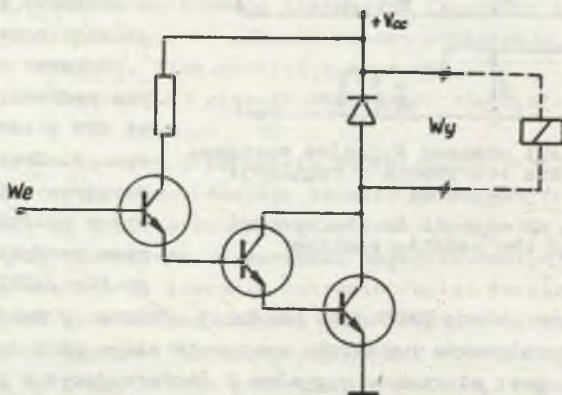
[2]. Zastosowano układy CMOS jako bardziej odporne na zakłócenia, bowiem w miejscu zainstalowania napawarki występuje silne pole zakłóceń.

Układ USW jest sterowany sygnałem B (informującym o położeniu ramienia urządzenia natrykowego) oraz sygnałami G_1, G_2, G_3 otrzymanymi w układzie programowego sterowania czasowego UPS (rys. 1). Przebiegi czasowe sygnałów wejściowych i wyjściowych układu USW przedstawiono na rys. 3.



Rys. 4. Schemat ideowy układu sterowania mechanizmami wykonawczymi USW
 Fig. 4. Circuit diagram of the control system of the operating mechanisms USW

Sygnaly wyjściowe K_S , K_T , K_G , K_N , K_W sterują pracą poszczególnych mechanizmów wykonawczych napawarki (rys. 1, rys. 4). Sygnał $K_S = G_1 + G_2 + \bar{B}$ steruje łącznikiem tyrystorowym załączającym jednofazowy silnik (S) wprawiający w ruch obrotowy tuleję zaciskową napawarki. W celu wyeliminowania zakłóceń zastosowano taki układ łącznika tyrystorowego, w którym załączanie tyrystora jest możliwe tylko w chwili przechodzenia napięcia sieci przez zero [3]. Sygnał $K_T = G_1 + G_2 + \bar{B}$ (rys. 1) steruje kluczem tranzystorowym, który załącza napięcie zasilania elektromagnesu tulei zaciskowej (TZ). Sygnał $K_G = G_1 + G_2 + \bar{B}$ steruje kluczem tranzystorowym włączającym elektromagnes zaworu gazów obojętnych (G). Sygnał $K_N = G_2 + G_3$ steruje poprzez klucz tranzystorowy pracą elektromagnesu ramienia urządzenia natryskowego (N). Sygnał $K_W = G_3$ steruje poprzez klucz tranzystorowy pracą elektromagnesu zaworu wody (W).

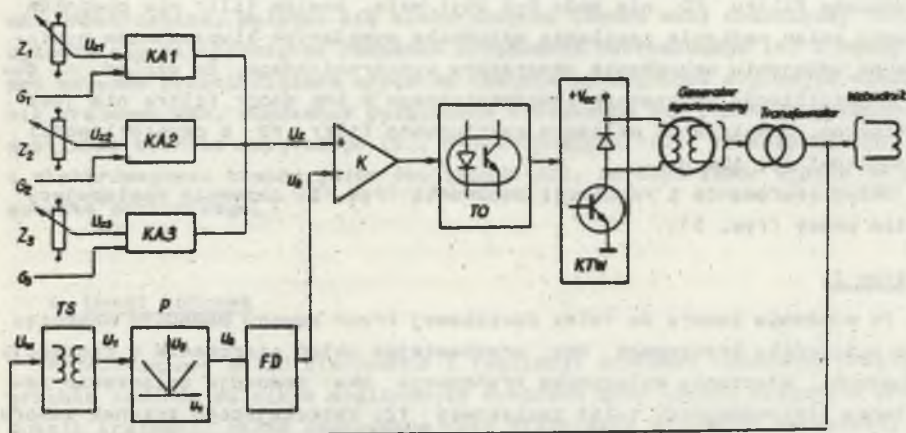


Rys. 5. Schemat ideowy klucza tranzystorowego
 Fig. 5. Circuit diagram of the transistor switch

Wszystkie klucze tranzystorowe, zastosowane do załączania poszczególnych mechanizmów wykonawczych napawarki są identyczne i wykonano je według schematu przedstawionego na rys. 5.

W napawarce zainstalowanej w FSM jest zastosowana prądnica synchroniczna o napięciu 800 V, prądzie 69,5 A, częstotliwości 8 kHz i wzbudzeniu 60 V/6 A. W zaprojektowanym układzie zdecydowano, że układ programowej regulacji napięcia wzbudnika (URW rys. 1) przez zmianę napięcia wzbudzenia prądnicy będzie układem regulacji impulsowej (dwupołożeniowej) z kluczem tranzystorowym jako członem wykonawczym.

Schemat układu programowej regulacji napięcia zasilania wzbudnika (URW) przedstawiono na rys. 6. Uzwojenie wzbudzenia prądnicy synchronicznej G jest zasilane poprzez klucz tranzystorowy KTW z zasilacza napięcia stałego 80 V. W celu odseparowania wzbudzenia prądnicy od podzespołów układu regulacji zastosowano układ transoptorowy TO do sterowania kluczem tranzystorowym KTW,



Rys. 6. Schemat blokowy układu programowej regulacji napięcia wzbudnika URW

Fig. 6. Block diagram of program control's system for heating coil voltage URW

Regulator URW posiada trzy zadajniki Z_1 , Z_2 , Z_3 . Wartość zadanej napięcia U_{Z1} , U_{Z2} , U_{Z3} , odpowiadającą danemu stopniowi cyklu napawania jest podawana na komparator z histerезą (K) przez jeden z trzech kluczy analogowych. Klucze analogowe KA1, KA2 i KA3 załączane są odpowiednimi sygnałami G_1 , G_2 i G_3 z układu programowego sterowania czasowego (rys. 3).

W celu dopasowania do poziomu sygnałów napięciowych występujących w układzie regulacji i jednocześnie odseparowania galwanicznego układu re-

gulacji od wzбудnika zastosowano transformator TS. Z wyjścia tego transformatora napięcie jest podawane na prostownik P, a z wyjścia prostownika na filtr dolnoprzepustowy FD. Na wyjściu filtra FD otrzymuje się sygnał napięciowy U_3 proporcjonalny do rzeczywistej wartości napięcia zasilania wzbudnika U_w .

Komparator porównuje zadaną wartość napięcia U_2 z wyprostowaną i wyfiltrowaną wartością rzeczywistą napięcia wzbudnika U_3 . Gdy napięcie rzeczywiste U_3 jest mniejsze od wartości zadanej U_2 , to komparator K poprzez łącze transoptorowe TO włącza klucz tranzystorowy KTW. Natomiast gdy wartość rzeczywista U_3 napięcia zasilania wzbudnika jest większa od wartości zadanej U_2 , to komparator K wyłącza klucz tranzystorowy KTW. Częstotliwość kluczkowania zależy od szerokości pętli histerezy komparatora i opóźnienia czasowego wnoszonego przez filtr. Ze wzrostem częstotliwości kluczkowania maleje amplituda pulsacji napięcia zasilania wzbudnika. W celu zapewnienia dokładnej regulacji należy wybrać wąską pętlę histerezy komparatora K (rys. 6). Z drugiej strony wąska pętla histerezy wymaga dobrze wyfiltrowanego napięcia U_3 (rys. 6). Częstotliwość graniczna filtra FD nie może być zbyt mała, bowiem filtr nie powinien tłumić zmian napięcia zasilania wzbudnika wywołanych kluczkowaniem napięcia na uzwojeniu wzbudzenia generatora synchronicznego. Ze względu na dużą częstotliwość generatora synchronicznego 8 kHz dobór filtra nie jest krytyczny. W wykonanym układzie zastosowano filtr FD o częstotliwości granicznej ok. 100 Hz.

Układ sterowania i regulacji napawarki (rys. 1) zapewnia następujący reżim pracy (rys. 3):

- Etap I

Po włożeniu zaworu do tulei zaciskowej trzon zaworu powoduje zamknięcie wyłącznika krańcowego WKa, uruchamiając układ sterowania i regulacji napawarki. Włączenie wyłącznika krańcowego WKa powoduje załączenie zasilania elektromagnesu tulei zaciskowej TZ, zaciskającego trzonek zaworu w szczękach tulei. Równocześnie następuje włączenie zasilania silnika napędowego (S), wprawiającego tuleję zaciskową wraz z zaworem w ruch obrotowy. Włącza się również zasilanie elektromagnesu zaworu gazów obojętnych (G) i gaz przepływając specjalnymi kanałami w wzbudniku tworzy wokół zaworu atmosferę obojętną. Jednocześnie zostaje włączony układ programowej regulacji napięcia wzbudnika URW. Sygnał G_1 otwiera klucz analogowy KA1 (rys. 6) i układ regulacji stabilizuje napięcie zasilania wzbudnika na poziomie nastawionym w zadajniku Z_1 . W tym etapie następuje częściowe stopienie pierścienia.

- Etap II

Po upływie czasu t_1 (czas trwania sygnału G_1 wynosi t_1 - rys. 3) sygnał G_2 otwiera klucz analogowy KA2 (rys. 6) i napięcie zasilania

wzbudnika zmniejsza się do wartości U_{W2} ustawionej zadajnikiem Z_2 (około $0,8 U_1$). Włącza się elektromagnes urządzenia natryskowego (N), powodując ustawienie urządzenia natryskowego pod grzybkim zaworu. Powoduje to otwarcie wyłącznika krańcowego WKb i zanik sygnału B. Na tym etapie następuje całkowite roztopienie pierścienia, ujęcie z płynnego metalu pęcherzyków gazu i ukształtowanie płynnego metalu za pomocą pola magnetycznego wzbudnika.

- Etap III

Po upływie czasu t_2 sygnał G_2 zanika i pojawia się sygnał G_3 , który otwiera klucz analogowy KA3 i napięcie zasilania wzbudnika obniża się do wartości ustawionej zadajnikiem Z_3 . Jednocześnie włącza się elektromagnes zaworu wody (W) i urządzenie natryskowe poprzez układ dysz podaje wodę chłodzącą na dolną część zaworu.

- Etap IV

Po upływie czasu t_3 sygnał G_3 zanika i cykl pracy zostaje zakończony. Wyłącza się wzbudzenie generatora synchronicznego - napięcie na wzbudniku zanika. Wyłącza się elektromagnes zaworu wody chłodzącej (W). Wyłącza się elektromagnes ramienia urządzenia natryskowego (N) i ramię pod wpływem przeciwcieżaru wraca na miejsce spoczynkowe włączając wyłącznik krańcowy WKb. Włączenie wyłącznika krańcowego WKb powoduje wyłączenie zasilania silnika napędowego (S), elektromagnesu tulei zaciskowej (TZ) i elektromagnesu zaworu gazów obojętnych (G), po czym zawór wypada do zasobnika odbiorczego.

4. Uwagi końcowe

Przedstawiony układ sterowania i regulacji procesem napawania przyłgni grzybka zaworów silników spalinowych wykonano przy użyciu elementów produkcji krajowej. Układ zmontowano jako niezależny podzespół napawarki, przy czym zagwarantowano prostotę zainstalowania tego układu w miejsce układu dotychczas stosowanego. W celu ułatwienia obsługi wykonany układ zawiera dodatkowo wskaźniki cyfrowe zadanego czasu trwania poszczególnych etapów pracy oraz napięcia zasilania wzbudnika. Układ umożliwia dokładne i powtarzalne ustawienie w szerokim zakresie czasów trwania poszczególnych etapów (od $0,1$ s do 111 s) z dużą rozdzielczością ($0,1$ s) oraz poziomów napięcia zasilania wzbudnika w kolejnych etapach pracy, co jest szczególnie korzystne przy ustalaniu optymalnych technologicznie parametrów procesu napawania przyłgni grzybka dla kolejnych partii zaworów. Na podstawie przeprowadzonych w FSM badań wykonanego układu sterowania i regulacji napawarki można stwierdzić, że spełnia on wszystkie narzucone wymagania ruchowo-eksploatacyjne.

LITERATURA

- [1] Elementy półprzewodnikowe i układy scalone. Zastosowania. Układy analogowe. UNITRA CEMI, Przemysłowy Instytut Elektroniki, Warszawa 1982 (kwartalnik).
- [2] Elementy półprzewodnikowe i układy scalone. Zastosowanie. Układy cyfrowe. UNITRA CEMI, Przemysłowy Instytut Elektroniki, Warszawa 1985 (kwartalnik).
- [3] Rajchert F., Sitnik A., Stępień J.: Tyrystory i ich zastosowanie. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1980, wyd. 2.
- [4] Kaźmierkowski M., Wójciak A.: Układy sterowania i pomiarów w elektronice przemysłowej. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1979.

Recenzent: Doc. dr inż. Jerzy Hickiewicz

Wpłynęło do Redakcji 15 czerwca 1987 r.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ И РЕГУЛИРОВКИ
ПРОЦЕССА НАПЛАВКИ ОПОРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ КЛАПАНА
БЕНЗИНОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Р е з ю м е

Представлены схемы и описание действия электронной системы управления и регулировки пропиточной машины, которая реализует процесс наплавки опорной поверхности клапана методом индукционного нагрева. Процесс наплавки состоит из трех этапов, в которых последовательно наступает подогревание клапана и расплавление наплавляемого кольца, дегазация жидкого кольца, его формовка и вставка в опорную поверхность клапана и наконец охлаждение клапана. Предложенная система дает возможность установки в широком диапазоне заданных значения продолжительности последовательных этапов процесса наплавки и уровня напряжения питания возбуждающей обмотки в этих этапах. Система была спроектирована и сделана по Кафедре Электрических Машин Силезского Политехнического Института. Экспериментальные исследования обнаружили, что система выполняет поставленные технические требования и что применение системы ведёт к значительному уменьшению браков возникающих во время процесса наплавки опорной поверхности клапана.

CONTROL SYSTEM OF PADDING THE VALVE FACE
AND VALVE HEAD IN I.C. ENGINES

S u m m a r y

Description of operation and diagram solutions of the electronic control system of padding machine used for padding the valve face and valve head in I.C. engines by induction heating have been presented in the paper. The padding process includes three phases in which the following operations take place one after another: heating of the valve and melting of the padded ring at first, then degassing of the melted ring, its forming and fusion with the valve head and at last, cooling of the valve complete with the ring fused in.

The presented system makes possible an exact and reproducible setting of the given duration of particular phases of padding and heating coil's supply voltage levels in these phases. The system has been designed and constructed in the Institute of Electric Machines of Silesian Technical University with the use of electronic elements of the Polish production. The tests of the system carried out in FSM Bielsko-Biała have proved that the system satisfies the imposed techno-operating requirements and its application leads to considerable reduction of the waste products created during the valve face padding.