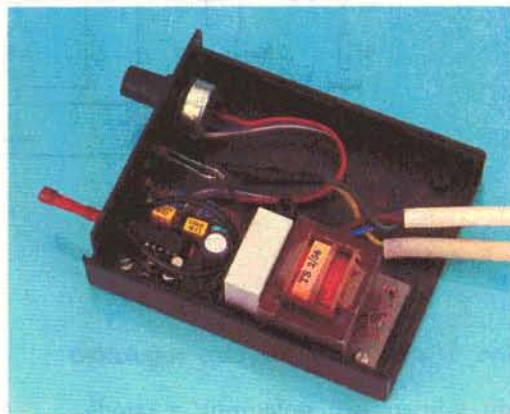
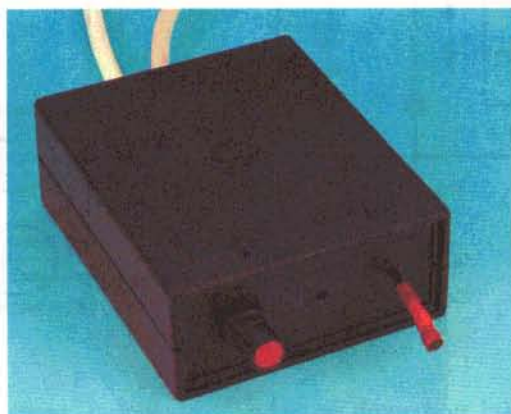


Domowy regulator temperatury

kit AVT-127



Układ dedykujemy tym wszystkim szczęśliwcom, którzy po otrzymaniu mieszkania w nowym budownictwie zimą, rano, po przebudzeniu sprawdzają, czy przy chuchnięciu pojawia się obłoczek pary.

Artykuł zawiera opis prostego i taniego regulatora temperatury o dobrych parametrach. Ten regulator, sterując piecyk elektryczny, może dopilnować, aby w piwnicy czy garażu temperatura nie spadła poniżej zera, może dogrzać łazienkę do przyzwoitej temperatury dwudziestu kilku stopni itd.

Przed opracowaniem tego układu autor przyjął następujące podstawowe założenia:

- bezwzględne bezpieczeństwo użytkownika,
- obciążalność powyżej 2kW,
- bardzo niski koszt wykonania.

Z pierwszego warunku wynika konieczność zastosowania transformatora sieciowego. Związane to jest z umieszczeniem czujnika temperatury na zewnątrz obudowy. Nie ma wtedy ryzyka porażenia przy dotknięciu metalowych części czujnika lub potencjometru.

Zastosowano transformator TS 2/56 o parametrach katalogowych 15V 0,1A.

Drugi warunek został spełniony przez użycie przekątnika RM 81/12V. Oczekiwana trwałość łączeniowa styku przy obciążeniu rezystancyjnym wynosi w przybliżeniu:

Pobc=1kW - 300 000 cykli

Pobc=2kW - 150 000 cykli

Pobc=3kW - 90 000 cykli.

Jeśli chodzi o trzeci warunek, to rzut oka na schemat (rys. 1) przekonuje, że najdroższymi elementami są przekątnik i transformator (a także sznur sieciowy i nasadka).

Przyjrzyjmy się bliżej schematowi elektrycznemu układu.

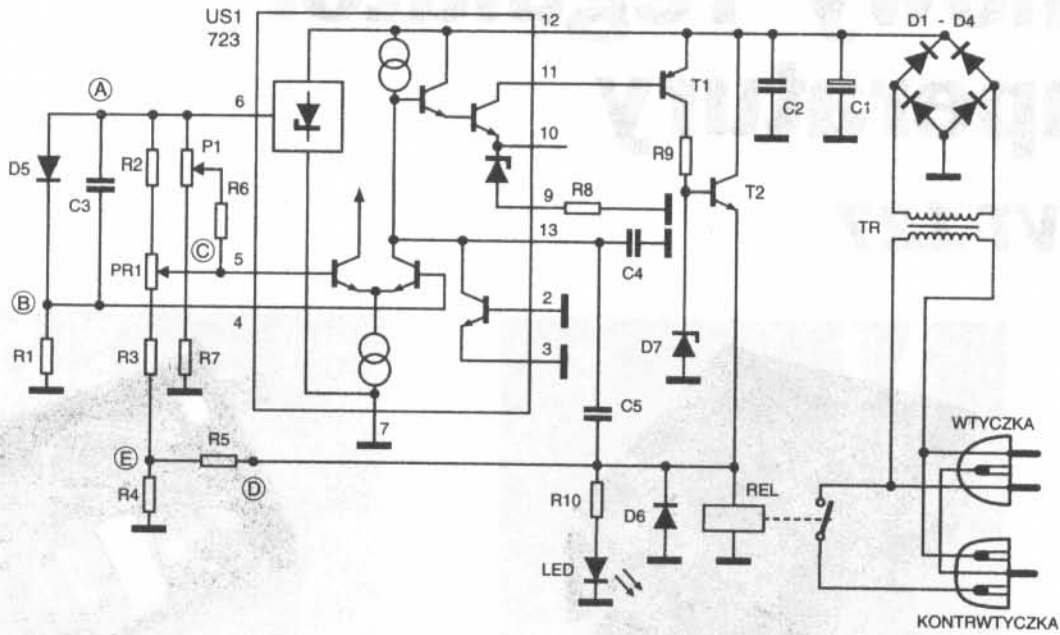
Czujnikiem temperatury jest pojedyncze złącze p-n (dioda lub tran-

zystor). Zastosowanie szeregowo połączonych kilku złącz dałoby większą czułość przetwarzania, skomplikowałoby jednak praktyczne wykonanie czujnika i utrudniłoby ewentualne skalowanie (przeprowadzane zwykle w wodzie). W modelu czujnikiem jest tranzystor w plastikowej obudowie TO-92 ze zwartymi ze sobą bazą i kolektorem (mogą to być dowolne tranzystory lub diody np: BC237, BC308, BC556, BAVP19 i in.).

Dołączony przewód powinien być ekranowany, a ekran w tym regulatorze należy zawsze łączyć z anodą „diody pomiarowej“ D5 (punkt A na rys. 1) - chodzi o dołączenie ekranu do punktu o małej rezystancji. Po przyłutowaniu przewodu, na takim „czujniku“ należy osadzić kilkucentymetrowy odcinek koszulki termokurczliwej (przez podgrzanie lutownicą lub nad zapalniczką).

W modelu przewód jest krótki, można go jednak wydłużyć - autor stosował przy próbach odcinek przewodu o długości około 1,5m. Nie należy tylko umieszczać czujnika wewnątrz obudowy - może się okazać, że regulator pilnuje, aby jedynie jemu w środku było ciepło.

Takie proste czujniki można oczywiście zastosować w układzie termometru-regulatora opisanego niedawno w EP. Wtedy ekran przewo-



Rys. 1. Schemat elektryczny regulatora

du winien być połączony z katodą czujnika.

Układ

Sercem regulatora jest popularny stabilizator 723. Należy użyć układu w obudowie DIL 14, a nie metalowej z ośmioma nóżkami; co prawda dadzą się one łatwo rozgiąć, ale ta wersja stabilizatora nie ma wyprowadzonej końcówki 9 (wyjście przez diodę Zenera 6,2V). Obie wersje mają też odmienną numerację końcówek.

Początkującym elektronikom przypomnijmy, że nóżka 6 tego układu to wyjście stabilizowanego napięcia odniesienia (typowo 7,15V). Końcówki 4 i 5 są wejściami wzmacniacza błędu.

Elementy dołączone do wejścia 5 umożliwiają dokładne ustawienie zakresu temperatur regulowanych. Z uwagi na rozrzut napięć czujnika, napięcia odniesienia i tolerancje rezystorów, zastosowano potencjometr montażowy PR1. Umożliwia on indywidualną kalibrację, służąc do „przesuwania skali” w stronę temperatur wyższych lub niższych. Przy ustalonych typowych wartościach P1 i R6, rezystor R7 umożliwia zawężenie zakresu regulacji.

Do konkretnego zastosowania należy założyć jaki zakres regulacji temperatury potencjometrem P1 jest nam potrzebny. Prześledźmy zatem procedurę doboru elementów.

Dla wartości podanych na schemacie przez R2 i PR1 płynie prąd o wartości około 61µA. Przyjmijmy do wstępnych obliczeń średnią temperaturę 15°C, co daje na czujniku około 660mV. W uproszczeniu można więc przyjąć, że między nóżkami 5 i 6 układu scalonego średnie napięcie będzie wynosiło także 660mV (pomijamy tu napięcie nierównoważenia). Wynika stąd wniosek, że przy prądzie 61µA rezystancja między końcówkami 5 i 6 (R2 i „kawalek” PR1) powinna wynosić ok 10,8kΩ (tu z kolei pomijamy prąd wejściowy końcówki 5). Uwzględniając R3 i R4 możemy obliczyć rezystancję widzianą z nóżki 5 - wynosi ona około 10kΩ. Takie przybliżenie zupełnie wystarczy do dalszych rozważań.

Jeśli chcemy uzyskać zakres regulacji np: +10...+20°C, znaczy to, że dla skrajnych położenia suwaka potencjometru P1 różnica napięć na nóżce 5 ma wynosić 2,2mV/C x 10°C = 22mV (2,2mV/C - współczynnik temperaturowy złącza p-n). I tu mamy dwie możliwości określenia rezystancji R6 i R7: pierwsza - R7 = 0 (zwarty), dobieramy R6 i druga - przyjmujemy typową wartość R6 (1MΩ) i dobieramy R7.

Ponieważ rezystancja dla prądu stałego widziana z końcówki 5 wynosi ok. 10kΩ, a zmiana napięcia ma być 22mV, więc zmiana prądu

płynącego przez R6 musi wynosić 2,2µA.

Dla wariantu pierwszego R6 będzie miał wartość 7,15V/2,2µA, czyli ok. 3,3MΩ.

Dla wariantu drugiego napięcie na P1 musi być 1MΩx2,2µA = 2,2V (ponieważ P1 ma wartość 10kΩ, prąd przez P1 będzie 0,22mA). Na R7 powinno być napięcie 7,15V - 2,2V = 4,95V, co przy prądzie 0,22µA daje wartość R7 około 22kΩ.

Na płytce drukowanej wykonane są otwory umożliwiające wlotowanie jako R7 nawet potencjometru montażowego - normalnie jest on jednak zwarty odcinkiem ścieżki; zakres regulacji przy R6 = 1MΩ wynosi wtedy ponad 30°C (także w zestawie AVT-127 R7 nie jest przewidziany).

Rezystory R4 i R5 wprowadzają dodatnie sprzężenie zwrotne. Ponieważ na przekaźniku występują jedynie napięcia 0 lub 12V, przez R5 może popłynąć co najwyżej 12V : 1MΩ = 12µA. Prąd ten wywoła zmiany napięcia na R4. Zmiany te, podzielone w dzielniku R2, PR1, R3 widziane będą w punkcie C jako napięcie dodatniego sprzężenia zwrotnego.

Jeśli więc chcemy uzyskać histerezę np. 1°C, to w punkcie C musimy mieć zmianę napięcia 2,2mV. Uwzględniając stosunek podziału dzielnika R2, PR1, R3 wynoszący 10,

należy tak dobrać R4, aby wyliczony wcześniej prąd $12\mu\text{A}$ wywołał w punkcie E zmiany napięcia - 22mV . Daje to wartość R4 około $1,8\text{k}\Omega$.

Trzeba powiedzieć, że histereza ta jest niezbędna. Przy jej braku duża czułość układu może spowodować przełączanie styków przekaźnika co $1...2$ sekundy. Styki wypalą się więc po około 100 godzinach pracy. Obecność histerezy w zależności od parametrów grzanego obiektu i grzejnika wydłuży czas cyklu przełączania go minut, a nawet godzin. Przykładowo dla cyklu równego 20 minut trwałość powinna wynieść około 6 lat nieprzerwanej pracy.

Autor wypróbował układ z $R4=220\Omega$ (histereza nieco ponad $0,1^\circ\text{C}$). Zalecane są jednak wartości większe, korzystne dla żywotności styku przekaźnika.

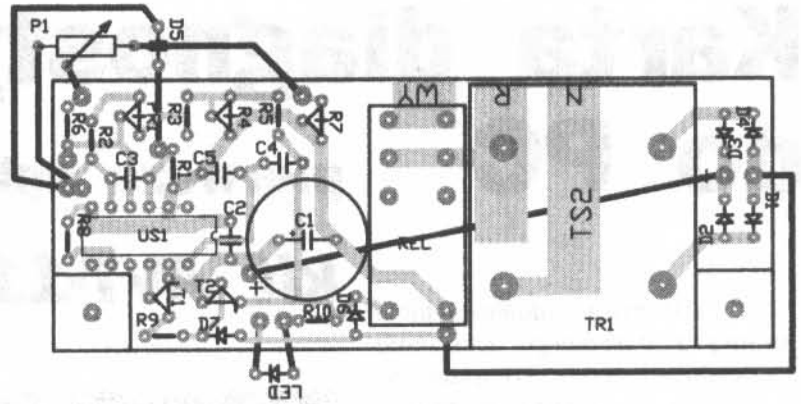
Kondensator C5 o stosunkowo dużej pojemności, dołączony do końcówki kompensacji (nóżka 13) stanowi filtr, który nie przepuszcza do układu wykonawczego ewentualnych zakłóceń z wejścia. Dodatkowo wraz z kondensatorem C4 tworzy pojemnościowy dzielnik lokalnego dodatniego sprzężenia zwrotnego, przyspieszający proces przełączania.

Elementy R9, D7, T2 ustalają napięcie na cewce przekaźnika bliskie nominalnemu. Daje to dwie korzyści. Po pierwsze, przekaźniki nie lubią zbyt wysokiego napięcia, a przecież moc rośnie z kwadratem napięcia. Po drugie, uzyskujemy stabilne napięcie dla pętli dodatniego sprzężenia zwrotnego. Bez takiej stabilizacji wahania napięcia zasilającego, przedostając się do pętli sprzężenia, zakłócałyby pracę regulatora.

Co wnikliwsi Czytelnicy zastanowią się zapewne, czy niewykorzystany tranzystor z układu scalonego nie mógłby pracować w obwodzie ograniczania napięcia na cewce przekaźnika. Pozwoliłoby to, w nieposkromionym dążeniu do maksymalnego uproszczenia, usunąć tranzystor T2. Niestety taki układ z trzema pętlami sprzężenia zwrotnego (w tym jednego ujemnego) łatwo się wzбудza, co mogłoby stworzyć spore problemy przy uruchamianiu.

Montaż

Montaż płytki pokazanej na rysunku 2 jest klasyczny, nie wymaga komentarza. Fotografia na początku artykułu prezentuje wnętrze gotowe-



Rys. 2. Rozkład elementów na płycie drukowanej

go regulatora. Po zamontowaniu wszystkich elementów należy izolowanym przewodem wykonać po stronie elementów dwie zwory łączące mostek zasilający z resztą układu. Zwory te należy starannie odsunąć o kilka milimetrów od części będących pod napięciem sieci (wyprowadzenia transformatora sieciowego).

Ostatnim ważnym wymaganiem jest solidne wykonanie obwodu prądu zmiennego. Duża część młodych elektroników nie miała chyba okazji do bliższego zapoznania się z efektami przepływu prądów rzędu 10A przez niestarannie wykonane złącza, jego wytopienie, czy wypalenie to typowe obrazki. O ile w układzie symulatora obecności (EP 12/93) przeznaczonego do sterowania mocami rzędu kilkudziesięciu watów można było stosować obudowę razem z gniazdkiem, o tyle opisywany regulator wymaga solidnego trzyżyłowego przewodu oraz wtyczki i kontrwtyczki z bolcem zerującym. Podczas montażu nie wolno zapomnieć o połączeniu obwodu zerowania (uziemienia) wtyczki i nasadki odbiorczej.

Regulacja potencjometrem montażowym PR1 powinna spowodować przełączanie. Gdy przełączanie nie następuje należy najpierw skontrolować napięcie odniesienia (punkt A); powinno wynosić $7,15 \pm 0,4\text{V}$. Następnie włączyć miernik między punkty B i C - podczas regulacji PR1 napięcie powinno przybierać wartości dodatnie i ujemne - przekaźnik powinien przełączać podczas przechodzenia przez zero. Następnie należy skontrolować napięcie na nóżce 13 - powinno zmieniać się od ok. 6V wzwyż.

Uwaga - pomiary napięć w punktach B i C w stosunku do

masy lub końcówki 6 będą obarczone błędem zależnym od rezystancji wewnętrznej użytego miernika.

Kalibracja

Głównym elementem do kalibracji jest PR1. Pozostałe elementy (R4, R6, R7) można z wystarczającą dokładnością obliczyć. Można kalibrować początkowy i końcowy punkt na skali. W tego typu przyrządzie wystarczające wydaje się ustawienie PR1 „na oko” i sprawdzenie jednego punktu skali przy użyciu jakiegoś termometru. W większości przypadków skala nie będzie w ogóle potrzebna, jednak jeśli ktoś chciałby ją wykreślić, użyje zapewne kartki, którą po przyklejeniu i wyskalowaniu polakieruje.

Piotr Górecki, AVT

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

- R1: $10\text{k}\Omega$
- R2, R8: $5,1\text{k}\Omega$
- R3: $100\text{k}\Omega$
- R4: dobierany, patrz tekst ($1\text{k}\Omega$)
- R5, R6: $1\text{M}\Omega$
- R7: patrz tekst ($1\text{k}\Omega$)
- R9, R10: $1\text{k}\Omega$
- PR1: $10\text{k}\Omega$, potencjometr montażowy

Kondensatory

- C1: $470\mu\text{F}/40\text{V}$
- C2, C4: 100nF ceramiczny
- C3, C5: 470nF

Elementy półprzewodnikowe

- D1-D4, D6: dowolne, np. BAV17
- D5: patrz tekst
- D7: dioda Zenera 13V
- T1: tranzystor PNP np. BC307
- T2: tranzystor NPN np. BC237
- US1: stabilizator $\mu\text{A}723$

Różne

- REL: przekaźnik RM 81 12V
- TR: transformator TS 2/56