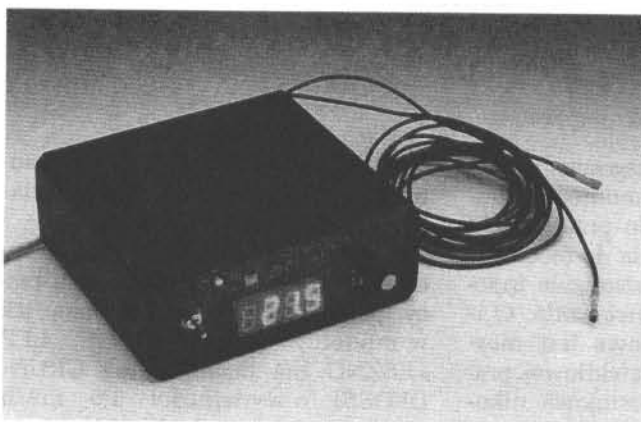


Zainteresowanie, z jakim spotkał się opisany w poprzednich numerach EP uniwersalny termometr-regulator, skłoniło autora do opracowania kolejnego modułu tego układu - regulatora centralnego ogrzewania.

Ze zrozumiałych względów regulacja dotyczy tylko instalacji z kotłem opalonym gazem. Ponieważ nie możemy proponować ingerencji w instalację gazową, wykorzystamy pompkę cyrkulacyjną. Samo zastosowanie pompki daje już pewną oszczędność, a użycie opisanego zestawu regulatora pozwoli regulować kocioł CO, a co za tym idzie, zaoszczędzić sporo pieniędzy.

Regulator CO

kit AVT-104/5, 104/OR, 104/PC



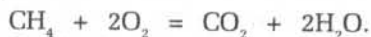
Każdy wie, że ciepło w instalacji CO pochodzi ze spalania paliwa, w naszym przypadku gazu.

W przypadku grzejnika elektrycznego, zainstalowanego w pokoju, sprawność wynosi dokładnie 100 procent, natomiast w instalacji CO musimy uwzględnić następujące straty:

- strata wylotowa,
- strata niepełnego spalania,
- strata postojowa.

Strata wylotowa (kominem)

Mieszanka gazu z powietrzem, spalając się, wytwarza temperaturę 1600...2000°C, oddając większość ciepła wodzie w kotle. Istotne jest również, że produktami spalania, oprócz dwutlenku węgla, są para wodna (co dla niektórych może być zaskoczeniem) oraz, przy zbyt małej ilości powietrza, tlenek węgla. Spalanie np. metanu zachodzi wg reakcji:



Spaliny o temperaturze ponad 100°C ulatują kominem. Wiadomo, że gorące spaliny są lżejsze od powietrza, wytwarzają więc ciąg zależny od różnicy temperatur spalin i otoczenia oraz wysokości kominu. Ciąg ten, wywołując podciśnienie, powoduje zasysanie świeżego powietrza niezbędnego do całkowitego spalania gazu.

Strata wylotowa jest tym większa, im wyższa jest różnica temperatur oraz im mniej jest dwutlenku

węgla w spalinach. Można przyjąć wielkość straty wylotowej w granicach kilkunastu procent. Ideałem byłoby takie regulowanie dopływu powietrza, aby było go dokładnie tyle, ile potrzeba do całkowitego spalania gazu.

Należałoby także maksymalnie obniżyć temperaturę spalin. Jednak wiadomo, że para wodna przy obniżaniu temperatury zacznie się skraplać. Temperatura, w której zaczyna się proces skraplania, zwana jest punktem rosy. Praktycznie oznacza to, że jeśli temperatura któregoś punktu kominu lub samego kotła w czasie pracy spadnie poniżej punktu rosy, to pojawi się wilgoć - kropelki wody. Jest to niestety dość częste zjawisko, którego skutki mogą być opłakane - w spalinach znajdują się tlenki siarki i azotu, wykroplona woda jest więc w rzeczywistości kwasem. To jest właśnie powód szybkiego niszczenia niezabezpieczonych kominów i pieców.

Podsumowując tę część naszych rozważań trzeba stwierdzić, że próby oszczędzania gazu przez nadmierne obniżenie temperatury spalin mogą doprowadzić do szybkiego zniszczenia kominu lub kotła przez skroploną wilgoć. Zbyt zimne spaliny nie będą też w stanie wytworzyć dostatecznego ciągu w kominie, zbyt mało powietrza napłynie do paleniska i nastąpi niecałkowite spalanie ga-

zu co zupełnie zniweczy zamierzony efekt - zużycie gazu wręcz się zwiększy, a niespalona część gazu uleci po prostu kominem. Wystąpią...

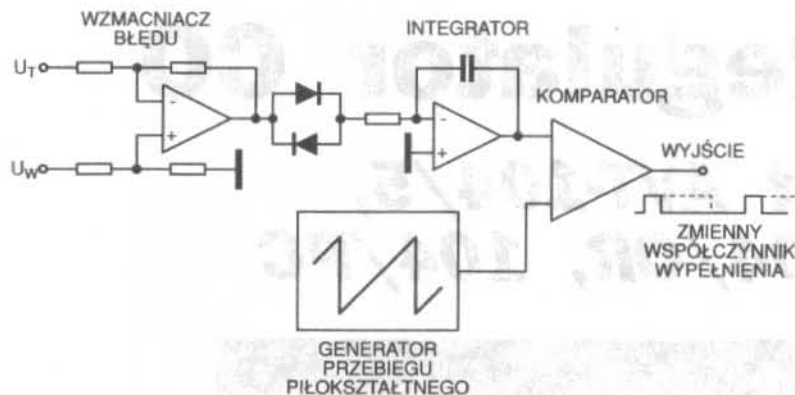
Straty niepełnego spalania

Niecałkowite spalanie można poznać po żółtych końcach płomieni w palenisku. Sytuacja taka może mieć miejsce, gdy ktoś próbuje oszczędzać gaz dławiąc jego dopływ głównym zaworem. Do pewnego momentu rzeczywiście to skutkuje, potem pojawia się efekt niecałkowitego spalania i zużycie gazu gwałtownie wzrasta. Konstrukcja typowego kotła zapewni całkowite spalanie gazu, zatem straty z tego tytułu pojawiają się przy niewłaściwie wykonanej (zatkanej) instalacji kominowej lub nawiewnej albo przy wspomnianych eksperymentach z nadmiernym obniżaniem temperatury spalin.

Strata postojowa

Kocioł jest dobierany według zasady, która mówi, że określoną kubaturę należy dogrzać do określonej temperatury przy najsilniejszym, zdarzającym się na danym obszarze, mrozie. Jednak takie ekstremalne warunki zdarzają się rzadko, dlatego przez dużą część sezonu grzewczego kocioł stoi w gotowości, włączając się tylko na krótko. Można przyjąć, że średnio w sezonie grzewczym zainstalowana moc cieplna wykorzystywana jest w 10%.

Strata postojowa wynika z przep-



Rys. 1. Zasada działania regulatora

ływu powietrza przez nagrany, ale nie pracujący w danym momencie kocioł, które unosi ciepło przez komin oraz z oddawania ciepła do otoczenia (kotłowni) przez niedostatecznie izolowaną cieplnie obudowę kotła. O ile więc strata wylotowa jest niesłusznie niezbędna do prawidłowej pracy kotła, to strata postojowa nikomu potrzebna nie jest.

W popularnych kotłach do użytku domowego można przyjąć wielkość straty postojowej na poziomie kilku procent. Zauważmy tu, iż niższa temperatura kotła oznacza mniejszą stratę postojową.

Gdzie więc szukać oszczędności? Biorąc pod uwagę praktyczne możliwości wykonawcze oraz dużą ilość zmiennych parametrów (nie wspominaliśmy o parametrach budynku, komina, instalacji wodnej CO), rezygnujemy z analizy składu chemicznego spalin i próby pomiaru punktu rosy. Mając świadomość niebezpieczeństwa wykroplenia kwaśnych spalin (zakładamy, że nasz komin jest odpowiednio wykonany) możemy jednak obniżyć temperaturę kotła, czym zmniejszymy stratę wylotową i postojową.

W naszym rozwiązaniu wykorzystujemy pompkę cyrkulacyjną, która, wmontowana w główny obwód domowej sieci CO, zapewnia większą równomierność temperatury grzejników na górnych i dolnych kondygnacjach, pozwalając nastawić niższą temperaturę kotła.

Przy ustawionej ręcznie temperaturze kotła układ nasz będzie regulował czas pracy i czas postoju silnika pompki. **Rysunek 1** pokazuje w uproszczeniu zasadę działania proponowanego rozwiązania. Ponieważ stała czasowa integratora i okres generatora „piły” mają być duże i trudno byłoby wykonać je na

elementach analogowych, zastosowano układ cyfrowy, którego działanie jest prawie takie same.

Ważną sprawą jest ustalenie dopuszczalnego najkrótszego czasu pracy pompki. Przy zastosowaniu, jak w modelu, pompki prod. LFP LESZNO (na licencji f-my GRUNDFOS) o wydajności 3,5 m³/h i pojemności instalacji 600l (duży dom trzyrodzinny), czas jednego obiegu wynosi (0,6m³) : (3,5m³/h) = 0,17h, czyli ponad 10 minut. Aby uzyskać równomierne rozprowadzenie ciepła, najkrótszy cykl pracy powinien być więc dłuższy niż wyliczone 10 minut, inaczej mogłoby się zdarzyć, że ciepłe będą tylko grzejniki położone najbliżej kotła.

W układzie należy zastosować integrator o bardzo dużej stałej czasowej. Integrator taki uśredni szybkie zmiany temperatury, co np. przy krótkotrwałym otwarciu okien do wietrzenia nie spowoduje gwałtownej reakcji układu. Ta duża inercja jest też potrzebna do układu wskaźnika pracy pompki, zbudowanego z liniiki LEDów.

Opis układu

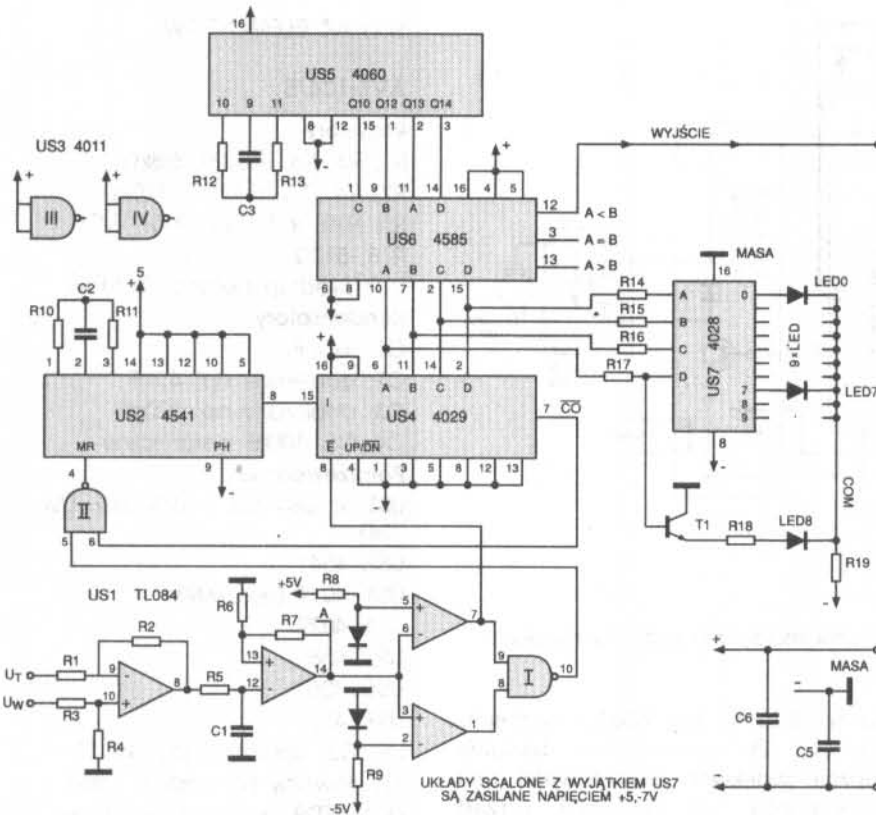
Schemat elektryczny jest pokazany na **rysunku 2**. Moduł przeznaczony jest do współpracy z przetwornikiem temperatura - napięcie i wskaźnikiem LED, opisanych w EP 8 i 10/93. Do wejścia U_T regulatora dołączamy wyjście przetwornika T/U mierzącego temperaturę w mieszkaniu. Tor mierzący temperaturę zewnętrzną nie jest podłączony do naszego regulatora. Okazało się to niepotrzebne, bo dokładność regulacji i tak jest bardzo dobra. Na wejście U_W podajemy z potencjometru napięcie odpowiadające temperaturze, jaką chcemy utrzymywać w domu. Dwa wzmacniacze opera-

cyjne z układu US1 tworzą wzmacniacz różnicowy (szerszy opis w EP 11/93), dwa następnymi pracują jako komparatory, które mają za zadanie stwierdzić, w jakim zakresie jest napięcie błędów mierzone w punkcie A. Dla napięć U_A z zakresu -0,6...+0,6V wyjścia obu komparatorów są w stanie wysokim, wyjście bramki I z układu US3 ma stan L, a na wejściu MR układu czasowego US2 jest stan H. Układ US2 (CMOS 4541), pracujący tu jako układ generatora z licznikiem przez 65 536, jest wyzerowany - nie generuje. Jeśli temperatura spadnie lub wzrośnie, to napięcie w punkcie A wyjdzie poza zakres $\pm 0,6V$ i na wyjściu jednego z komparatorów pojawi się stan L. Spowoduje to uruchomienie generatora US2 i po 32 768 jego taktach rosnące zbocznie na jego wyjściu zmieni o 1 stan dwukierunkowego licznika US4 (CMOS 4029). Doborem stosunku R7/R6 można ustawić zakres nieczułości czyli taki zakres temperatur, w którym regulator nie będzie wprowadzał poprawki, uznając panujący stan za poprawny. Sensowny zakres nieczułości mieści się w granicach $\pm 0,1... \pm 1^\circ C$. W zależności od kierunku odchyłki temperatury stan licznika US4 będzie rósł lub malał zależnie od stanu na wejściu UP/DOWN. Gdy licznik dojdzie do swej wartości ekstremalnej (0 albo 15), to na wyjściu CO\ (pin 7 US4) pojawi się stan niski, który podany na wejście bramki II zatrzyma generator US2, powodując pozostanie licznika w tym stanie.

Odnotujmy tu, że gdy rzeczywista temperatura jest niższa od nastawionej, licznik US4 zlicza w dół. Zauważmy też, że generator US3, jego wewnętrzny dzielnik przez 65 536 i licznik rewersyjny US4 pełnią funkcję cyfrowego integratora o bardzo dużej stałej czasowej.

Układ US6 (CMOS 4060) jest czternastostopniowym licznikiem binarnym z oscylatorem. Wykorzystujemy cztery jego wyjścia: po 10, 12, 13, 14 stopniu podziału. Trzeba tak dobrać elementy oscylatora US6, aby czas trwania każdego stanu na wyjściu 10 stopnia (pin 15) był dłuższy niż (obliczony wcześniej) czas przepompowania całej objętości wody w instalacji.

Układ US5 (CMOS 4585) jest cyfrowym komparatorem porównującym dwie liczby binarne. Na jedno wejście podajemy kolejne stany



Rys. 2. Schemat elektryczny regulatora

z licznika US6, do drugiego łączymy wyjście integratora US4. Na wyjściu A<B komparatora US5 powinniśmy otrzymać impulsy o stałym czasie powtarzania (bardzo długim, określonym przez licznik US6) i zmiennym wypełnieniu od 1/16 do 16/16. Gdy mierzona temperatura jest bliska nastawionej, wtedy US2 nie pracuje, stan US4 nie zmienia się i pompka jest sterowana przebiegami o ustalonym współczynniku wypełnienia. Wzrost lub spadek temperatury zmieni stan US4 i tym samym zmieni się wypełnienie impulsów zasilających pompkę, co odpowiednio skoryguje temperaturę pomieszczenia. Jasne jest przy tym, że należy tak ustawić oryginalny regulator kotła CO, aby nocą współczynnik wypełnienia impulsów sterujących pompką był bliski lub równy 1. W ciągu dnia, z uwagi na wyższą temperaturę na zewnątrz i dodatkowe ciepło, np. z gotowania posiłków, regulator zmniejszy czas pracy pompki, a tym samym zaoszczędzimy pewną ilość gazu. W wykonaniu modelowym, po zamontowaniu regulatora z termometrem dzienne zużycie gazu (odczytywane codziennie z gazomierza) spadło z

32...33m³ do 27...29m³, przy czym temperatury zewnętrzne były podobne. Należy tylko dbać o takie ustawienie ręcznego regulatora kotła, aby nocą pompka pracowała prawie przez cały czas - oznacza to pełne wykorzystanie możliwości kotła przy danej jego temperaturze. Do kontrolowania współczynnika wypełnienia impulsów sterujących pompką, czyli stopnia wykorzystania kotła, służy układ US7 - dekodery CMOS 4028, w którym wykorzystujemy osiem pierwszych wyjść (0-7). Przy połączeniu jak na schemacie i w modelu, dokładnie kontrolujemy za pomocą linijki 8 LEDów

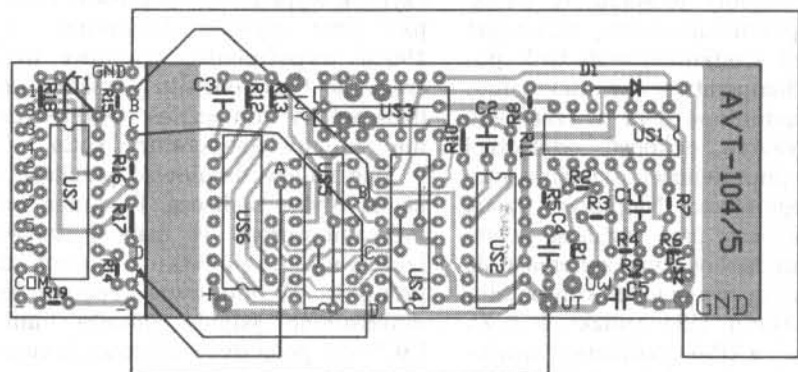
wypełnienie powyżej 50%. Dziewiąta dioda świeci przy wypełnieniu poniżej 50%, ale to już oznacza, że trzeba koniecznie zmniejszyć temperaturę kotła. Wejścia A,B,C dekodera (D = L) można też podłączyć do wyjść B,C,D licznika US4 - będziemy kontrolować mniej dokładnie, ale za to cały zakres współczynnika wypełnienia. Tu właśnie leży klucz do oszczędzania: z jednego przyrządu uzyskamy informacje o temperaturach zewnętrznej, wewnętrznej i nastawionej, a na linijce diod LED informacje o stopniu wykorzystania kotła.

Bardzo ważną sprawą jest też umieszczenie czujnika temperatury. W zależności od budynku różnica temperatur przy podłodze i pod sufitem może wynieść nawet 4°C. Należy też przemyśleć w jakim pomieszczeniu umieścić czujnik. Umieszczenie w kuchni lub słonecznym pokoju może w ciągu dnia spowodować wychłodzenie innych pomieszczeń,

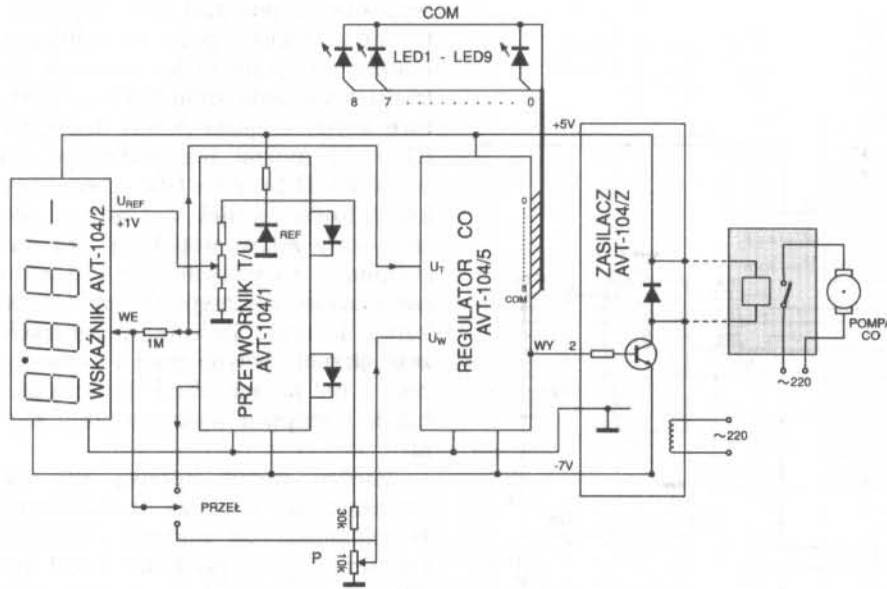
Montaż i uruchomienie

Układ należy zmontować na płytce drukowanej przedstawionej na wkładce. Zwróćmy uwagę, że US7 jest zasilany tylko napięciem ujemnym -7V i dlatego niezbędne są rezystory R14-R17. W większości przypadków rezystor R19 będzie zbędny - katody wszystkich LEDów można połączyć wprost do szyny -7V, bowiem prąd będzie ograniczony wysoką rezystancją wyjść układu 4028 zasilanego napięciem tylko 7V.

Montaż należy zacząć od wykonania pięciu zwór pod układami scalonymi oraz przewodowych połączeń z układem US7 (według rysunku 3). Następnie należy wlotować elementy bierne i układy scalone. Po kontroli poprawności montażu



Rys. 3. Rozmieszczenie elementów na płytce regulatora



Rys. 4. Połączenie modułu regulatora z innymi modułami systemu regulacji kotła CO

można połączyć moduł z przetwornikiem T/U i płytką wskaźnika z wyświetlaczem oraz dołączyć 9 lub 8 LEDów liniiki diodowej. Kolejnymi elementami, dołączonymi do regulatora, są trójpozycyjny przełącznik i potencjometr. Schemat połączeń pokazuje rysunek 4. Aby zakres nastawianych temperatur mieścił się w żądanym przedziale, trzeba połączyć szeregowo z potencjometrem jeden lub dwa rezystory. W modelu potencjometr jest zasilany ze źródła napięcia odniesienia 1,23V i przy jednym rezystorze szeregowym o wartości 30kΩ zakres nastawianych temperatur wynosi 0...30°C. Potencjometr ten może być z powodzeniem zasilany po prostu z napięcia +5V. Układ połączeń przełącznika trójpozycyjnego jest tak zaprojektowany, że w jednej skrajnej pozycji wskaźnik pokazuje temperaturę zewnętrzną (jeden z czujników umieszczony poza budynkiem), w drugiej skrajnej pozycji odczytujemy temperaturę nastawioną potencjometrem, natomiast w pozycji środkowej wskaźnik pokazuje temperaturę w mieszkaniu. Przed zamontowaniem w obudowie należy jeszcze dokonać ostatecznej kontroli poprawności działania modułu regulatora. Najpierw trzeba sprawdzić, czy przy regulacji potencjometrem nastawczym zmieniają się napięcia na wyjściach komparatorów z układu US1 (nóżki 1 i 7). Oscylator z US6 powinien pracować ciągle. Oscylator US2 powinien się zatrzymywać, gdy napięcie

na wejściu U_T jest bliskie napięciu na U_W . Do sprawdzenia działania można zwiększyć częstotliwości obu oscylatorów co najmniej o rząd wielkości (np. przez dolutowanie dodatkowych rezystorów 10kΩ równolegle do R13 i R10) oraz dołączyć diodę LED i rezystor zamiast przełącznika w zasilaczu. W skrajnych położeniach potencjometru powinny świecić odpowiednie skrajne diody LED. Przy równości napięć U_T i U_W można doprowadzić do świecenia jednej ze środkowych diod. Dla różnych diod powinien zmieniać się współczynnik wypełnienia impulsów świetlnych dołączonej diody LED symulującej przełącznik. W linii świetlnej można (jak w modelu) zastosować dwie skrajne diody czerwone, dwie następne żółte, pozostałe zielone. Przy dołączeniu wejść US2 do wyjść B, C, D US4 zastosujemy 8 diod i co najmniej połowa z nich (wskazujące mały współczynnik wypełnienia impulsów pompy) oraz ostatnia, informująca o 100% wypełnieniu, powinny być czerwone. Czerwone diody wskazywać będą wtedy konieczność odpowiedniej zmiany temperatury kotła.

Nie należy montować przełącznika na płytce zasilacza. Powinien on być umieszczony w małym, dobrze izolowanym pudełku w pobliżu pompy. W obudowie regulatora umieszczono jedynie gniazdo mini-JACK do połączenia z przełącznikiem za pomocą zwykłego, dwużyłowego przewodu. Doprowadzenie przewodu

WYKAZ ELEMENTÓW

AVT-104/5

Rezystory

R1, R3, R6, R8, R9: 6,8kΩ
R2, R4, R7, R14-R17: 120kΩ
R5, R10, R11, R12, R13: 1MΩ
R18: 510Ω
R19: według potrzeb 0...510Ω

Kondensatory

C1: 470nF
C2: dobierany np. 4,7nF
C3: dobierany np. 220nF
C4, C5: 100nF ceramiczne

Półprzewodniki

US1: TL 084 lub TL 074 (ew. LM 324)
US2: 4541
US3: 4011 (ew. 4093)
US4: 4029
US5: 4585
US6: 4060
US7: 4028

D1, D2: dowolne np BAV 17
T1: dowolny NPN np. BC 238
LED1-LED9: wg opisu w tekście

AVT-104/OR

obudowa regulatora z czerwoną szybką (jak na fotografii)
przełącznik trójpozycyjny jednoobwodowy
potencjometr z gałką
złącze mini-JACK
przewód sieciowy
obudowa na przełącznik

AVT-104/PC

koszulka termokurczliwa
przewód ekranowany 2mb
przewód montażowy tasiemka

do przełącznika i obwód zasilania pompy (220V) należy wykonać stosownie do potrzeb. Należy tu przypomnieć o starannym izolowaniu wszelkich obwodów o napięciu sieci 220V.

Piotr Górecki, AVT