

W. Śmiga<sup>1</sup>, Cz. Kuś<sup>1</sup>

## Przyrząd z programowaną regulacją różnicy temperatury

### WSTĘP

Przedstawiony poniżej przyrząd z programowaną regulacją różnicy temperatury jest wykorzystywany przy badaniach zależności siły termoelektrycznej na powierzchniach (z elektrodami) próbki, współczynnika Seebecka funkcji temperatury średniej, przewodnictwa i przenikalności elektrycznej funkcji temperatury.

Warunkiem pomiaru współczynnika Seebecka jest, aby różnica temperatur na powierzchniach bocznych próbki  $\Delta T$  zmieniała się w czasie pomiaru, przy stałej temperaturze średniej próbki. Przy pomiarach tak przewodnictwa elektrycznego, jak i przenikalności elektrycznej funkcji temperatury wymagane jest, aby różnica temperatur  $\Delta T$  między powierzchniami próbki pozostawała stała - równa zero, przy jednoczesnej liniowej zmianie w czasie temperatury średniej.

Ręczna regulacja temperatury, zwłaszcza przy pomiarach współczynnika Seebecka, jest bardzo uciążliwa - dlatego też

---

<sup>1</sup> Instytut Fizyki WSP, ul. Podchorążych 2, 30-084 Kraków.

autor rozwiązania przedstawionego w pracach [1,2] zbudował przyrząd, który w znacznym stopniu zautomatyzował pomiary. Urządzenie to posiadało układ sterujący procesem pomiarowym składający się między innymi z kompensatora, galwanometru, silników napędzających potencjometry wieloobrotowe i bloku sterowania. Przyrząd przedstawiony w pracy [1] i opatentowany [2] umożliwia wprawdzie częściową automatyzację, posiada jednak dużo części mechanicznych, co wpływa niekorzystnie na jego niezawodność oraz nie pozwala na uzyskanie dużej stałości temperatury. Aby wyeliminować ww. wady opracowano i wykonano w Instytucie Fizyki WSP w Krakowie niżej przedstawiony przyrząd.

#### BUDOWA I ZASADA DZIAŁANIA REGULATORA

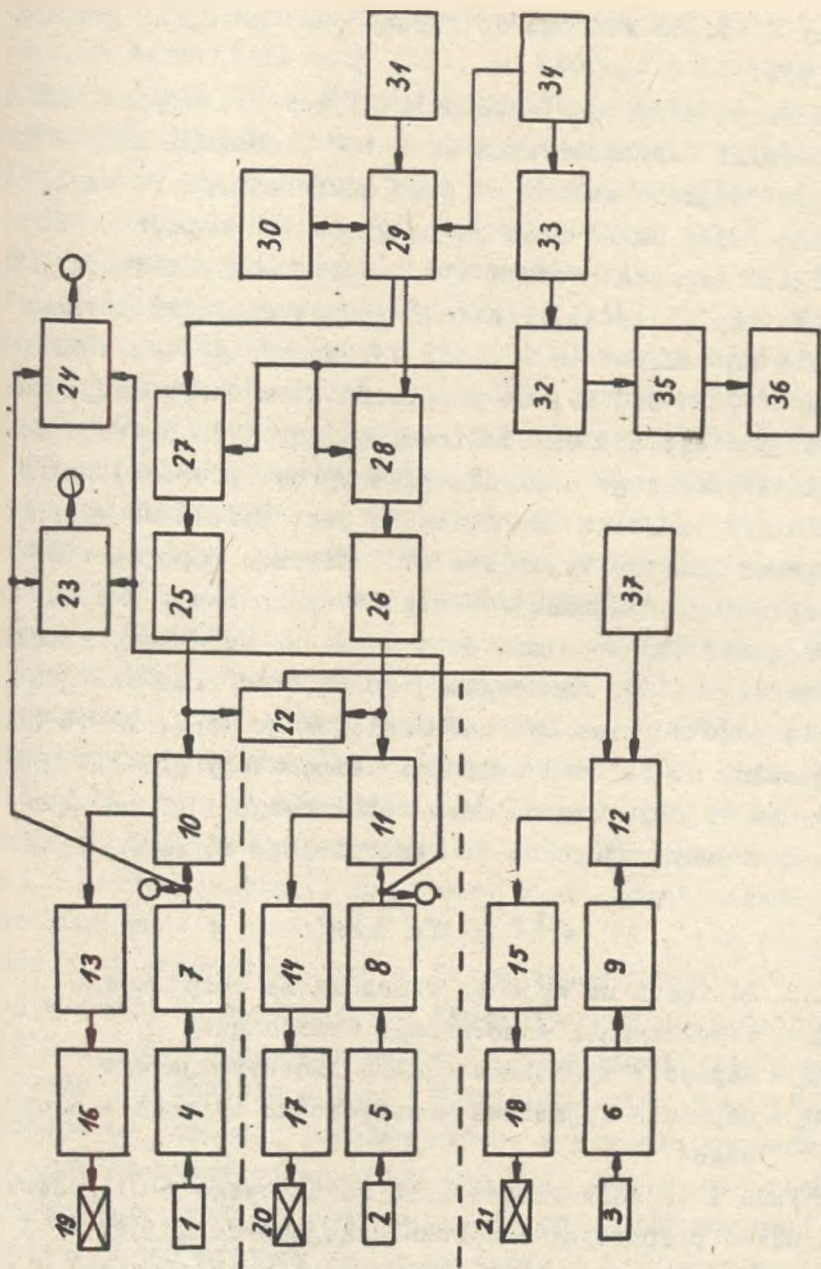
Programowany regulator temperatury składa się z trzech oddzielnych kanałów regulacji (grzałek: dolnej, górnej i głównej), nadajnika programu oraz układów algebraicznych realizujących operacje:

---

Schemat blokowy przyrządu przedstawiono na rysunku 1.

Kanały regulacji grzałek dolnej i górnej są identyczne, dlatego też poniżej zostanie omówiony przykładowo kanał regulacji grzałki górnej.

W skład kanału regulacji grzałki górnej wchodzi: opornik termometryczny (1), przewód rezystancja-napięcie (4), układ linearyzujący (7), wzmacniacz różnicowy (10), układ proporcjonalno-różniczkująco-całkujący (P I D) (13), wzmac-



Rys. 4. Schemat bloków: 1, 2, 3 - oporniki termometryczne, 4, 5, 6 - przetworniki rezystancja - napięcie, 7, 8, 9 - człony linearyzujące, 10, 11, 12 - wskaźnice odśrodkowe, 13, 14, 15 - bloki P i D, 16, 17, 18 - wskaźniki mocy, 19 - grzałka górna, 20 - wskaźnik, 21 - grzałka dolna, 22 - grzałka górna, 23 - blok algebraiczny T, dane, 24 - blok algebraiczny T, 25 - blok algebraiczny  $\Delta$  i rzeczywista, 26 - przedtwarzacz, 27 - generator, 28 - rejestr, 29 - dekodery 1 i 2 na BCD, 30 - licznik pomocniczy, 31 - generator, 32 - rejestr, 33 - dekodery 1 i 2 na BCD, 34 - klawiatura, 35 - dekodery siedmiosektorowe, 36 - wyświetlacz, 37 - układ napięcia odniesienia, W - wyjście analogowe

niacz mocy (16), do którego dołączony jest grzejnik grzałki górnej (19).

W wykonanym przyrządzie czujnikami temperatury są miniaturowe oporniki termometryczne PT - 100 produkcji MERA - KFAP. Rezystancja czujnika zależy od jego temperatury. Ze względu na fakt, że dalej układ pracuje na sygnałach napięciowych, za opornikiem termometrycznym (1) zastosowano przetwornik R rezystancja-napięcie (4). Ponieważ jednak oporniki termometryczne nie są całkowicie liniowe w wykorzystywanym zakresie temperatur (300 - 900 K), za przetwornikiem rezystancja-napięcie (4) zastosowano układ linearyzujący (7). Na wyjściu układu linearyzującego napięcie jest wprost proporcjonalne do temperatury czujnika (napięcie to jest dodatkowo wyprowadzane poprzez gniazdo wyjściowe (W), mierząc jego wartość znamy temperaturę czujnika). Napięcie wyjściowe z członu linearyzującego (7) podawane jest na jedno wejście wzmacniacza różnicowego (10), na drugie jego wejście podawane jest napięcie z przetwornika cyfrowo-analogowego (25), które jest proporcjonalne do zadanej wartości temperatury grzałki górnej (19). Na wyjściu wzmacniacza różnicowego (10) pojawia się napięcie proporcjonalne do wzmocnionego sygnału błędu

gdzie:  $U$  - napięcie na wyjściu wzmacniacza różnicowego

$k$  - współczynnik wzmocnienia wzmacniacza

$U_p$  - napięcie wyjściowe członu linearyzującego

$U_z$  - napięcie wyjściowe przetwornika cyfrowo-analogowego

Sygnał błędu z wyjścia wzmacniacza różnicowego (10) podawany jest na układ proporcjonalno-różniczkująco-całkujący (P I D) (13). Zasada działania układu P I D jest przedstawiona w pra-

cach [3 i 4]. Sygnał wyjściowy z członu P I D (13) podawany jest na wzmacniacz mocy (16), do którego dołączona jest grzałka górna (19). Zmiana temperatury zadanej powoduje powstanie sygnału błędu na wyjściu wzmacniacza różnicowego (10) a tym samym zmianę mocy grzałki (19). Identycznie działa kanał regulacji grzałki dolnej (20); w skład jego wchodzi układy oznaczone na rys. 1 numerami: 2, 5, 8, 11, 14, 17, 20. W skład kanału regulacji grzałki głównej (21) wchodzi: opornik termometryczny (3), przetwornik rezystancja-napięcie (6), układ linearyzujący (9), wzmacniacz różnicowy (12), człon proporcjonalno-różniczkująco-całkujący (15), wzmacniacz mocy (18), grzejnik grzałki głównej (21), blok algebraiczny (22) oraz układ dodatkowego napięcia odniesienia (37). Rezystor termometryczny (3) połączony jest z przetwornikiem rezystancja-napięcie (6), a ten z układem linearyzującym (9). Napięcie z wyjścia układu linearyzującego (9) podawane jest na jedno wejście wzmacniacza różnicowego (12). Na drugie wejście wzmacniacza (12) podawana jest różnica sygnałów bloku algebraicznego (22) oraz dodatkowego napięcia odniesienia (37). Zadaniem bloku algebraicznego (22) jest wytworzenie średniej wartości sygnałów zadanych członów regulacyjnych grzałek-dolnej i górnej. Napięcie wyjściowe bloku algebraicznego (22) jest sumowane z napięciem odniesienia (37), tak że jego wartość jest proporcjonalna do temperatury średniej  $T_{sr}$  obniżonej o około 80 K. Obniżenie temperatury stabilizacji grzałki głównej o 80 K jest niezbędne do prawidłowej pracy przyrządu, wartość jej została dobrana doświadczalnie. Przy tej różnicy temperatur pomiędzy grzałką główną a średnią temperaturą grzałek pomiarowych uzyskuje się dużą dokładność stabilizacji temperatury średniej (około 0,1 K) przy jednoczesnej zmianie gradientu temperatury  $\Delta T$  z szybkością 1 K/min. Napięcie wyj-

ściowe wzmacniacza różnicowego (12) podawane jest na układ P I D (15), którego wyjście dołączono do wzmacniacza mocy (18) sterującego grzałką główną.

Dzięki zastosowaniu rozwiązania z członami P I D uzyskano regulację bardzo wolno zmieniającą się wartością prądu, co jest ważne, zwłaszcza przy niskotemperaturowych pomiarach przewodnictwa elektrycznego oraz współczynnika Seebecka, gdzie wymagany jest jak najniższy poziom pola zakłócającego.

### NADAJNIK PROGRAMU

Zadaniem nadajnika programu jest takie sterowanie opisanymi powyżej regulatorami, aby przy stałej temperaturze średniej próbki, różnica temperatur na jej powierzchniach bocznych powoli liniowo zmieniała się w czasie.

W skład nadajnika programu wchodzi: liczniki rewersyjne (27), (28) blok sterowania (29) licznik pomocniczy (30), generator z dzielnikiem częstotliwości wzorcowej (31), klawiatura (34), dekodery (33 i 35) rejestr (32) oraz wyświetlacz (36).

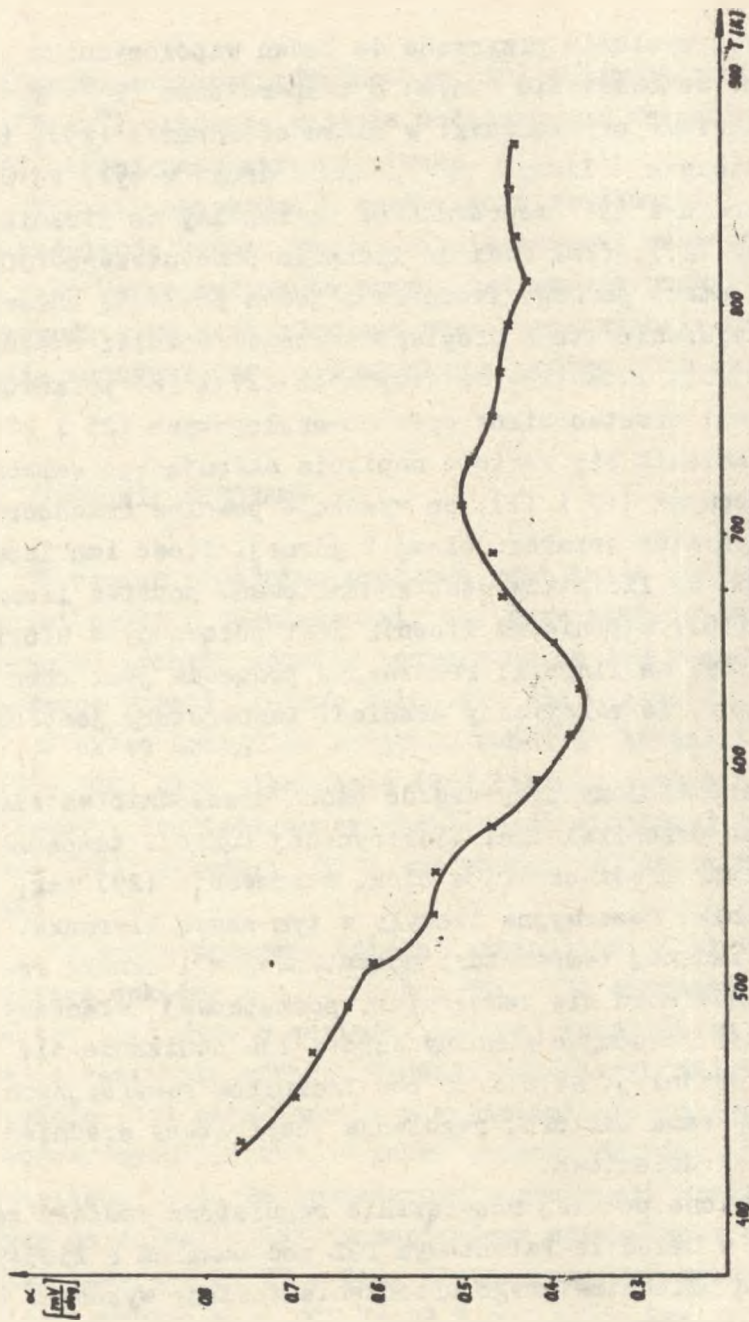
Nadajnik programu działa następująco: z klawiatury (34) poprzez dekodery 1 z 10 na kod BCD (33) wpisywane są do rejestru (32) dane o wartości zadanej temperatury grzałki dolnej, a następnie górnej. Wyjścia równoległe rejestru przesuwne (33) połączone są z wejściami wpisyjącymi liczników rewersyjnych (27,28), a także poprzez dekodery (35) na wyświetlacz (36). Po sprawdzeniu poprawności wprowadzonych danych do rejestru (32) przepisujemy wprowadzone dane w liczniki rewersyjne (27 i 28). Zastosowane w regulatorze liczniki rewersyjne typu UCY 74192 N posiadają też wejścia szeregowo, poprzez które podawane są impulsy zliczania w przód lub w tył.

Przy wykorzystaniu przyrządu do badań współczynnika Seebecka, po wprowadzeniu danych o temperaturze ( $T_g = T_d = T_{gr}$ ), ustawiamy przełączniki w bloku sterowania (29), tak aby jeden licznik liczył w przód, a drugi w tył. Po włączeniu generatora (31) doprowadzane są impulsy do liczników rewersyjnych (27), (28) oraz do licznika pomocniczego (30). Zwiększenie stanu jednego licznika o jeden powoduje automatyczne zmniejszenie stanu drugiego licznika również o jeden. Ponieważ wyjścia liczników rewersyjnych (27 i 28) połączone są z wejściami przetworników cyfrowo-analogowych (25 i 26) wobec tego zmienia się wartość napięcia sterującego wzmacniaczami różnicowymi (10 i 11), co wywołuje powolne rozchodzenie się temperatur grzałek dolnej i górnej. Ilość impulsów dostarczonych do liczników jest kontrolowana poprzez licznik pomocniczy (30), a ponieważ licznik jest połączony z blokiem sterowania (29) na liczniki rewersyjne podawana jest taka ilość impulsów, że maksymalny gradient temperatury jest równy 20 K.

Gdy wykorzystujemy przyrząd do badań przewodnictwa elektrycznego lub przenikalności elektrycznej funkcji temperatury, ustawiamy przełączniki w bloku sterowania (29) tak, aby oba liczniki rewersyjne liczyły w tym samym kierunku. Po wpisaniu zadanej temperatury początkowej w liczniki rewersyjne i ustaleniu się temperatury początkowej włączamy generator (31) powodując powolny wzrost lub obniżanie się temperatury średniej. Jeżeli do obu liczników rewersyjnych wpisaliśmy tę samą wartość, regulacja temperatury średniej przebiega bezgradientowo.

Przedstawione powyżej rozwiązanie regulatora zostało zarejestrowane w Urzędzie Patentowym PRL pod numerem P 250549.

Za pomocą przedstawionego urządzenia zostały wykonane pomiary zmian temperaturowych współczynnika Seebecka dla nio-



Rys. 2. Zmiany temperaturowe współczynnika Seebecka dla  $\text{NaNbO}_3$



bianu sodu w zakresie 440 - 900 K. Wyniki zmian temperaturowych współczynnika Seebecka przedstawiono na rysunku 2.

#### LITERATURA

- [1] Z. Wróbel, Prace fizyczne 4 pod redakcją J. Hańderka. Prace naukowe Uniwersytetu Śląskiego nr 127, Katowice 1976.
- [2] Z. Wróbel, Patent PRL N<sup>o</sup> 100927.
- [3] L. Michalski, K. Kuźmiński, J. Sadowski, Regulacja temperatury urządzeń elektrotermicznych, WNT, Warszawa 1981.
- [4] Z. Trybalski, Urządzenia i układy automatycznej regulacji, PWN Warszawa 1980.

W. Smiga, Cz. Kuś

#### The device for programmed regulation of temperature difference

#### A b s t r a c t

Principle of operation and construction of device with programmed regulation of temperature difference. Basic parameters of device and example measurements of Seebeck coefficient in  $\text{NaNbO}_3$  were shown.