

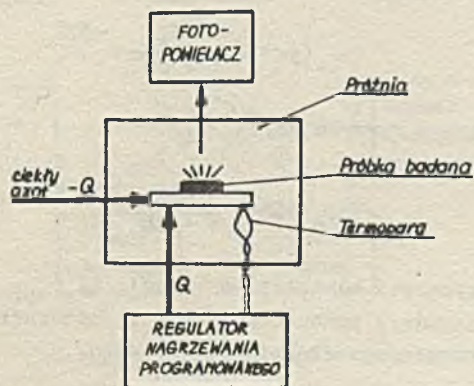
Jurand Sobozyk

Instytut Konstrukcji i Technologii
Urządzeń Automatyki i ElektronikiKONCEPCJA BUDOWY
ELEKTRONICZNEGO REGULATORA NAGRZEWANIA PROGRAMOWANEGO

Streszczenie. W niniejszej pracy przedstawiono zasadę działania i szkic analizy regulatora nagrzewania programowanego. Rozpatrzono różne metody budowy generatorów z długim czasem narastania napięcia oraz podano schemat ideowy i opis techniczny wykonanego regulatora.

1. Wstęp

W badaniach nad termoluminescencją i emisją elektronową zachodzi konieczność liniowego grzania badanych próbek, z różną prędkością i w szerokim przedziale temperatur ($80^{\circ}\text{K} \div 700^{\circ}\text{K}$). W zakresie niskich temperatur ($80^{\circ}\text{K} \div 300^{\circ}\text{K}$) wykorzystuje się zjawisko parowania ciekłego azotu kosztem energii pobieranej od piecyka, na którym usytuowana jest badana próbka. Nad próbką umieszczoną w próżni, zamontowany jest fotopowielacz służący do rejestracji wydzielanego promieniowania. Rys. 1 objaśnia budowę stanowiska badawczego.



Rys. 1. Stanowisko do badań nad termoluminescencją

Spełnienie wymagania liniowego wzrostu temperatury badanej próbki jest trudne do zrealizowania za pomocą prostych metod, a wykorzystanie osłowiek jako regulatora jest uciążliwe i nie daje pozytywnych rezultatów.

Zastosowanie regulatora nagrzewania programowanego eliminuje osłowiek z procesu utrzymywania stałej, zadanej prędkości wzrostu temperatury próbki, dając przy tym wystarczającą dokładność dla tego typu badań.

2. Opis ogólny

Regulator nagrzewania programowanego zbudowano w oparciu o zamknięty układ regulacji z regulatorem typu P. Ciągła regulacja proporcjonalna należy do najczęściej używanych w tego typu urządzeniach [2], [4]. Zaletą takiego rozwiązania jest taniość i pewność działania, przy dostatecznie dużej dokładności w utrzymywaniu żadanego charakteru przebiegu temperatury wyjściowej obiektu cieplnego. Pod względem dynamicznym, cechą charakterystyczną obiektu cieplnego jest występowanie rzeczywistego opóźnienia i dużej stałej czasowej. W przybliżeniu funkcja przejścia obiektu cieplnego może być zapisana w postaci:

$$F(p) = \frac{K}{1 + pT} e^{-pT_0}$$

Zastosowanie regulatora typu P o wzmożeniu KK_r daje funkcję przejścia otwartego układu:

$$F_0(p) = \frac{KK_r}{1 + pT} e^{-pT_0}$$

Charakterystyka amplitudowo-fazowa otwartego układu ma postać:

$$F_0(j\omega) = \frac{KK_r}{1 + j\omega T} e^{-j\omega T_0}$$

Po przekształceniu otrzymujemy:

$$F_0(j\Omega) = \frac{KK_r}{1 + j\Omega} e^{-j\Omega \cdot \frac{T_0}{T}}$$

Obliczenie optymalnej wartości kombinacji KK_r opt ekstremalizującej wybrane kryterium jakości, przeprowadza się na podstawie znajomości parametru T_0/T charakteryzującego właściwości obiektu.

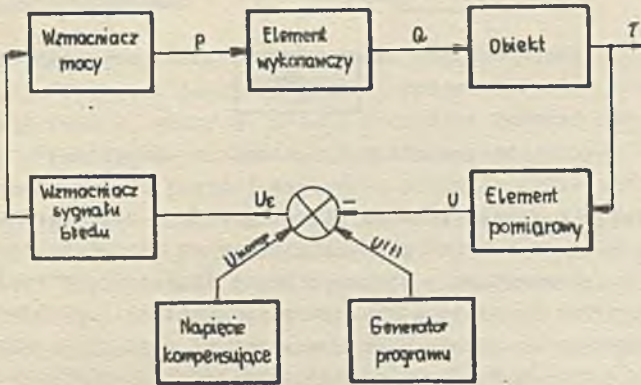
Optymalną wartość wzmożenia regulatora $K_r \text{ opt}$ określa się ze wzoru:

$$K_r \text{ opt} = \frac{KK_r \text{ opt}}{K}$$

Szczegółową analizę problemu, podanie kryteriów jakości oraz doboru optymalnych nastaw regulatora proporcjonalnego zawiera pozycja [5].

Schemat blokowy opisywanego regulatora nagrzewania programowanego przedstawia rys. 2. Obiektem w opisywanym przypadku jest konstrukcja mechaniczna (piecyk) z wydzielonym miejscem na badaną próbkę. W pobliżu próbki umocowany jest element pomiarowy (termopara), a we wnętrzu piecyka element wykonawczy (grzejnik). Z uwagi na wymagany zakres temperatur i szerokie rozpowszechnienie zastosowano termoparę Fe-Konstantan. W przypadku grzania w zakresie niskich temperatur, do skompensowania początkowego napięcia termopary (wolne końce termopary mają temperaturę otoczenia), służy napięcie kompensujące.

Generator programu jest źródłem napięcia liniowo narastającego z regulowaną prędkością narastania. Przy założeniu prędkości narastania około $0,1^\circ\text{C/s}$ i zakresu grzania od 20°C – 400°C , czas trwania procesu liniowego narastania napięcia przekracza 1 godz. Realizacja praktyczna tego warunku jest jednakże dość trudna. Stosowanie układów z wykorzystaniem linearyzacji ładowania kondensatora przy pomocy dodatniego sprzężenia zwrotnego nie jest celowe. Osiąga się wprawdzie wymagany czas trwania, lecz otrzymane rezultaty nie są powtarzalne. W pracy [1] generator napięcia liniowego zbudowano wykorzystując obwód RC ze wzmacniaczem z lampą elektrometryczną.

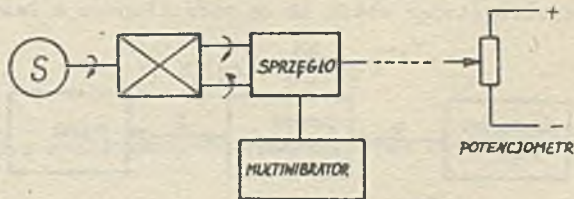


Rys. 2. Schemat blokowy regulatora nagrzewania programowanego

Stała czasowa obwodu RC = 13,9 godz.1 ($C = 0,5 \mu F$, $R = 100 G\Omega$). Rozwiązanie takie wprowadzi ideoowo bardzo proste, narzuca jednak wyjątkowo wysokie wymagania na jakość użytych elementów i stałość izolacji.

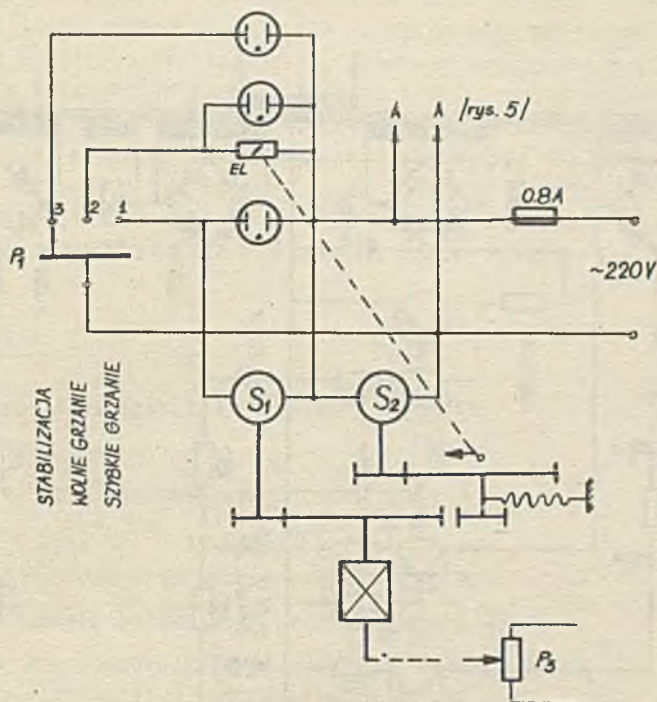
Inne rozwiązanie generatora napięcia liniowo narastającego wymaga zastosowania silnika krokowego sterowanego multiwibratorem astabilnym. Określona zmiana częstotliwości multiwibratora, wywołuje wymaganą zmianę prędkości kątowej wału silnika, sprzęgniętego poprzez przekładnię zębatą z osią suwaka potencjometru, dając tym samym zmianę prędkości narastania napięcia. Praca [3] zawiera opis ciekawego rozwiązania generatora programu, którego schemat blokowy przedstawia rys. 3. Silnik synchroniczny wirujący ze stałą prędkością obrotową, napędza przekładnię zębatą z dwoma wyjściami o przeciwnych kierunkach obrotów. Multiwibrator astabilny z regulowanym współczynnikiem wypełnienia impulsu, steruje włączaniem i wyłączaniem sprzęgła elektromagnetycznego. Przy założeniu stałej prędkości obrotowej silnika synchronicznego, prędkość wzrostu napięcia jest wprost proporcjonalna do współczynnika wypełnienia impulsu.

Coraz większa łatwość uzyskania obwodów scalonych, umożliwiła budowę prostych w realizacji generatorów napięcia schodkowego o długim czasie narastania napięcia, przy użyciu przetworników cyfrowo-analogowych sterowanych generatorem impulsów. Zmiana częstotliwości powstawania impulsów wejściowych wpływa bezpośrednio na zmianę prędkości wzrostu napięcia. Rozwiązania takie są proste, o małych wymiarach zewnętrznych i pozbawione charakterystycznych wad urządzeń elektromechanicznych.



Rys. 3. Schemat blokowy generatora programu z 3

Dla prostoty i łatwości uzyskania elementów w opisywanym regulatorze nagrzewania programowanego, generator programu zbudowany jest w oparciu o konstrukcję mechaniczną z wykorzystaniem liniowego potencjometru, zasilanego stabilizowanym napięciem stałym. Dwa silniki synchroniczne małej mocy, przełączane za pomocą elektromagnesu E_1 napędzają suwak potencjometru za pośrednictwem wielostopniowej przekładni zębatej. Możliwe są dwie prędkości suwaka potencjometru: 1 obrót w ciągu 78 min lub 7,8 min. Schemat ideowy generatora programu przedstawia rys. 4.

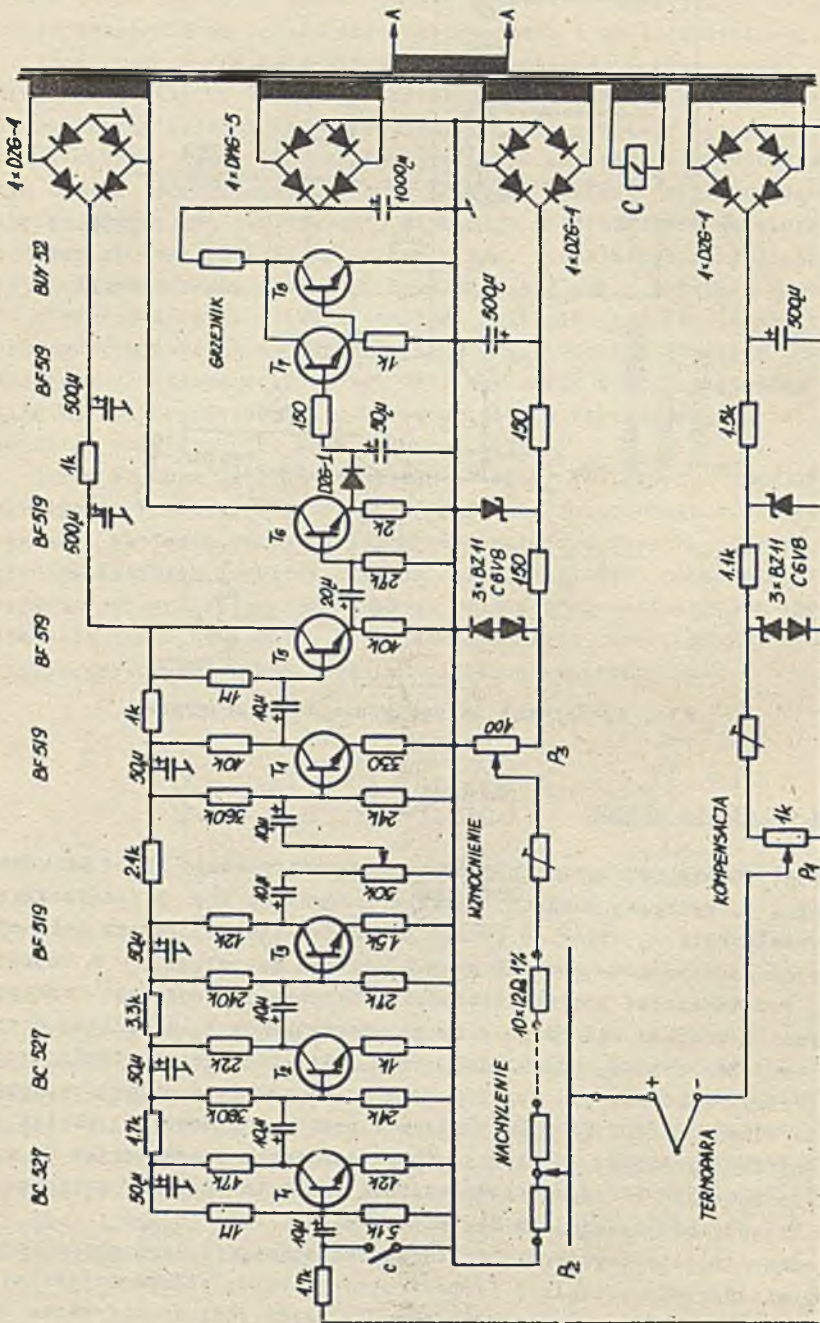


Rys. 4. Schemat ideowy generatora programu

3. Opis działania układu

Schemat ideowy regulatora nagrzewania programowanego RNP-1 przedstawiono na rys. 5. Wymaganą prędkość grzania programuje się przełącznikami P_1 i P_2 . Przełącznik P_1 służy do zmiany prędkości kątowej suwaka potencjometru, dając w pozycji 1 - 1 obrót na 7,8 min i w pozycji 2 - 1 obrót na 78 min. Przedstawione powyżej wartości, stanowią jednocześnie maksymalny czas trwania procesu liniowego grzania. Przełącznik P_2 umożliwia nastawienie 10 wartości napięć, odpowiadających różnym temperaturom końcowym badanej próbki. W rezultacie tego, regulator nagrzewania programowanego umożliwia stosowanie 20 różnych programów grzania. W dowolnej chwili procesu liniowego grzania, możliwe jest przestawienie przełącznika P_1 w pozycję 3, co powoduje zatrzymanie generatora napięcia liniowo narastającego i stabilizację temperatury na danym poziomie.

Różnica napięcia zadanego, liniowo narastającego i napięcia z termopary, odpowiadającego aktualnej temperaturze obiektu, podawana jest na wejście wzmacniacza błędów. Wzmacniacz sygnału błędów jest wzmacniaczem prądu stałego z przetwarzaniem i maksymalnym wzmocnieniem ok. 10^5 V/V. Zbudowano go na tranzystorach T_1 i T_5 . Zastosowanie tranzystora T_6 w układzie jak



Rys. 5. Schemat ideowy regulatora nagrzewania programowanego

na rys. 5 umożliwia zrealizowanie wzmacniacza prądu stałego reagującego na napięcie wejściowe jednej polaryzacji (w opisywanym przypadku dodatniej). Napięcie z emitera tranzystora T_6 podawane jest poprzez diodę zabezpieczającą na kondensator elektrolityczny i dalej przez opornik na bazę tranzystora T_7 sterującego tranzystorem mocy T_8 . W obwodzie kolektora tranzystora mocy T_8 włączony jest grzejnik o minimalnej dopuszczalnej oporności 12Ω . Maksymalna moc grzania około 90 W. Do stabilizacji napięć zasilających potencjometry P_1 i P_2 zastosowano dwa niezależne dwustopniowe stabilizatory parametryczne z kompensacją wpływu temperatury.

4. Dane techniczne

1. Zakres temperatur grzania: $-200^{\circ}\text{C} \div +20^{\circ}\text{C}$
 $+20^{\circ}\text{C} \div +400^{\circ}\text{C}$
2. Prędkość wzrostu temperatury:
 $0,009^{\circ}\text{C/s} \div 0,09^{\circ}\text{C/s}$ w 10 podzakresach
 $0,09^{\circ}\text{C/s} \div 0,9^{\circ}\text{C/s}$ w 10 podzakresach
3. Liniowość wzrostu temperatury próbki - lepsza od 5%
4. Maksymalna moc doprowadzona do grzejnika - około 90 W
Maksymalny dopuszczalny prąd grzejnika 3A
Napięcie zasilające grzejnik - około 32V
5. Możliwość współpracy z różnymi rodzajami termopar
6. Szybki powrót do stanu wyjściowego.

5. Uwagi końcowe

Opisany regulator nagrzewania programowanego RNP-1 został zrealizowany w Katedrze Elektroniki Politechniki Śląskiej. Przeprowadzone próby praktyczne w Katedrze Fizyki Doświadczalnej WSP w Opolu, potwierdziły pełną przydatność urządzenia do badań nad termoluminescencją.

LITERATURA

1. Błożewin W.W. - Pribor dla równomiernego nagriewa małych obrazow. Pribory i technika eksperymentu. Nr 5/1967, str. 251.
2. Wiengierowkij L.W., Wajnsztiejn A.H. - Sistemy termostatirowania w radioelektronice. - Biblioteka po radioelektronice. Wypusk 20. 1969 r.
3. Mikołajski L. - Programowany zadajnik temperatury. Praca przejściowa w Katedrze Elektroniki Pol. Śl. 1971 r.

4. Hahn S., Kuński R. - Termostaty elektroniczne. Warszawa 1968 r.
5. Findeisen Wł. - Technika regulacji automatycznej. Warszawa 1965 r.

Rękopis złożono w Redakcji w dniu 8.IX.1971 r.

РЕГУЛЯТОР ПРОГРАММНОГО ПОДОГРЕВА

Р е з ю м е

В настоящей работе представлены принцип действия и попытка анализ регулятора программного подогрева. Рассматриваются разные методы постройки генераторов обладающих большими временами нарастания напряжения и обсуждается принципиальная схема и техническое описание изготовленного регулятора.

PROGRAMMEABLE HEATING REGULATOR

S u m m a r y

Operating principle and short analysis of the programmeable heating regulator are described as well as circuit diagram and details of its construction. Various types of linear voltage generators with long time of rise are also considered.