

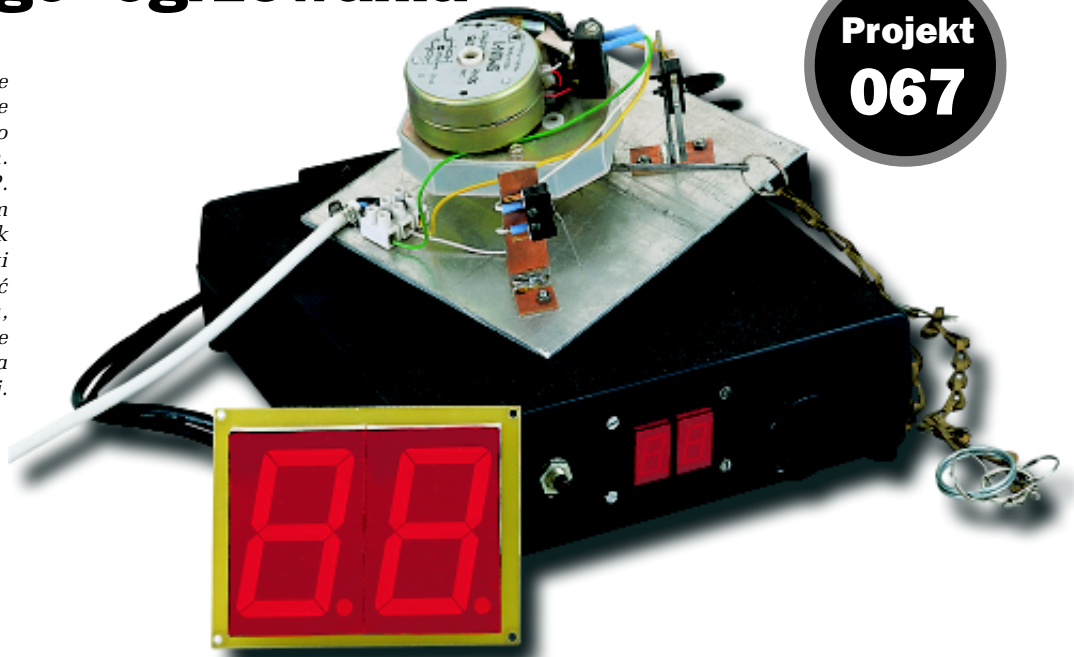
Dział "Projekty Czytelników" zawiera opisy projektów nadesłanych do redakcji EP przez Czytelników. Redakcja nie bierze odpowiedzialności za prawidłowe działanie opisywanych układów, gdyż nie testujemy ich laboratoryjnie, chociaż sprawdzamy poprawność konstrukcji.

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.

Sterownik węglowego kotła centralnego ogrzewania

Indywidualne budownictwo mieszkaniowe w kraju rozwija się, czego odzwierciedleniem są m.in. projekty publikowane w EP.

Tym razem przedstawiamy sterownik węglowego kotła CO, dzięki któremu można obniżyć koszty ogrzewania domu, zwiększając jednocześnie komfort korzystania z instalacji grzewczej.



Obecnie około 60% domów w Polsce ogrzewanych jest za pomocą kotłów na paliwo stałe, czyli węgiel, koks lub drewno. Tam, gdzie z czasem doprowadzony został gaz, użytkownicy często pozostawili kotły węglowe, aby mieć możliwość korzystania z nich zamiennie z gazowymi. Zdarza się, że gaz jest wykorzystywany do ogrzewania jesienią i wiosną, natomiast w miesiącach zimowych z przyczyn ekonomicznych domy ogrzewa się węglem.

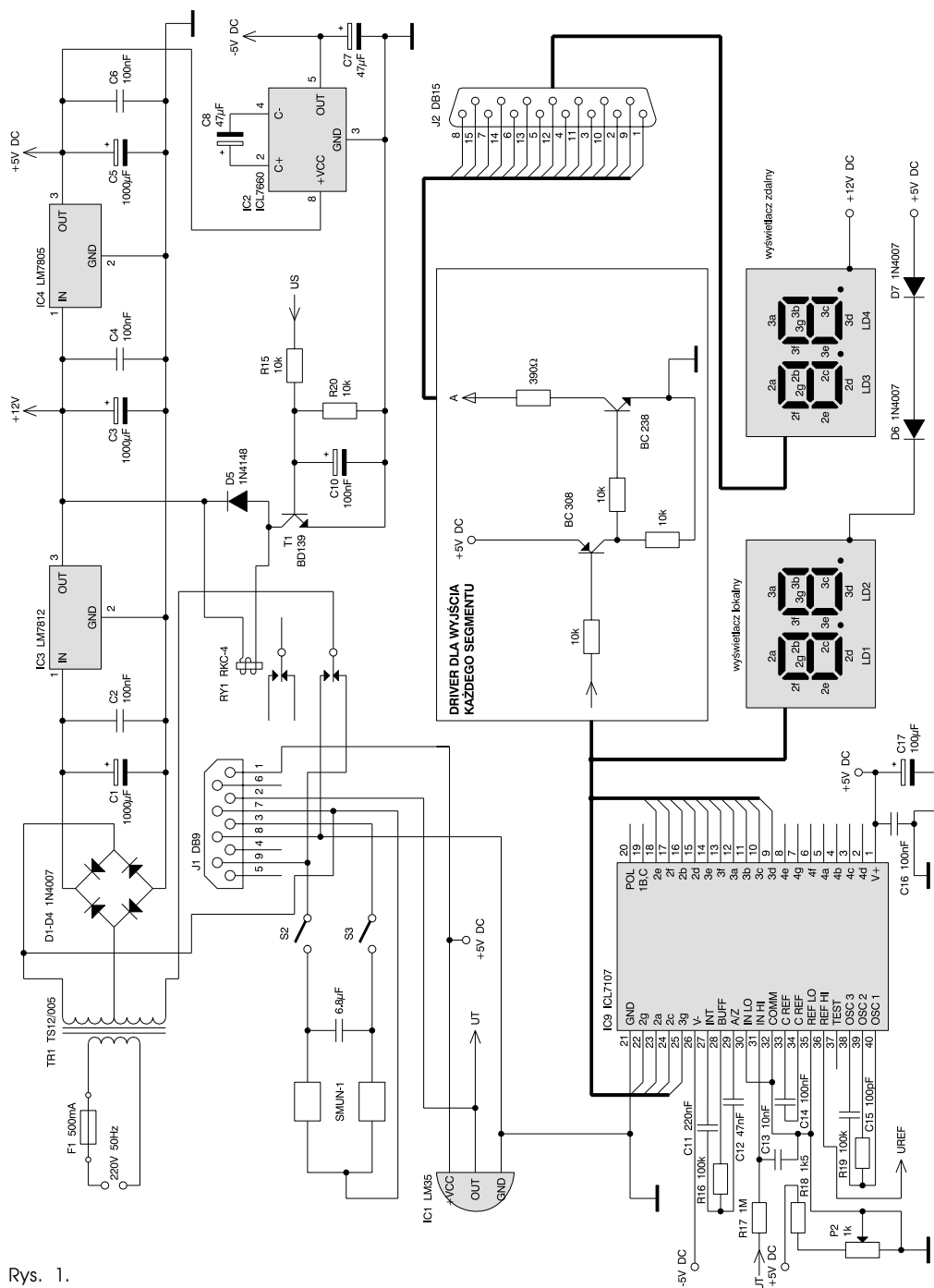
Według informacji podanych w tygodniku „Polityka” nr 37 z 12 września 1998 roku, ceny nośników energii (w ilości potrzebnej do uzyskania 1MWh ciepła) wynosiły odpowiednio: węgiel kamienny - 53,45zł, koks orzech II - 67,35zł, gaz ziemny Z5 - 88,50zł, olej opałowy - 136,87 zł, propan - butan - 186,96zł, energia elektryczna - 250,53zł. Należy dodać, że w tym czasie ceny energii elektrycznej i gazu nie były jeszcze uwolnione.

W starszych domach, budowanych do końca lat osiemdziesiątych, przeważają na ogół instalacje centralnego ogrzewania z obiegiem grawitacyjnym, zbudowane w oparciu o grzejniki żeliwne i rury o dużych przekrojach. Ich zasada działania opiera się na wykorzystaniu różnicy między ciężarem właściwym wody ciepłej i zimnej powodującej, że zimna woda opada na dół wypychając ciepłą, która unosi się do góry. Dobierając odpowiednie spadki i przekroje rur uzyskuje się prawidłowe działanie tych instalacji. Pracują one w systemie otwartym, to znaczy, że są wyposażone w naczynie wzbiorcze pełniące rolę elementu zabezpieczającego oraz odpowietrzającego instalację. Posiadają istotną zaletę, jaką jest możliwość działania autonomicznego, co oznacza, że nie wymagają zasilania energią elektryczną.

Pewną ich wadą jest natomiast duża objętość wody w układzie, która powoduje

bardzo wolną odpowiedź na pobudzenie jednostkowe, a co za tym idzie utrudnia stosowanie programowalnych regulatorów temperatury. Nadmierne podgrzanie wody powoduje dostarczenie do ogrzewanych pomieszczeń zbyt dużej energii, a w konsekwencji wzrost temperatury powyżej komfortowej i w efekcie otwieranie okien i wypuszczanie do otoczenia tak cennego przecież ciepła.

We współczesnych budowlanych obiektach stosuje się zwykle instalacje centralnego ogrzewania z wymuszonym obiegiem czynnika grzewczego. Wyposażone są one w pompę obiegową oraz nowoczesne, niskopojemnościowe grzejniki konwektorowe. Pozwalają na znacznie większą dowolność w usytuowaniu grzejników, kotła oraz rur doprowadzających wodę obiegową. Dzięki temu, że pojemność wodna takich instalacji jest bardzo mała, szybko się nagrzewają (ale też szybko stygną). Nadają się zasadni-



Rys. 1.

czo do współpracy z nowoczesnymi kotłami gazowymi lub olejowymi. Wadą tych systemów jest to, że w przypadku przerw w dostawie energii elektrycznej mogą przestać działać. Może się zdarzyć, że inwestor z przyczyn finansowych decyduje się na tymczasowe zastosowanie do ogrzewania kotła węglowego. O ile w przypadku instalacji o dużej pojemności wodnej nie stwarza to żadnego kłopotu, to gdy kocioł taki dołączy się do instalacji niskopojemnościowej mogą pojawić się kłopoty. Wytworzenie

zbyt dużej ilości ciepła w kotle doprowadzi do tego, że woda w instalacji po prostu się zagotuje. Jeżeli instalacja będzie zamknięta, może to doprowadzić do trwałego jej uszkodzenia, a nawet wybuchu. Kotły węglowe mają bardzo skromne możliwości regulacji temperatury wody. Według dokumentacji techniczno-ruchowej dostarczanej przez producenta kotła, regulacji tej dokonuje się albo przez dozowanie ilości opału, albo przez regulację dopływu powietrza do rusztu, ręcznie lub też przy użyciu miarkow-

nika spalania. Przedmiotem niniejszego opracowania jest urządzenie spełniające rolę miarkownika spalania, a także termometru z dwoma wyświetlaczami: lokalnym i zdalnym.

Założenia projektowe

Lokalne kotłownie węglowe są stosowane do ogrzewania domów głównie w małych miejscowościach i na wsi, gdzie często utrudniony jest dostęp do nowoczesnych technologii elektronicznych. Z tego względu, aby urządzenie miało szansę znaleźć

praktyczne zastosowanie przyjęto następujące założenia:

- sterownik powinien być możliwy do wykonania przez średnio zaawansowanych elektroników, przy użyciu wyłącznie prostych narzędzi,
- użyte elementy powinny być znane i łatwo dostępne,
- połączenie z instalacją CO musi być wykonane w sposób nieinwazyjny,
- urządzenie powinno być niezawodne i trwałe, aby mogło służyć użytkownikom przez wiele lat.

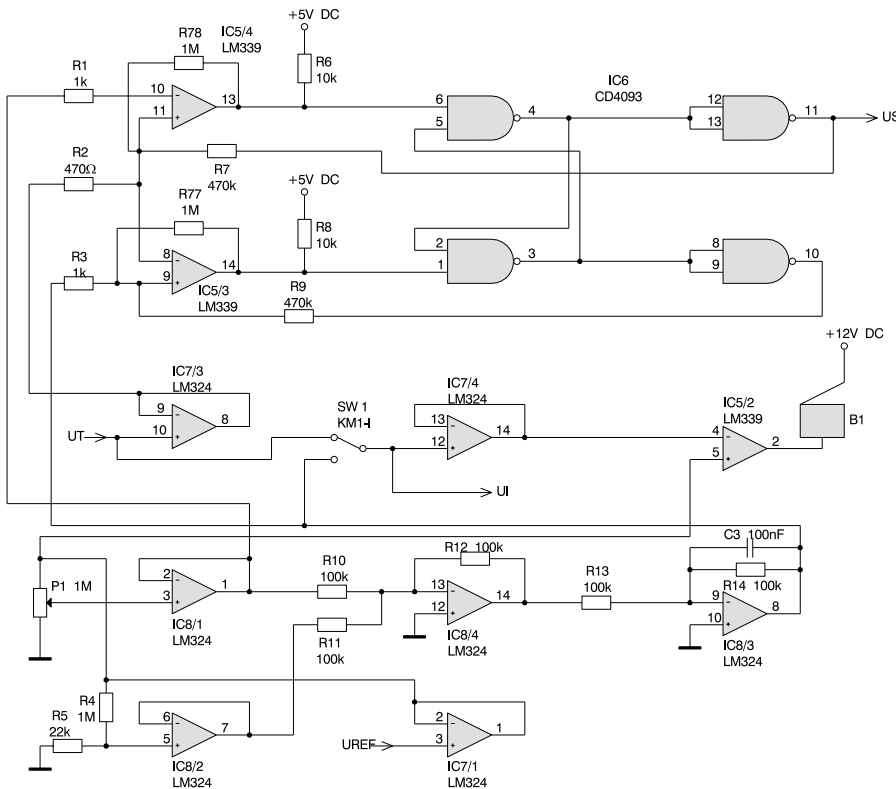
Zasada działania

W wyniku przeprowadzonych prób, najbardziej obiecujące wyniki dało urządzenie zbudowane w oparciu o jednobitowy przetwornik analogowo-cyfrowy (komparator). Powoduje on, że przepustnica powietrza w kotle jest uchylona gdy temperatura wody obiegowej jest niższa niż temperatura zadana, a przymknięta gdy temperatura ta jest wyższa. Jednocześnie dokonywany jest pomiar temperatury, a jego wynik prezentowany w kotłowni oraz w wybranym pomieszczeniu w części mieszkalnej budynku.

Pomiar temperatury

Do pomiaru temperatury wody obiegowej użyty został scalony przetwornik temperatura - napięcie LM35 (rys. 1). Układ ten jest bardzo wygodny w użyciu i nie wymaga żadnej kalibracji. Współczynnik konwersji wynosi 10mV/K, co oznacza, że przy typowej temperaturze wody wynoszącej 70 stopni Celsjusza na jego wyjściu będzie występować napięcie równe 700mV. Sygnał z wyjścia przetwornika doprowadzony jest przez złącze szufladowe J1, przełącznik S1 oraz filtr dolnoprzepustowy R17, C13 do wejścia IN HI układu scalonego IC8 (ICL7107) będącego woltomierzem cyfrowym działającym z wykorzystaniem metody podwójnego całkowania.

Układ ten steruje bezpośrednio segmentami wyświetlacza lokalnego, gdyż jego wyjścia zawierają sterowane źródła prądowe o wydajności 8mA. Diody D6 i D7 ograniczają straty mocy na źródłach, a więc zabezpieczają przed



Rys. 2.

niepożądanym wzrostem temperatury układu. Segmenty wyświetlacza zdalnego zawierają w sobie cztery diody świecące połączone szeregowo, czyli spadek napięcia na jednym segmencie wynosi ok. 8V. Z tego względu są one zasilane napięciem +12V DC, a sterowane poprzez prosty dwutranzystorowy układ dopasowujący. Z wyprowadzenia REF HI układu scalonego IC8 pobierane jest napięcie

odniesienia wykorzystywane w układzie sterującym oraz sygnalizacyjnym.

Zasilacz

W urządzeniu występują napięcia stałe: +12V, +5V, -5V do zasilania układów elektronicznych oraz napięcie przemiennie 24V do zasilania silnika zespołu napędowego. Napięcie to jest pobierane bezpośrednio z uzwojeń transformatora sieciowego. Napię-

cia +12V i +5V uzyskiwane są przy wykorzystaniu monolitycznych stabilizatorów napięcia LM7812 i LM7805 pracujących w typowych aplikacjach. Do wytworzenia napięcia -5V użyto scalonej przetwornicy napięcia ICL7660. Kondensatory współpracujące z tym układem mają pojemność nieco większą niż katalogowa ze względu na możliwą utratę pojemności w dłuższym czasie eksploatacji.

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

- R1, R3: 1kΩ
- R2: 470Ω
- R4, R17, R77, R78: 1MΩ
- R5: 22kΩ
- R6, R8, R15, R20, R21, R22, R23, R25, R26, R27, R29, R30, R31, R33, R34, R35, R37, R38, R39, R41, R42, R43, R45, R46, R47, R49, R50, R51, R53, R54, R55, R57, R58, R59, R61, R62, R63, R65, R66, R67, R69, R70, R71, R73, R74, R75: 10kΩ
- R7, R9, R16: 470kΩ
- R10, R11, R12, R13, R14, R19: 100kΩ
- R18: 1,5kΩ
- R24, R28, R32, R36, R40, R44, R48, R52, R56, R60, R64, R68, R72, R76: 390Ω
- P1: 1MΩ
- P2: 1kΩ

Kondensatory

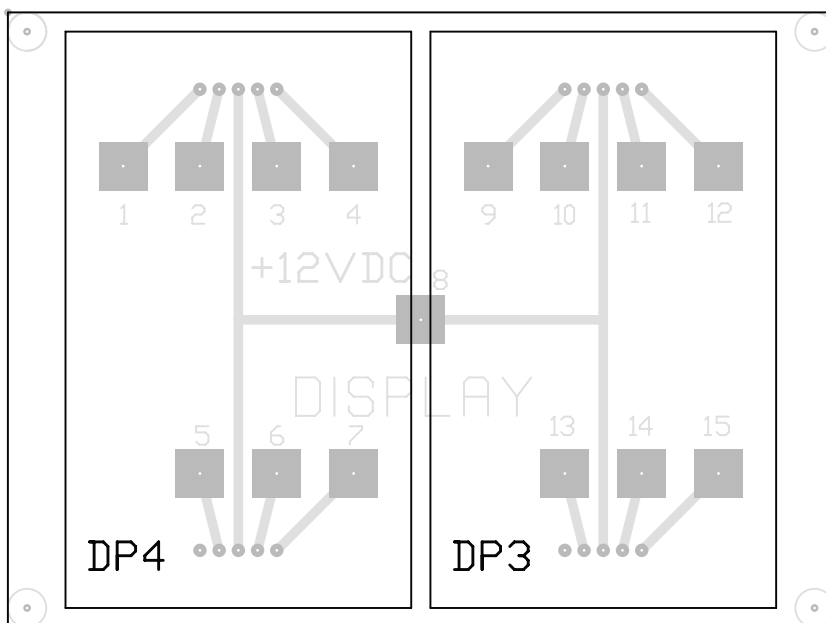
- C1, C3, C5: 1000μF/35V
- C2, C4, C6, C9, C14, C16: 100nF
- C7, C8, C10: 47μF/16V
- C17: 100μF/16V
- C11: 220nF
- C12: 47nF
- C13: 10nF
- C15: 100pF

Półprzewodniki

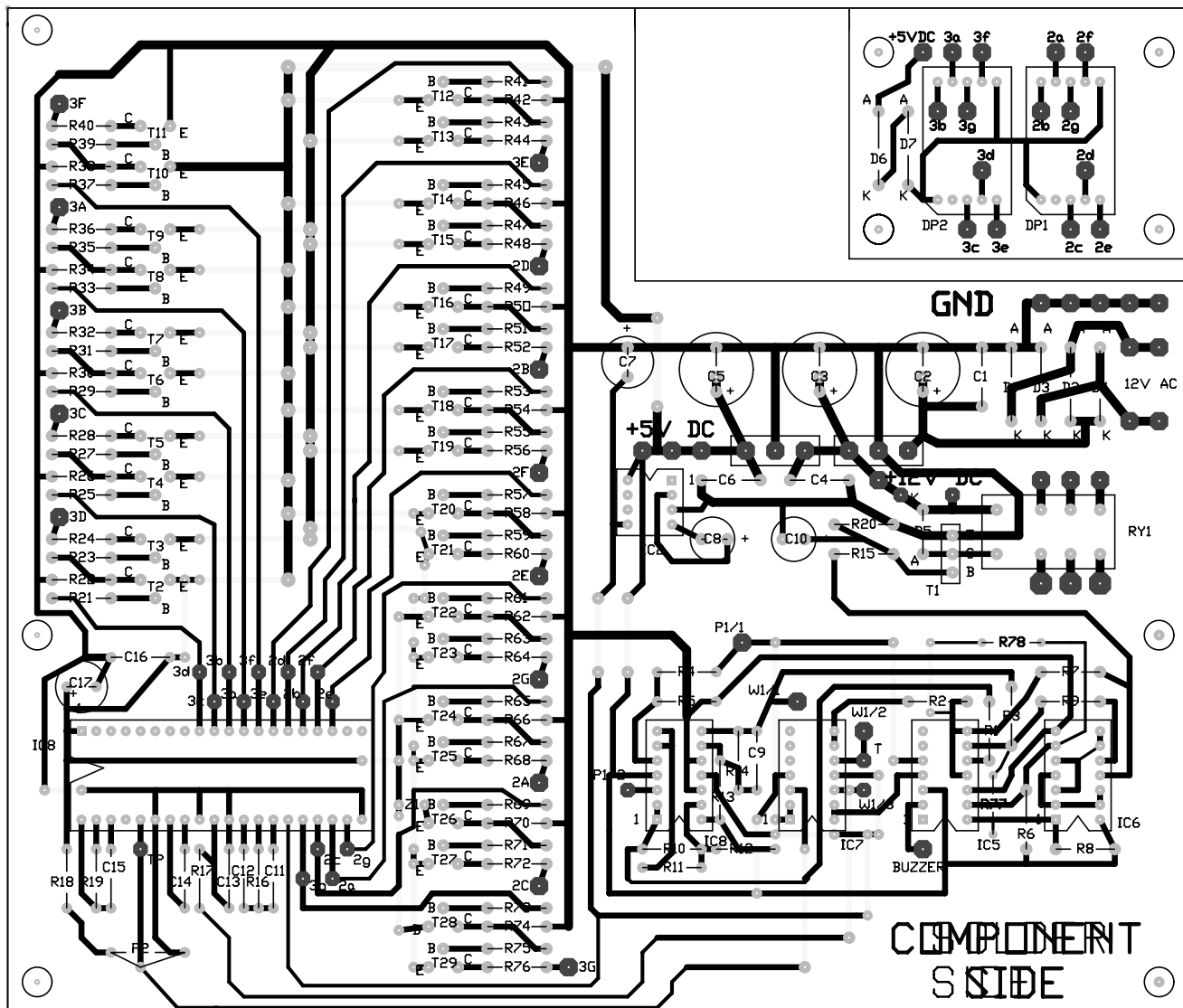
- IC1: LM35
- IC2: ICL7660
- IC3: LM7812
- IC4: LM7805
- IC5: LM339
- IC6: CD4093
- IC7, IC8: LM324
- IC9: ICL7107
- T1: BD139
- T2, T4, T6, T8, T10, T12, T14, T16, T18, T20, T22, T24, T26, T28: BC308
- T3, T5, T7, T9, T11, T13, T15, T17, T19, T21, T23, T25, T27, T29: BC238
- D1, D2, D3, D4, D6, D7: 1N4007
- D5: 1N4148
- LD1, LD2: TLR306 TOSHIBA
- LD3, LD4: SA23-HWA KINGBRIGHT

Różne

- RY1: RKC4 SIEMENS
- F1: 500mA/250V
- TR1: TS12/005 INDEL
- J1: DB9
- J2: DB25
- B1: Buzzer
- S1: KM1-I
- S2, S3: 83132 FAEL
- Obudowa: KM61



Rys. 3a.



Rys. 3b. (zmniejszony do 85%)

Sterowanie zespołem napędowym

Schemat elektryczny tego modułu przedstawiono na rys. 2. Zadaniem zespołu napędowego jest spowodowanie, aby kłapka przepustnicy była podniesiona, kiedy temperatura wody jest niższa niż zadana, a opuszczona, kiedy temperatura jest wyższa.

Został on wykonany przy użyciu silnika i przekładni pochodzących od elektromechanicznego regulatora o symbolu RT100. Elementy takie, pochodzące z demontażu, można spotkać na giełdzie elektronicznej.

Dwufazowy silnik SMUN-1 zasilany jest napięciem przemiennym 24V. Odpowiednie przesunięcie fazy uzyskuje się przez zastosowanie kondensatora o pojem-

ności 6,8µF. Dołączenie napięcia do odpowiednich przewodzeń silnika powoduje zmianę kierunku obrotów. Napięcie UT z wyjścia czujnika temperatury doprowadzone jest przez wtórnik-separator IC7/3 do wejścia układu sterującego zespołem napędowym. Napięcie określające dolny próg porównania pobierane jest przez wtórnik-separator IC8/1 z suwaka potencjometru P1 zasilanego z napięcia odniesienia UREF. Z napięcia odniesienia zasilany jest również dzielnik R4, R5 określający wartość napięcia histerezy, czyli różnicy między górnym a dolnym progiem porównania. Histereza ta została wprowadzona w celu ochrony przekaźnika RY1 oraz zespołu napędowego przed

zbyt częstym załączaniem powodującym ich szybsze zużycie. Napięcie z dzielnika jest sumowane z napięciem z potencjometru we wzmacniaczu sumującym IC8/4, a następnie przez integrator IC8/3 podawane na wejście UH układu sterującego. Układ ten składa się z dwóch komparatorów oraz czterech bramek NAND z wejściem Schmitta. Z dwóch bramek wykonany został przerzutnik RS sterowany sygnałami wyjściowymi komparatorów. Dwie pozostałe pracują jako invertery. Ponieważ sygnał z czujnika temperatury jest przebiegiem wolnozmiennym, mogą wystąpić oscylacje na wyjściach komparatorów, gdyż w momencie przejścia przez próg porównania

komparator pracuje w zakresie liniowym z otwartą pętlą sprzężenia zwrotnego. Wprowadzając do układu poprzez rezystory R7 i R9 słabe, dodatnie sprzężenie zwrotne powodujące powstanie niewielkiej histerezy, eliminuje się to niekorzystne zjawisko. Dodatkowo stabilność układu poprawiają rezystory R77 i R78 włączone między wyjścia a wejścia nieodwracające komparatorów IC5/3 i IC5/4. Napięcie sterujące US z wyprowadzenia 11 układu scalonego IC6 wystawia tranzystor T1 złączający przekaźnik RY1. Przez styki przekaźnika podawane jest napięcie zasilające odpowiednie uzwojenia silnika zespołu napędowego. Zastosowanie przekaźnika powoduje wprowadzenie se-

paracji galwanicznej między układem sterującym a układem wykonawczym. Pozwala sterować różnego typu silniki, zarówno zasilane prądem stałym jak i przemiennym. Komparator IC5/2 porównuje napięcie UT z czujnika temperatury z napięciem odniesienia UREF. Jeżeli napięcie UT będzie wyższe niż UREF, czyli temperatura wody obiegowej podniesie się powyżej 100 stopni Celsjusza, układ ten spowoduje wygenerowanie sygnału alarmu przez wysteroowanie sygnalizatora akustycznego B1. Dzięki zastosowaniu komparatora pracującego z otwartym kolektorem tranzystora wyjściowego możliwe jest włączenie sygnalizatora bezpośrednio między wyjście komparatora a napięcie zasilające +12V DC.

Montaż i uruchomienie układu

Płytką drukowaną została zaprojektowana tak, aby była możliwa do wykonania samodzielnie (widok ścieżek znajduje się na płackcie wewnątrz numeru). Rozmieszczenie elementów widoczne jest na rys. 3.

Płytkę przygotowano jako dwustronną, może być jednak wykonana jako jednostronna, gdyż ścieżki na stronie elementów są wyłącznie prostoliniowe (mogą być zastąpione zworami).

Przed wmontowaniem elementów płytkę należy dokładnie obejrzeć celem wykrycia i usunięcia ewentualnych zwarcí i przerw w druku. Elementy w miarę możliwości sprawdzić przed wlutowaniem. Uruchamiać należy kolejne bloki funkcjonalne, poczynając od zasilacza, przez miernik temperatury, a na sterowniku zespołu napędowego kończąc. Według danych katalogowych, prąd wejściowy układu ICL7107 wynosi 1pA. W praktyce spotykane na rynku układy mogą nie spełniać tego parametru, co spowoduje pewien spadek napięcia na rezystorze R17. Również prąd upływu kondensatora C13 może wprowadzić niewielkie zafałszowanie pomiaru. Aby zwiększyć

dokładność pomiaru napięcia przez ten układ można wartości elementów R17 i C13 zmniejszyć nawet kilkakrotnie. Potencjometrem P2 należy ustawić napięcie odniesienia UREF równe 1V.

W urządzeniu modelowym jedna ze śrub mocujących ostatnie koło zębate przekładni zespołu napędowego została zastąpiona nagwintowanym prętem stalowym o długości 8cm, stanowiącym dźwignię podnoszącą i opuszczającą klapkę przepustnicy powietrza. Zakres przesuwania się dźwigni ograniczają wyłączniki krańcowe S2 i S3. Otwory technologiczne przekładni należy zasłonić celem zabezpieczenia jej przed zapyleniem. Zespół napędowy został przykręcony do sufitu kotłowni, dokładnie nad kotłem, a dźwignia połączona z przepustnicą za pomocą łańcuszka oraz zapinki. Rozwiązanie takie umożliwi łatwe rozłączenie elementów w razie zaistnienia takiej potrzeby.

Ponieważ obudowa sterownika wykonana jest z tworzywa sztucznego, należy unikać zbliżania jej do źródeł ciepła (najlepiej postawić na specjalnie w tym celu wykonanej półeczce). Czujnik temperatury przymocowany został do rury zasilającej instalację grzewczą za pomocą taśmy izolacyjnej i zakryty otuliną termoizolacyjną. W części mieszkalnej budynku należy wybrać optymalne miejsce dla wyświetlacza zdalnego i połączyć go ze sterownikiem przewodem 15-żyłowym. Oznaczone numerami pola lutownicze na płycie wyświetlacza łączy się z odpowiadającymi im numerami końcówek gniazda szufladowego J2.

Po sprawdzeniu poprawności połączeń i włączeniu sterownika, przy wciśniętym mikrowyłączniku SW1, potencjometrem P1 ustawia się temperaturę, przy której następuje ograniczenie dopływu powietrza do paleniska. Poprawnie zmontowany i uruchomiony sterownik nie powinien sprawiać kłopotów w eksploatacji.

Podsumowanie

Odpowiednie przepisy pozwalają na stosowanie kotłów węglowych wyłącznie w instalacjach pracujących w systemie otwartym. Dlatego przynajmniej jeden pion należy połączyć z naczyniem wzbiorczym. Naczynie to instaluje się w najwyższym punkcie instalacji, często na strychu. Nie jest to najkorzystniejsze miejsce, gdyż w czasie silnych i długotrwałych mrozów może ono zamrznąć i wtedy przestaje spełniać swoją rolę. Z tego względu, w instalacjach niskopojemnościowych powinno się dodatkowo zastosować moduł zabezpieczający, składający się z przepornego naczynia kompensacyjnego, zaworu bezpieczeństwa, manometru oraz odpowietrznika automatycznego.

Jeżeli system jest otwarty, ciśnienie w nim jest stałe, nie zależy od temperatury, a tylko od wysokości słupa wody. W momencie zamarznięcia naczynia wzbiorczego, ciśnienie w instalacji rośnie, a jego wartość wskazywana przez manometr zmienia się ze zmianami temperatury. Innym ważnym elementem wpływającym na poprawne działanie systemu grzewczego jest komin. Powinien on być szczelny, gdyż wszelkie nieszczelności powodują dostawanie się do niego powietrza z zewnątrz, a przez to osłabienie siły ciągu. W czasie budowy komin powinien być spoinowany, a później otynkowany na całej długości, od podstawy aż do wylotu.

Jeżeli przewiduje się możliwość współpracy instalacji z kotłem węglowym, do jej budowy należy użyć wyłącznie rur stalowych. Rury z tworzyw sztucznych są mniej odporne na wysoką temperaturę, która przecież może wystąpić, gdyż w kotle węglowym nie ma możliwości odłączenia źródła energii. Z kolei rury miedziane powodują przyspieszoną korozję kotła, który z reguły nie jest zabezpieczony przed tym zjawiskiem. Jeżeli architektura budynku na to pozwala, topologia elementów systemu grzewczego powinna być tradycyjna, to znaczy z zachowaniem pionów i spadków. Takie rozwiązanie powoduje, że moż-

liwe jest całkowite jej opróżnienie, gdy zaistnieje taka potrzeba. Również w przypadku zaniku napięcia zasilającego pompę obiegową system będzie działał (co prawda ze znacznie gorszymi parametrami), zapewniając minimalne bezpieczeństwo cieplne do czasu włączenia napięcia sieci.

Zastosowanie sterownika daje wiele korzyści, z których można wymienić:

- zmniejszenie zużycia opału,
- zmniejszenie emisji spalin do otoczenia,
- zmniejszenie częstotliwości obsługi kotła,
- polepszenie komfortu cieplnego,
- możliwość obserwacji temperatury wody obiegowej bez konieczności, kłopotliwego często, schodzenia do kotłowni.

Sterownik nie jest regulatorem w pełnym tego słowa znaczeniu. Wprowadza jedynie, stosunkowo słabe, ujemne sprzężenie zwrotne między wielkością wyjściową, jaką jest temperatura wody obiegowej, a wielkością wejściową, czyli ilością powietrza dopływającego do paleniska. Stwarza możliwość poprawy sterowności i obserwowalności obiektu regulacji jakim jest kocioł. Stłumienie w odpowiedniej chwili dopływu powietrza spowoduje, że temperatura będzie rosła wolniej aż do osiągnięcia równowagi między ilością energii dostarczonej i odebranej z układu. Z kolei, już w fazie wygaszania, gdy na rusztach zalegają złogi popiołu i żużla, otwarcie przepustnicy stworzy możliwość lepszego dopalenia się paliwa, a więc zmniejszenie straty niecałkowitego spalania. Zjawisko niecałkowitego spalania jest szczególnie widoczne w kotłach wyposażonych w ruszta chłodzone wodą obiegową. Istotną jego cechą jest to, że przy zachowaniu należytej ostrożności, umożliwi współpracę kotłów węglowych również z nowoczesnymi, niskopojemnościowymi instalacjami grzewczymi. Może znaleźć zastosowanie wszędzie tam, gdzie kotły węglowe są jeszcze w użyciu.

Dariusz Stępień