

REGULATOR TEMPERATURY Z TERMOPARA

Temperatura ma znaczny wpływ na niektóre właściwości materiałów, co umożliwia jej pomiar przy zastosowaniu różnorodnych metod wyróżniających się prostotą konstrukcji pomiarowych i metody postępowania. Elementem pomiarowym w proponowanym przez nas układzie jest termopara, która umożliwia pomiar temperatury w zakresie od -200°C do 2000°C . Działanie termopary polega na wykorzystaniu zjawiska powstawania siły elektromotorycznej w obwodzie utworzonym z dwóch różnych metali, w którym obie spiny metali się umieszczone w różnych temperaturach – jedna w temperaturze mierzonej a druga w temperaturze odniesienia. Powstająca siła elektromotoryczna nazywa się siłą termoelektryczną. Zależność siły termoelektrycznej od temperatury pokazana jest w tabeli.

Termopary żelazo-konstantan używamy do pomiaru temperatur w zakresie do kilkuset $^{\circ}\text{C}$. Przy 600°C zaczyna utleniać się konstantan i w związku z tym w tej temperaturze trwałość termopary wynosi tylko około 1000 godzin.

Praca układu wejściowego regulatora (rysunek) polega na porównaniu napięcia zadanego potencjometrem P z napięciem uzyski-

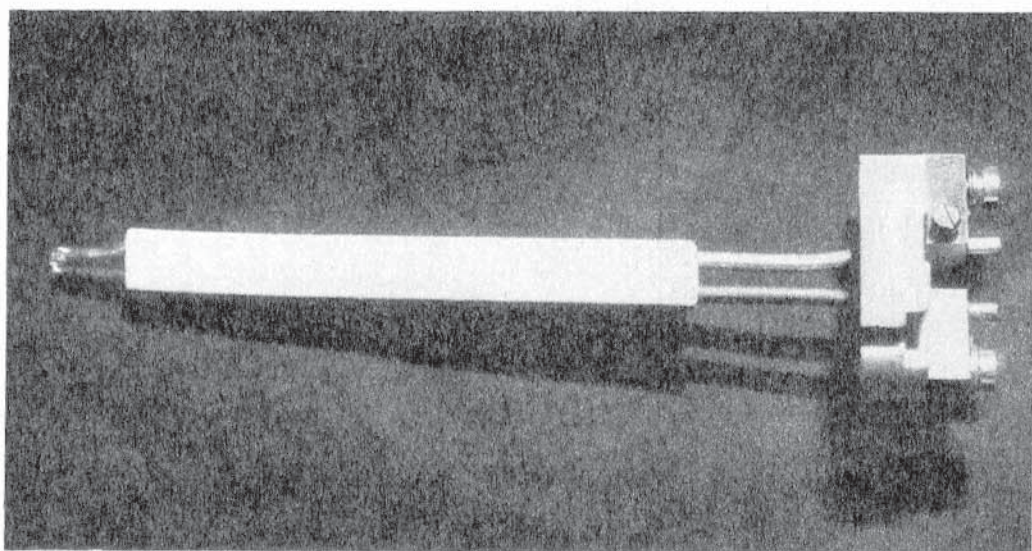
Zależność siły termoelektrycznej od temperatury

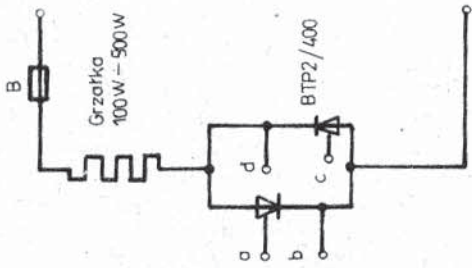
Temperatura spiny ($^{\circ}\text{C}$)	Termopara	
	Żelazo konstantan	miedz konstantan
-200	-8,27	-5,53
-100	-4,82	-3,49
0	0	0
100	5,40	4,27
200	10,99	9,28
300	16,56	14,85
400	22,07	20,86
500	27,58	
600	33,27	
700	39,30	
800	45,72	
900	59,29	
1000	58,22	

wanym z termopary. Przy zrównaniu się tych napięć zostaje przesterowany wzmacniacz W1 i w konsekwencji wysterowanie wzmacniacza W2. Zmiana polaryzacji napięcia wyjściowego wzmacniacza W2 powoduje zablokowanie układu sterującego tyristory.

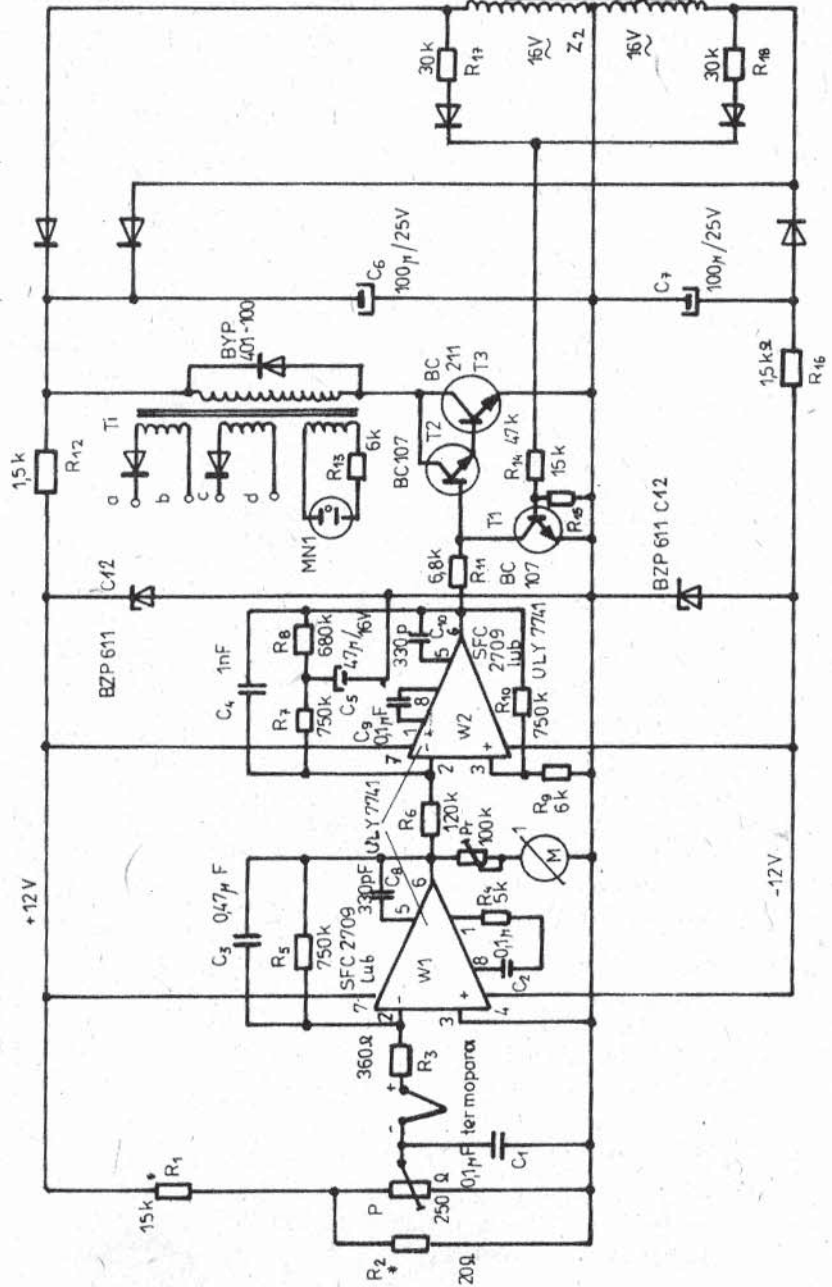
Wzmacniacz W1 pracuje w układzie inercyjnym. Inercję uzyskuje się przez równoległe dołączenie pomiędzy wejście i wyjście kondensatora C_3 i rezystora R_5 . Charakterystyczną cechą takiego układu jest wykładni-

Termopara wykonana przez autora artykułu





Przekrój rdzenia 4 cm²
 Z₁ 2*100 zw φ 0,12
 Z₂ 2*180 zw φ 0,35
 Diody - Bx-BYP 401 - 100



czy wzrost napięcia wyjściowego. Jeżeli sygnał sterujący będzie trwał dostatecznie długo, to napięcie wyjściowe praktycznie osiągnie wartość napięcia zasilania. Obniża się przez to częstotliwość zmian napięcia na wyjściu wzmacniacza przy zwiększonej dokładności działania.

Wzmacniacz W2 pracuje w układzie proporcjonalnie całkującym (R_7, R_8, C_5). W układzie tym przy przesterowaniu występuje skok napięcia do wartości bliskiej napięcia zasilania a następnie napięcie wyjściowe maleje do zera. Układ całkujący zwiększa liczbę załączeń regulatora i przez to zmniejsza uchyb temperatury. W układzie uzyskano 0,5% dokładności działania, co przy 500°C daje błąd wielkości $\pm 2,5^\circ\text{C}$. Na wyjściu wzmacniacza W1 znajduje się miernik wskazujący uchyb temperatury w zakresie $\pm 40\%$ ustawiany potencjometrem Pr. Wzmacniacz W2 steruje układem Darlingтона złożonym z tranzystorów T2 i T3. Układ ten jest kluczowany tranzystorem T1 w celu włączania tyrystorów w momencie przejścia przez zero napięcia sieciowego (zasilającego grzałkę). Włączenie tyrystora w takim momencie wpływa bardzo korzystnie na jego pracę. Szczególnie groźne jest włączenie tyrystora w obwodzie zawierającym małą rezystancję jaką stanowi nierozgrzana spirala grzejnika. Najgroźniejsze jest włączenie grzałki w chwili maksymalnej wartości chwilowej napięcia zasilającego, bo występuje wtedy duży skok wartości prądu w obwodzie i w konsekwencji może dojść do uszkodzenia struktury tyrystora. W maksimum przyrost prądu jest największy, natomiast w okolicach zera, przyrost prądu limitowany jest szybkością narastania sinusoidy napięcia a więc jest to przyrost niewielki.

Jeżeli mierzona temperatura, np. w piecu, jest za niska na wyjściu wzmacniacza W2 pojawia się dodatnie napięcie sterujące tranzystory T2 i T3. Tranzystor T1 włączany jest na 9,5 ms a wyłączany na 0,5 ms. Tranzystor T1 pracuje w układzie klucza sterowanego z prostownika dwupołówkowego. W czasie 0,5 ms, gdy zatrzaskany jest tranzystor T1, tranzystory T2 i T3 pracują krótkimi impulsami (0,5 ms). W związku z tym transformator Ti należy wykonać tak, aby nie zniekształcał impulsu. Transformator ten powinien mieć niewielką liczbę zwojów: uzwojenie pierwotne – 80 zw. drutu o średni-

cy 0,35 mm a wtórne – 40 zw. drutu $\varnothing 0,4$ mm. Zbyt duża liczba zwojów powoduje zniekształcenie impulsu. Natomiast zbyt mała może być niewystarczająca do przekazania energii do obwodu bramkowego tyrystora. Transformator ten może być znacznie przeciążony ponieważ pracuje tylko przez 0,5 ms a przez następne 9,5 ms jest wyłączony. Ponieważ obwód bramkowy tyrystora do niezawodnego załączania wymaga tylko mocy 5 W, to transformator impulsowy powinien mieć przekrój kolumny środkowej około 1 cm^2 . Na transformatorze Ti nawinięte jest też uzwojenie neonówki sygnalizującej załączenie tyrystorów. Uzwojenie to ma 400 zwojów nawiniętych drutem $\varnothing 0,1$ mm. Dru-ga neonówka sygnalizuje napięcie w sieci.

Wykonanie termopary

Na płótnie ściernym trzemy na proszek węgielek wyjęty ze starej baterii. Proszek węglowy wysypujemy do tygielka, na dnie którego umieszczamy końcówkę przewodu elektrycznego. Następnie skręcamy ze sobą przygotowane druty (o średnicach 0,2–0,6 mm) na termoparę, na długości 2–3 mm. Obydwa skręcone druty chwytamy izolowanymi płaskoszczypami, do których podłączamy drugi przewód. Przewód z tygielka i przewód od płaskoszczypów, dołączamy do transformatora, na którym ustawiamy napięcie około 90 V. Teraz ostrożnie dotykamy skręconymi przewodami do proszku i po rozgrzaniu szybko wyjmujemy stopione druty, które powinny być zakończone kuleczką. Jeżeli nie ma kulki, a nawet śladu zgrzania, próbę ponawiamy. Po kilku próbach można dojść do takiej wprawy, że prawie każda termopara będzie dobrze zgrzana. Druty na termoparę muszą mieć długość kilkunastu centymetrów, bo przy zbyt krótkich przewodach termopara może nie działać, tzn. nie wystąpi różnica temperatury między spoiną a „zimnymi” końcami.

Uwaga: Przy spawaniu należy zachować wszelkie środki ostrożności w postaci przyciemnionych okularów i izolowanych płaskoszczypów z izolacją na 500 V. **Napięcie 90 V jest niebezpieczne.** Spawanie jest typu łukowego a więc może nastąpić porażenie wzroku. Dlatego mając na uwadze te dwa elementy zagrożenia należy postępować poważnie przy wykonywaniu termopary.

Antoni Białoszewski