

Dział "Projekty Czytelników" zawiera opisy projektów nadesłanych do redakcji EP przez Czytelników. Redakcja nie bierze odpowiedzialności za prawidłowe działanie opisywanych układów, gdyż nie testujemy ich laboratoryjnie, chociaż sprawdzamy poprawność konstrukcji.

Prosimy o nadsyłanie własnych projektów z modelami (do zwrotu). Do artykułu należy dołączyć podpisane **oświadczenie, że artykuł jest własnym opracowaniem autora i nie był dotychczas nigdzie publikowany**. Honorarium za publikację w tym dziale wynosi 250,- zł (brutto) za 1 stronę w EP. Przesyłanych tekstów nie zwracamy. Redakcja zastrzega sobie prawo do dokonywania skrótów.

Cyfrowy regulator ciśnienia, część 1

Przedstawiamy projekt niezwykle jak na czasy, w których żyjemy: jego autor proponuje układ bez mikrokontrolera! Mimo tego, osiągnięty efekt jest fantastyczny, o czym Czytelnicy mogą się przekonać.



Projekt
090

Przedstawiamy opis uniwersalnego regulatora cyfrowego o dwóch niezależnych wyjściach przekaźnikowych. Sygnałem wejściowym (mierzonym) jest prąd lub napięcie, co pozwala przy zastosowaniu odpowiedniego przetwornika śledzić dowolną wielkość fizyczną (ciśnienie, temperatura, poziom cieczy itp.).

Do zalet przedstawionego układu należy zaliczyć:

- prostą budowę,
- tylko jeden potencjometr do kalibracji,
- możliwość współpracy z dowolnym przetwornikiem pomiarowym, także o dużej nieliniowości,
- łatwe ustawianie wartości zadanej (nastawniki kodowe).

W artykule zostanie opisane wykorzystanie regulatora jako sterownika ciśnienia w układzie zamkniętym centralnego ogrzewania.

Systemy C.O.

Układ „zamknięty” C.O. tym różni się od układu otwartego, że nie posiada bezpośredniego „połączenia” z ciśnieniem atmosferycznym. Uproszczone schematy obu układów przedstawiono na rys. 1. Układ otwarty (rys. 1a) jest szeroko sto-

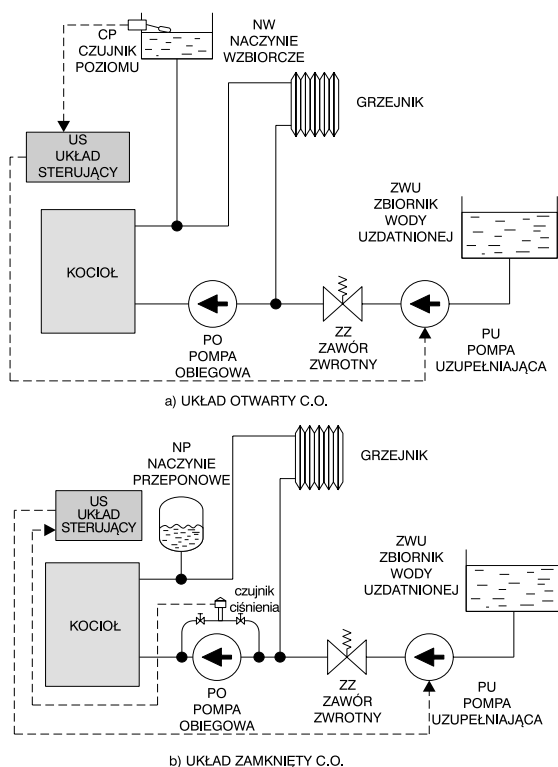
sunkowo prosty i w miarę bezpieczny (stałe ciśnienie w instalacji). Niestety, nie jest on pozbawiony wad, do których należy zaliczyć:

- zwiększone ubytki wody (parowanie),
- konieczność umieszczenia naczynia wzbiorczego z dala od kotła w najwyższym punkcie instalacji.

Dlatego obecnie otwarte układy stosowane są jedynie w małych systemach grzewczych.

Układ zamknięty C.O. (rys. 1b) nie ma bezpośredniego „połączenia” z atmosferą, a parametrem określającym ilość wody w instalacji jest ciśnienie. Rolę naczynia wzbiorczego przejął naczynie przeponowe NP (zbiornik przedzielony elastyczną przeponą - u góry wypełniony sprężonym powietrzem, z dołu połączony z instalacją). Przetwornik ciśnienia PC umieszczony w tzw. rurce modelowej mierzy ciśnienie hydrostatyczne i jeżeli jest ono za niskie, to układ sterujący US włącza pompę uzupełniającą PU. Wzrost objętości wody na skutek podgrzewania jest kompensowany przez odkształcenie się membrany w naczyniu przeponowym i większym sprężeniem powietrza nad membraną. Wiąże się to jednak z pewnym wzrostem ciśnienia w instalacji. Naczynie przeponowe musi więc być dobrane do konkretnej instalacji. Generalnie można powiedzieć, że im większa sieć C.O. (większa ilość wody), tym naczynie musi być większe. Stwarza to nowe problemy, jakimi są m.in. konieczność zapewnienia odpowiedniego miejsca w kotłowni i znaczny

sowany, zwłaszcza w małych systemach C.O. Występuje w nim naczynie wzbiorcze NW umieszczone w najwyższym punkcie instalacji. Jest to zbiornik otwarty, który ma bezpośrednie połączenie z ciśnieniem atmosferycznym. Woda podgrzewana w kotle krąży w instalacji, a jej ruch wymuszany jest pompą obiegową PO lub grawitacyjnie. W naczyniu wzbiorczym znajduje się czujnik poziomu CP, który czuwa nad tym, aby w instalacji zawsze była woda. Jeżeli poziom w naczyniu obniży się z powodu odparowania lub nieszczelności, to czujnik CP poprzez układ sterujący US załączy pompę uzupełniającą PU, która uzupełni brakującą ilość wody. Rola naczynia wzbiorczego nie ogranicza się tylko do „pilnowania” właściwego poziomu wody w instalacji. Drugą bardzo ważną funkcją naczynia, o której się często zapomina, jest kompensacja wzrostu objętości wody na skutek podgrzewania (wzrost objętości powoduje podniesienie się poziomu wody w naczyniu NW).



Rys. 1.

wzrost kosztów inwestycji. Należy tutaj powiedzieć, że urządzenia do kompensacji wzrostu objętości na skutek podgrzewania są niezbędnymi elementami każdej instalacji C.O. Gdyby ich nie było, to wzrost objętości wody spowodowałby wzrost ciśnienia i w konsekwencji rozzerwanie najsłabszych miejsc instalacji.

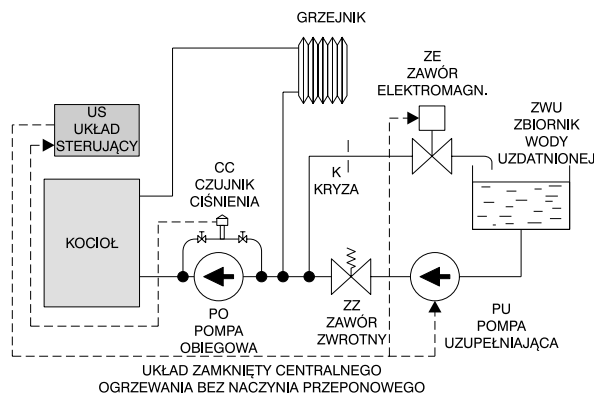
Jeszcze innym sposobem zmniejszenia ciśnienia w instalacji C.O. jest kontrolowane upuszczanie wody. Wykorzystuje się w tym celu zbiornik wody uzdatnionej ZWU. Na rys. 2 przedstawiono uproszczony schemat takiej instalacji. Różnica między instalacją pokazaną na rys. 1b a tą z rys. 2 polega na tym, że naczynie przeponowe zostało zastąpione przez zawór elektromagnetyczny ZE odprowadzający nadmiar wody z powrotem do zbiornika wody uzdatnionej ZWU. Przed zaworem została umieszczona kryza K o tak dobranej średnicy, aby upust wody odbywał się łagodnie bez dużych spadków ciśnienia. Należy jeszcze wspomnieć o tym, że każda instalacja posiada zawór bezpieczeństwa, który powinien być tak ustawiony, aby w razie awarii układu kompensacji nastąpił upust wody do kanalizacji. Urządzenie sterujące, oprócz pompy uzupełniającej, musi dodatkowo sterować także zaworem elektromagnetycznym.

Dawniej do regulacji ciśnienia wykorzystywano manometry kontaktowe, które za pomocą układów przekaźnikowych sterowały odpowiednimi urządzeniami. Obecnie są one zastępowane przez piezorezystancyjne przetworniki ciśnienia współpracujące ze specjalnymi sterownikami. I taki właśnie sterownik zostanie opisany w tym artykule.

Przetworniki ciśnienia pracują w konfiguracji pętli prądowej 4..20mA, przy zasilaniu 12..35VDC. Do podłączenia wymagane są tylko dwa przewody, które pełnią zarówno rolę linii zasilającej, jak i sygnałowej. Na rys. 3 przedstawiono schemat włączenia takiego przetwornika, który można wykorzystać jako zdalny manometr. Jeżeli ciśnienie mierzone przez przetwornik PC będzie równe ciśnieniu atmosferycznemu, to prąd I płynący w obwodzie będzie równy 4mA. Gdy ciśnienie wzrośnie do wartości maksymalnej dla danego przetwornika, to prąd osiągnie wartość 20mA. Rezystorem R oznaczono rezystancję całkowitą linii, czyli przewodów i miliamperomierza. Napięcie zasilające U_z musi spełniać następujący warunek:

$$U_z - R \cdot I_{max} > 12V$$

W instalacji CO przetwornik umieszcza się w specjalnym miejscu w tzw. rurce modelowej. Jest to rurka o małym



Rys. 2.

przekroju z dwoma zaworami regulacyjnymi, którą łączy się z ssaniem i tłoczeniem pompy obiegowej PO. Przetwornik znajduje się między zaworami, które należy tak ustawić, aby ciśnienie wskazywane było takie samo zarówno w czasie pracy, jak i postoju pompy PO.

Założenia konstrukcyjne sterownika

Podstawowym założeniem przyjętym podczas projektowania sterownika jest, aby realizował on charakterystykę pokazaną na rys. 4. PP i PZ są wartościami środkowymi ciśnienia odpowiednio dla pompy uzupełniającej PU i zaworu elektromagnetycznego ZE, przy których te urządzenia powinny pracować. Załączenie pompy PU nastąpi, gdy ciśnienie obniży się do wartości PP-HP, a wyłączenie, gdy wzrośnie do PP+HP. Odpowiednio dla zaworu:

- załączenie przy PZ + HZ
- wyłączenie przy PZ - HZ

Punkty pracy PP i PZ będą ustawiane za pomocą nastawników dekadowych, a wartości histerezy HP i HZ za pomocą przełączników typu DIP-Switch. Chwilowa wartość ciśnienia będzie wyświetlana na wyświetlaczu cyfrowym LED, a rolę wyjściowego elementu wykonawczego spełnią dwa przekaźniki sterujące pracą pomp PU i zaworu ZE.

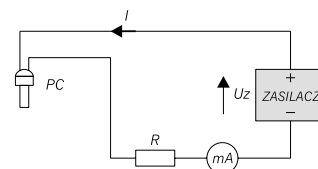
Opis układu

Jednym ze sposobów realizacji sterownika jest wykorzystanie układu ICL7107 - rozwiązania takie były wielokrotnie opisywane w literaturze. Również niektórzy producenci mają w swojej ofercie takie właśnie regulatory. Nastawy punktów pracy i histerezy wykonuje się wtedy za pomocą potencjometrów. Innym sposobem rozwiązania tego problemu jest wykorzystanie sterownika mikroprocesorowego. W opisanym poniżej układzie zastosowano rozwiązanie pośrednie między ICL7107 a mikroprocesorem. Regulacja odbywa się cyfrowo i nie wymaga znajomości programowania mikroprocesorów. Schemat blokowy sterownika przedstawiono na rys. 5.

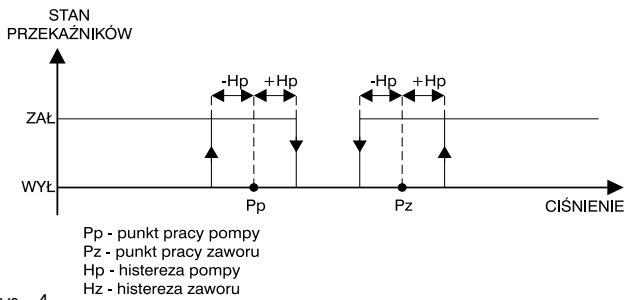
Sygnal prądowy z przetwornika PC zostaje zamieniony w przetworniku A/C do postaci cyfrowej (8 bitów), która jest częścią wartości adresu pamięci wyświetlacza PW (EPROM). W pamięci wyświetlacza PW, w pojedynczym bajcie, zapisana jest wartość cyfry (kod BCD) oraz jej położenie. Do dwóch pierwszych wejść adresowych pamięci PW (A0..A1) doprowadzony jest sygnał z licznika 2-bitowego, a do ośmiu następnych (A2..A9) bajt reprezentujący ciśnienie z przetwornika A/C. Sygnal z wyjścia danych z pamięci PW - po zdekodowaniu - steruje wyświetlaczem.

Pamięć regulatora PR spełnia rolę kodera, zamieniając doprowadzone do wejść adresowych wartości z nastawników kodowych i przełączników histerezy na odpowiadającą im liczbę 8-bitową pojawiającą się na wyjściu danych. Jest ona porównywana w komparatorze cyfrowym KC z liczbą otrzymaną z przetwornika A/C. W zależności od wyniku porównania wysterowywane są odpowiednio przekaźniki obwodów wyjściowych WP i WZ. Nastawniki kodowe NP i NZ, jak i przełączniki histerezy HP i HZ połączone są z pamięcią

Pamięć regulatora PR spełnia rolę kodera, zamieniając doprowadzone do wejść adresowych wartości z nastawników kodowych i przełączników histerezy na odpowiadającą im liczbę 8-bitową pojawiającą się na wyjściu danych. Jest ona porównywana w komparatorze cyfrowym KC z liczbą otrzymaną z przetwornika A/C. W zależności od wyniku porównania wysterowywane są odpowiednio przekaźniki obwodów wyjściowych WP i WZ. Nastawniki kodowe NP i NZ, jak i przełączniki histerezy HP i HZ połączone są z pamięcią



Rys. 3.



Rys. 4.

PR za pomocą buforów. Bufory załączane są naprzemiennie, co umożliwia porównywanie w komparatorze KC zarówno wartości nastawionych dla pompy (NP, HP), jak i dla zaworu (NZ, HZ). Do pamięci PR doprowadzona jest także informacja o stanie przełączników wyjściowych, która jest potrzebna do wybrania odpowiedniego znaku histerezy (+ lub -). W układzie regulatora bardzo istotną rolę odgrywa zegar sterujący ZS, który wytwarza dwa sygnały CLK i /CLK niezbędne do naprzemiennego porównywania wartości zadanej z rzeczywistą dla pompy i zaworu. Sygnał MOD2 (2-bitowy) jest używany do multiplekserowej obsługi wyświetlacza, a sygnał /WR steruje pracą przetwornika A/C. Zasilacz dostarcza następujące napięcia: +12V (przełączniki), +5V (przetwornik A/C) i +5V (pozostałe układy regulatora). Schemat elektryczny sterownika przedstawiono na rys. 6. Funkcje poszczególnych bloków są następujące:

Wskaźnik ciśnienia

Prąd płynący w obwodzie pomiarowym przetwornika ciśnienia wywołuje spadek napięcia na rezystorze R2. Napięcie to jest następnie zamieniane w przetworniku A/C (US1) do postaci cyfrowej (8 bitów) dostępnej na wyjściu równoległym DB0..DB7. Do zasilania przetwornika A/C wykorzystano osobny stabilizator +5V (ST2). Napięcie odniesienia uzyskuje się ze środkowego wyprowadzenia potencjometru wieloobrotowego RH1 i jest to jedyny potencjometr w sterowniku. Elementy R1 i C1 określają częstotliwość wewnętrznego zegara przetwornika. Ponie-

waż wyprowadzenie 2 (/RD) jest połączone z masą, to przetwornik wykonuje ciągle przetwarzanie prądu pomiarowego. Wpisywanie nowej wartości na wyjście przetwornika dokonywane jest z częstotliwością wyznaczoną przez zegar sterujący ZS (Q12). Wyjście cyfrowe przetwornika A/C połączone jest bezpośrednio z wejściami adresowymi A2..A9 pamięci wyświetlacza PW. Do dwóch mniej znaczących wejść A0..A1 doprowadzony jest z kolei sygnał MOD2 uzyskiwany przez zegar sterujący ZS (Q5, Q6). Sygnał licznikowy na wejściach A0..A1 wywołuje zmiany (przemiatanie) czterech bajtów na wyjściach danych pamięci PW (US2), których adresy A2..A9 określone są przez wartość ciśnienia otrzymaną z przetwornika A/C. W pamięci PW zapisana jest informacja o cyfrach (ich kody), które mają być wyświetlone na wyświetlaczu. Bajty w pamięci podzielone są na część znakową (D4..D7), która określa w kodzie BCD znak do wyświetlenia, i pozycyjną (D0..D3) określającą jego miejsce na wyświetlaczu.

Na przykład, zapis w pamięci PW przedstawiony w tab. 1 spowoduje wyświetlenie liczby 215, jeżeli ciśnienie zamienione do postaci cyfrową będzie miało wartość 2F.

Część znakowa sygnału wyjściowego danych (D4..D7) jest podawana bezpośrednio na dekoder kodu BCD na kod wyświetlacza siedmiosegmentowego typu 74LS247 (US12). Część pozycyjna (D0..D3) powoduje, za pomocą inwertera 74LS06 (US13) i tranzystorów T5, T6, T8, podawanie napięcia na odpowiednie anody wyświetlacza LED.

Tab. 1.

Adres	Dane binarne Znak	Pozycja	Dane heks. Znak	Pozycja	Znaczenie
2F0	0101	0001	5	1	Cyfra 5 na pozycji pierwszej
2F1	0001	0010	1	2	Cyfra 1 na pozycji drugiej
2F2	0010	0100	2	4	Cyfra 2 na pozycji trzeciej
2F3	0000	0000	0	0	

Taki sposób sterowania wyświetlaczem umożliwia współpracę z przetwornikiem pomiarowym o dowolnej charakterystyce (nieliniowość itp.), a także wyświetlenie oprócz cyfr znaków dostępnych w dekodrze 74LS247 dla wartości większych od 9.

Wyświetlanie multiplekserowe (cyfry wyświetlane są po kolei - 0,25T świecenia, 0,75T przerwy) wymaga stosunkowo dużego prądu wyjściowego dekodera US12, aby prąd średni segmentu był odpowiedni dla użytych wyświetlaczy (w tym wypadku jest to 10mA). Dlatego bardzo ważny jest dobór rezystorów szeregowych wyświetlacza R16..R22 tak, aby nie została przekroczona wartość dopuszczalnego prądu wyjściowego dekodera (40mA), a zarazem jasność świecenia wyświetlacza była odpowiednia.

Zegar sterujący

Sercem sterownika jest zegar sterujący, wykonany w oparciu o 14-bitowy licznik CD4060 (US6). Częstotliwość wewnętrznego generatora wyznaczają elementy C2, R3, R4. Wykorzystuje się następujące stopnie podziału częstotliwości generatora:

- Q12 - do sterowania funkcją zapisu (/WR) przetwornika A/C,
- Q5, Q6 - sygnał adresowy (MOD2) do multiplekserowego sterowania wyświetlacza,

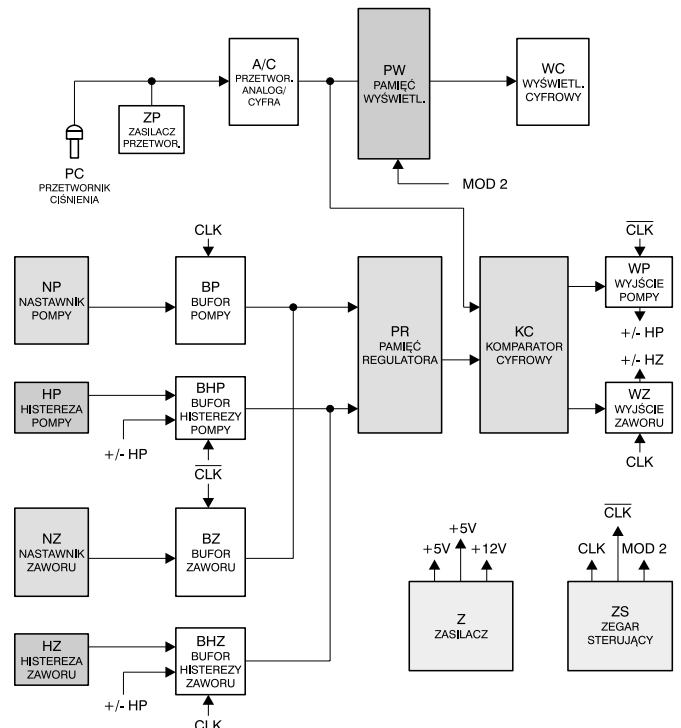
- Q8 - sygnał zegarowy CLK wymuszający naprzemiennie włączanie buforów elementów nastawczych.

Sygnał zegarowy /CLK uzyskuje się wykorzystując bramkę US9/B pracującą jako inwerter.

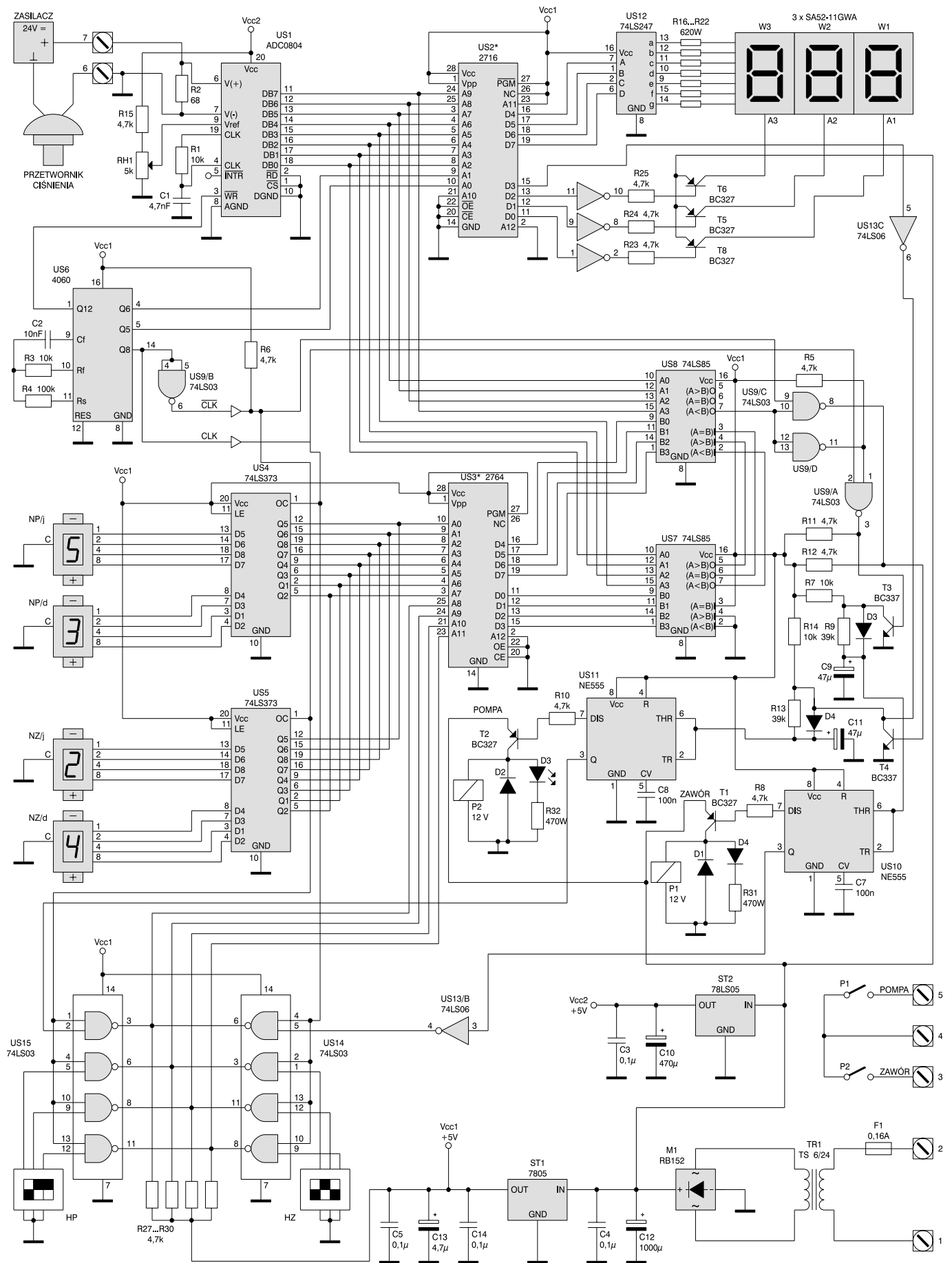
Regulator

Zadaniem regulatora jest odpowiednie wysterowanie przełączników wyjściowych, w zależności od wartości ciśnienia oraz nastaw na nastawnikach dekadowych i przełącznikach histerezy. W każdym z kanałów regulacji zastosowano dwa segmenty nastawników z wyjściami w kodzie BCD (NP/j, NP/d - dla pompy, NZ/j, NZ/d - dla zaworu) oraz jeden przełącznik DIP SWITCH (HP - dla pompy, HZ - dla zaworu).

Stanem aktywnym w wyjściach nastawników jest logiczne „0” (stosowany jest zapis w kodzie uzupełnieniowym do 1). Oznacza to, że cyfra 0 reprezentowana jest jako 1111, cyfra 1 jako 1110, itd. Wyjścia nastawników połączone są z wejściami załączników trójstanowych 74LS373 (US4, US5) pełniących rolę buforów, których sygnały wyjściowe doprowadzono do wejść adresowych A0..A7 pamięci regulatora PR (US3). Do wyprowadzenia OC sterującego pracą bufora US4 (nastawniki pompy), doprowadzony został sygnał zegarowy CLK, a do wyprowadze-



Rys. 5.



Rys. 6.

Tab. 2.

	Wyjście	
	US9/C	US9/A
Ciśnienie < nast. pompy	CLK	
Ciśnienie > nast. pompy	1	
Ciśnienie < nast. zaworu		1
Ciśnienie > nast. zaworu		CLK

nia OC bufora US5 (nastawniki zaworu) /CLK. Ponieważ układy 74LS373 przenoszą wartość z wejścia na wyjście tylko wtedy, gdy OC=0 (dla OC=1 ich wyjścia są w stanie wysokiej impedancji), to powoduje, że w takt sygnału CLK na wejście adresowe pamięci PR podawane są na przemian wartości z nastawników pompy i zaworu. Podobnie realizowane jest naprzemiennie podawanie na wejścia adresowe A8..A11 pamięci PR nastaw z przełączników histerezy. Tym razem rolę buforów pełnią bramki NAND OC - 74LS03 (US15 - dla pompy, US14 - dla zaworu). Wyjścia odpowiadających sobie bramek połączone są do wspólnego rezystora i dołączone do właściwych im wejść adresowych pamięci PR. Na jedno z wejść każdej bramki podawany jest sygnał, drugie natomiast jest wykorzystywane jako sterujące (otwiera bramkę). Wejścia sterujące bramek tworzących jeden bufor połączone są razem. Podanie logicznej „jedyńki” na takie wejście powoduje otwarcie wszystkich bramek danego bufora. Termin „bramka otwarta” oznacza tutaj to, że stan na wejściu sygnałowym ma wpływ na stan wyjścia bramki, natomiast bramka zamknięta ma na wyjściu zawsze „jedyńkę” bez względu na stan wejścia sygnałowego.

Ponieważ sygnałem otwierającym bufor nastawników jest logiczne „0”, natomiast bufor przełączników histerezy otwierany jest logiczną „1”, dlatego aby w tym samym czasie do wejść adresowych pamięci PR dotarła informacja z jednego źródła (pompa lub zawór), to bufory nastawników i przełącznika histerezy jednego kanału muszą być sterowane przeciwnym sygnałem zegarowym (CLK i /CLK).

Dla potrzeb przełącznika histerezy wykorzystuje się trzy bramki jednego bufora, czwarta natomiast, do której doprowadzony jest sygnał o stanie przełącznika wyjścio-

wego, wykorzystywana jest do ustawiania znaku histerezy (+ lub -). Sygnałem aktywnym przełączników histerezy jest styk rozwartny (logiczna „1”).

Pamięć regulatora PR spełnia rolę kodera, zamieniając doprowadzone do wejść adresowych wartości z nastawników, przełączników histerezy i stanu przełącznika (12 bitów) na odpowiadającą im 8-bitową liczbę binarną na wyjściu danych. Jest ona porównywana w komparatorze cyfrowym US7 i US8 (2x74LS85) z wartością otrzymaną z przetwornika A/C, przy czym cyfrze A odpowiada sygnał wyjściowy przetwornika A/C, a cyfrze B sygnał wyjściowy pamięci PR. W zależności od wyniku porównania, na wyprowadzeniu 7 układu US8 otrzymujemy logiczną „1” (A<B) lub „0”. Teraz należy wynik komparacji podać do obwodu wyjściowego pompy lub zaworu. Realizowane jest to za pomocą bramek US9/A, US9/C, US9/D.

W celu analizy pracy układu rozważmy dwa przypadki:

1. Jeżeli wartość ciśnienia jest mniejsza od ustawionej na nastawnikach pompy, to w wyniku ich porównania na wyjściu A<B (nóżka 7) komparatora US8 pojawi się logiczna „1”, która zostanie podana na wejście US9/C (nóżka 10), a do drugiego wejścia US9/C (nóżka 9) doprowadzony jest zanegowany sygnał zegarowy /CLK (logiczna „1” sygnału /CLK oznacza, że do wejść pamięci PR zostały dołączone wyjścia buforów kanału pompy U4 i U15). Dwie „jedyńki” na wejściu bramki US9/C ustawią logiczne „zero” na jej wyjściu. Zmiana sygnału /CLK z 1 na 0 wymusi na wyjściu US9/C logiczną „1”. Ponowna zmiana /CLK ustawi na wyjściu 0. Z powyższego wynika, że dla tego przypadku na wyjściu bramki US9/C otrzymuje się ciąg impulsów o częstotliwości zegara CLK.

2. Jeżeli wartość ciśnienia jest większa od ustawionej na nastawnikach pompy, to w wyniku ich porównania na wyjściu A > B (wyprowadzenie 7) komparatora US8 pojawi się logiczne „0”, które zostanie podane na wejście US9/C (nóżka 10) i wymusi ustawienie logicznej „1” na wyjściu bramki dla /CLK = 1. Gdy natomiast /CLK zmieni swój stan na 0, to wymusi on 1 na wyjściu bramki. Tak

więc, w tym przypadku na wyjściu bramki US9/C będzie zawsze ustawiona 1.

Analogicznie działa układ wykrywający dla zaworu. Tym razem jednak, z uwagi na odwrotne działanie (praca gdy ciśnienie jest większe od nastaw), sygnał wyjściowy z komparatora (A<B) przed podaniem na nóżkę 1 bramki US9/A został zanegowany przez bramkę US9/D. Bramka US9/A pełni identyczną funkcję dla zaworu, jak wcześniej omówiona bramka US9/C dla pompy. Tym razem jednak do jej drugiego wejścia (nóżka 2) doprowadzony jest sygnał CLK, który synchronizuje ją z buforami nastawników zaworu.

W ten sposób, za pomocą trzech bramek, udało się wydzielić z wyjścia komparatora cyfrowego US8 informację o zależności między ciśnieniem a nastawami dla pompy i zaworu. Przedstawiono to w tab. 2 (gdzie CLK oznacza przebieg zegarowy).

Działanie układów wyjściowych omówione zostanie na przykładzie kanału sterującego pracą pompy.

Gdy na wyjściu bramki US9/C, połączonej z bazą tranzystora npn T4 występuje poziom wysoki, to tranzystor ten przewodzi i zwierza przez rezystor R13 kondensator C11 do masy. Potencjał masy na wejściach THR i TR układu US11 (NE555) wymusza na wyjściu DIS tego układu stan przerwy, a to z kolei wyłącza tranzystor T2 i przełącznik P2.

W momencie, gdy na wyjściu bramki US9/C pojawi się sygnał zegarowy, tranzystor T4 będzie w takt tego sygnału otwierany i zatykany. W stanie zatkania tranzystora kondensator C11 jest ładowany przez rezystor R14 i diodę D4, a w stanie otwarcia tranzystora jest rozładowywany przez rezystor R13. Ponieważ R13>R14, to ilość ładunku dopływającego do kondensatora jest większa niż ilość ładunku odpływającego, a tym samym napięcie na kondensatorze C11 zaczyna wzrastać. Gdy osiągnie ono wartość $2/3U_{cc}$, to na wyjściu DIS układu US11 pojawia się potencjał masy, który załącza tranzystor T2, a tym samym i przełącznik P2.

Opisany powyżej układ zapewnia zwłokę czasową przy załączaniu i wyłączeniu przełącznika P2, co uodparnia sterownik na impulsowe zmiany

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1, R3, R7, R14: 10kΩ
R2: 68Ω
R4: 100 kΩ
R5, R6, R8, R10..R12: 4,7kΩ
R9, R13: 39kΩ
R16..R22: 620Ω
R23..R30: 4,7kΩ
R31, R32: 470Ω
RH1: 5kΩ

Kondensatory

C1: 4,7nF
C2: 10nF
C3..C8, C14: 0,1μF
C9, C11: 47μF/16V
C10: 470μF/25V
C12: 1000μF/25V
C13: 4,7μF/25V

Półprzewodniki

D1, D2: 1N4148
D3: LED zielona
D4: LED czerwona
M1: mostek 1 A
ST1: 7805
ST2: 78L05
T1, T2, T5, T6, T8: BC327
T3, T4: BC337
US1: ADC0804
US2*: 2716
US3: 2764
US4, US5: 74LS373
US6: 4060
US7, US8: 74LS85
US9, US14, US15: 74LS03
US10, US11: NE555
US12: 74LS247
US13: 74LS06
W1..W3: SA52-11GWA
Różne
DIP SWITCH 4 poz.: 2 szt.
Nastawnik BCD: 4 szt.
P1, P2: przełącznik, cewka 12V DC
TR1: TS6/24

ciśnien. Obwód wyjściowy zaworu wykonany jest identycznie jak obwód wyjściowy pompy, przy czym do jego sterowania wykorzystuje się wyjście bramki US9/A. Styk zwrotny przełącznika P2 służy do załączania pompy, a styk zwrotny przełącznika P1 do załączania zaworu.

Zasilacz

Zasilacz dostarcza następujące napięcia:
Ucc1 = + 5 V (LM7805) zasilanie obwodów cyfrowych,
Ucc2 = + 5 V (LM78L05) zasilanie przetwornika A/C,
Un = + 12 V niestabilizowane do zasilania wyświetlacza i przełączników
Mariusz Dulewicz
dulewicz@poczta.wp.pl