

ANDRZEJ GRELEWICZ

OCENA RÓŻNYCH TYPÓW TERMOMETRÓW ELEKTRYCZNYCH
STOSOWANYCH DO POMIARU I REJESTRACJI TEMPERATUR
GLEBYZakład Gleboznawstwa UMK w Toruniu
Kierownik Zakładu — prof. dr hab. Z. Prusinkiewicz

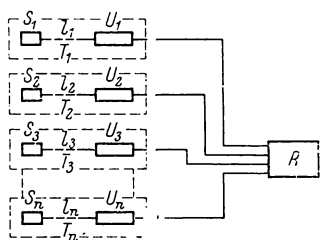
W badaniach temperatur gleby coraz częściej bywają stosowane termometry elektryczne. Brak odpowiednich urządzeń pomiarowych w handlu powoduje, że badacze posługują się różnego typu układami konstruowanymi we własnym zakresie [6]. W Zakładzie Gleboznawstwa UMK przeprowadzono ocenę zasadniczych typów stosowanych urządzeń¹. Zebrane doświadczenia przedstawiono w nadziei, że przyczynią się one do uniknięcia często powtarzających się błędów i nieporozumień oraz do upowszechnienia wypróbowanych rozwiązań technicznych.

Jedną z podstawowych cech charakteryzujących stan fizyczny gleby jest jej temperatura zmieniająca się w cyklu dobowym i rocznym pod wpływem takich czynników, jak napromieniowanie, temperatura otoczenia, wilgotność gleby oraz ciepło właściwe i przewodnictwo cieplne gleby. Uzyskanie pełnych informacji o przebiegu zmian temperatury w określonej glebie wymaga rejestracji wskazań termometrów zainstalowanych w kilku punktach pomiarowych na różnych głębokościach profilu glebowego. Termometry rtęciowe mają wiele wad, w szczególności nie dają możliwości automatycznego zapisu wskazań. Należy więc stosować termometry elektryczne współpracujące z urządzeniami rejestrującymi.

W celu uzyskania dokładnego zapisu przebiegu zmian temperatury w określonych punktach pomiarowych konieczne jest zastosowanie odpowiednio skonstruowanego zespołu termometrów (rys. 1) spełniających następujące warunki:

- możliwość współpracy termometrów z rejestratorem,
- możliwość pomiaru temperatury w punktach oddalonych od stanowiska rejestracji,

¹ Praca wykonana jest częściowo w ramach badań węzłowych (problem nr 09.1.7.3 oraz 09.2.1).



Rys. 1. Schemat blokowy zespołu termometrów elektrycznych $T_1 \dots T_n$

S —sondy termometryczne umieszczone w punktach pomiarowych, l —przewody łączące sondy pomiarowe z układami elektrycznymi termometrów, U —układy mostkowe termometrów, R — n -kanałowe urządzenie rejestrujące

Block scheme of the set of electric thermometers $T_1 \dots T_n$

S —thermometric probes placed at measurement points, l —conduits connecting the measurement probes with electric systems of the thermometers, U —bridge systems of the thermometers, R — n -channel recording device

— duża dokładność wskazań, zapewniająca rejestrację w cyklu rocznym z dokładnością nie mniejszą niż $\pm 0,1$ deg.

— liniowość wskazań termometrów w szerokim zakresie temperatur,

— mała rozbieżność wskazań poszczególnych termometrów wchodzących w skład zespołu,

— możliwość porównywania wskazań poszczególnych termometrów ze wskazaniami termometrów wzorcowych w każdym zakresie pomiarowym,

— małe wymiary i mała pojemność cieplna sond pomiarowych,

— duża wytrzymałość mechaniczna i chemiczna sond pomiarowych.

Konieczne jest również zastosowanie w układzie powtarzalnych elementów termometrycznych, umożliwiających wymianę uszkodzonych sond, jak również wyeliminowanie wpływu zmian temperatury otoczenia na pracę układów mostkowych termometrów.

Ze względu na rodzaj zastosowanych sond pomiarowych termometry elektryczne można podzielić na trzy grupy: termometry termoelektryczne, termistorowe i oporowe.

TERMOMETRY TERMOELEKTRYCZNE

W termometrach tych elementem pomiarowym jest termopara (złącze dwóch metali stanowiące ogniwo o sile termoelektrycznej zależnej od różnicy temperatur złączy). Trudności w stosowaniu termometrów termoelektrycznych do pomiarów temperatury gleby wynikają z małych zmian siły termoelektrycznej w funkcji temperatury (rzędu kilkudziesięciu $\mu\text{V}/\text{deg}$) oraz z konieczności dokładnej stabilizacji temperatury wszystkich złączy układu, poza złączem pomiarowym. Rejestracja małych zmian siły termoelektrycznej wymaga stosowania wielostopniowych wzmacniaczy typu CHOPPER, zapewniających duże wzmocnienie oraz niezależność parametrów wzmacniacza od temperatury otoczenia. Stabilizacja termiczna wszystkich złączy obwodu termometru (z wyjątkiem złącza pomiarowego) jest praktycznie niemożliwa do zrealizowania w warunkach terenowych, co wyklucza stosowanie termometrów termoelektrycznych do terenowych pomiarów temperatury gleby.

TERMOMETRY TERMISTOROWE

Są to termometry elektryczne, w których elementami pomiarowymi są termistory, czyli półprzewodnikowe oporniki o dużym ujemnym (typ NTC) lub dodatnim (typ PTC) współczynniku zmian oporu elektrycznego w funkcji temperatury. Zależność oporu elektrycznego termistora NTC od temperatury przedstawia następujące wyrażenie:

$$R_T = R_{T_0} e^{-B\left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T}\right)} \quad (1)$$

gdzie:

R_{T_0} — opór termistora w temperaturze $T_0 = 293^\circ\text{K}$,

B — stała zależna od rodzaju materiału termistora wyrażona w $^\circ\text{K}$,

T — temperatura bezwzględna termistora.

Współczynnik cieplny zmian oporu termistora można wyrazić wzorem

$$\alpha_T = \frac{\Delta R_T}{R_T \cdot \Delta T} \quad (2a)$$

lub

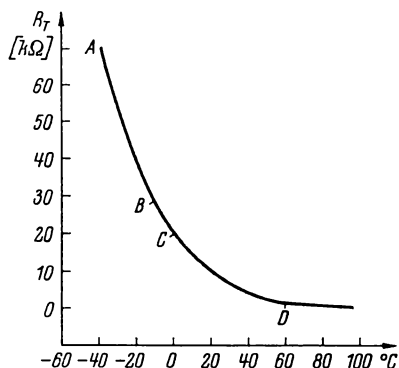
$$\alpha_T = \frac{dR_T}{R_T \cdot dT} \quad (2b)$$

a po zróżniczkowaniu R_T względem T

$$\alpha_T = -\frac{B}{T^2} \quad (3)$$

Jak wynika z wyrażeń (1), (2a), (2b) i (3), opór R_T oraz współczynnik α_T są funkcjami temperatury.

Jak widać z wykresu funkcji $R_T = f(T)$ (rys. 2), równym przyrostom temperatury nie odpowiadają równe przyrosty oporu elektrycznego ter-



Rys. 2. Charakterystyka termistora

$$R_T = f(T)$$

Characteristics of the thermistor

$$R_T = f(T)$$

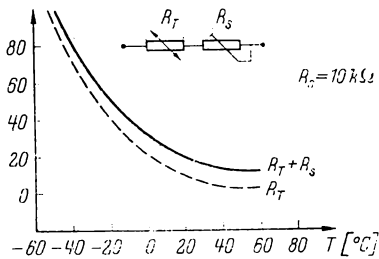
mistora. Termistor jest zatem elementem termometrycznym nieliniowym. Pociąga to za sobą konieczność dostosowania skali przyrządu pomiarowego lub skali rejestratora do charakterystyki określonego termistora. Z przebiegu krzywej wynika, że jej najbardziej korzystnym odcinkiem jest odcinek A-B, a najmniej korzystnym odcinek D-C.

Różnice wartości R_{T_0} oraz α_T termistorów tego samego typu wynoszą ok. 20%, a często więcej. Termistor jest więc elementem niepowtarzalnym, nie spełnia zatem drugiego z wymienionych wyżej warunków. Ponadto, termistory ulegają tzw. „starzeniu”, co przysparza wiele trudności przy prowadzeniu pomiarów wieloletnich [4].

Sprawdzanie i ponowne cechowanie termometru pociąga za sobą konieczność wykopywania sond pomiarowych, a tym samym zmianę punktu pomiarowego, naruszenie naturalnej struktury gleby i przerwanie ciągłości obserwacji.

Istnieją wprawdzie możliwości regulacji parametrów termistora R_{T_0} i α_T przez szeregowe i równoległe dołączanie odpowiednich oporów, uzyskanie jednak w ten sposób kilku termistorów o pokrywających się charakterystykach jest w praktyce trudne ze względu na konieczność równoczesnej zmiany obu parametrów. Osiągnąć można jedynie zgodność na początku i na końcu założonego uprzednio zakresu. Na rysunku 3 przedstawiono układ korygujący R_{T_0} (częściowo α_T) oraz charakterystykę termistora przed i po korekcji. Układ pokazany na rys. 4 pozwala na równoczesną zmianę wartości R_{T_0} i α_T .

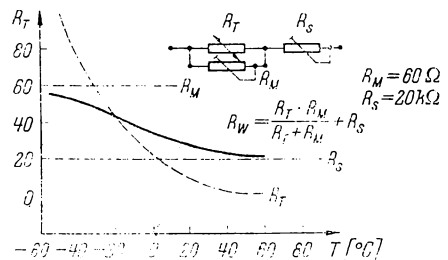
Innym zagadnieniem jest błąd pomiaru temperatury związany ze zja-



Rys. 3. Charakterystyka termistora $R_T = f(T)$ przed i po korekcji R_{T_0}

Characteristics of the thermistor $R_T = f(T)$ before and after correction R_{T_0}

Rys. 4. Charakterystyka termistora $R_T = f(T)$ przed i po korekcji R_{T_0} oraz α_T
Characteristics of the thermistor $R_T = f(T)$ before and after correction R_{T_0} and α_T



wiskiem „samogrzania” termistora prądem pomiarowym. Do zalet termistorów należą ich małe wymiary geometryczne, jest to jednak okupione małą zdolnością do odprowadzania ciepła i małą pojemnością cieplną termistora. Jedną z podstawowych zasad konstrukcji termistorowego termometru jest ograniczenie prądu pomiarowego do jak najmniejszej wartości.

Dopuszczalną wartość prądu pomiarowego płynącego przez termistor określa wyrażenie

$$I_{p \max} = \sqrt{\frac{A \cdot \Delta t_{\max}}{R_T}} \quad (4)$$

gdzie:

Δt_{\max} — maksymalny błąd wskazania termometru spowodowany samogrzaniem termistora,

A — wartość stała dla danego typu termistora, charakteryzująca jego zdolność do odprowadzania ciepła, wyrażona w $\frac{W}{\text{deg}}$,

R_T — wartość oporu termistora w temperaturze T .

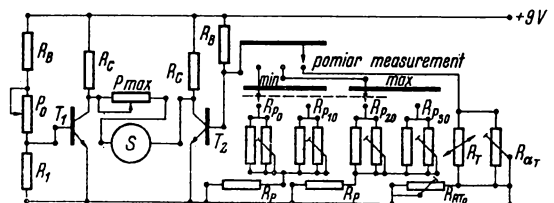
Wartość stałej A dla określonego typu termistora zależy od ośrodka, w którym następuje pomiar (jest ona mniejsza dla powietrza niż dla wody). Waha się (w powietrzu) w zależności od typu termistora od $8 \cdot 10^{-3}$ do $60 \cdot 10^{-3} \frac{W}{\text{deg}}$. Wartość prądu pomiarowego (pomiar w powietrzu) przy dopuszczalnym błędzie wskazań $\Delta t_{\max} = 0,2 \text{ deg}$ i oporze termistora $R_T = 10 \text{ k}\Omega$ wynosi od 0,4 do 1 mA. Dla pomiarów w wodzie wartości dopuszczalnego prądu pomiarowego, przy tym samym błędzie wskazań, mogą być większe ze względu na lepsze odprowadzanie przez wodę ciepła z termistora. W glebie prąd pomiarowy ma duży wpływ na wyniki pomiarów temperatury ze względu na zmienną zdolność odprowadzania ciepła z termistora przez glebę (sucha, wilgotna).

Najkorzystniejszym układem pracy termistora, ze względu na prąd pomiarowy, jest układ mostkowy ze wzmacniaczem różnicowym, gdyż pozwala on na zmniejszenie natężenia prądu pomiarowego do kilkudziesięciu μA (rys. 5). W układzie zastosowano też specjalne oporniki R_p oraz

Rys. 5. Układ elektryczny termometru termistorowego (dwuzakresowego) z różnicowym wzmacniaczem tranzystorowym objaśnienie w rys. 7

Electric system of a thermistor thermometer (double-range one) with the differential transistor amplifier

explanation in Fig. 7



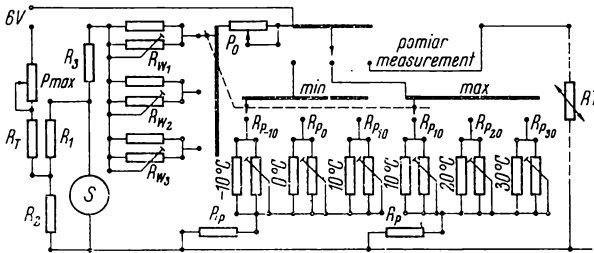
R_{p0} , R_{p10} , R_{p20} , R_{p30} (o bardzo małym współczynniku cieplnym), stanowiąc tzw. „termometry odniesienia” dla każdego zakresu pomiarów (nastawienie początku i końca zakresu).

Potencjometry P_1 i P_2 spełniają rolę oporów korygujących parametry termistora (nastawiane są tylko podczas wymiany sondy pomiarowej na inną).

Przedstawiony układ daje pozytywne rezultaty jedynie dla pomiarów bezpośrednich (jednorazowych). Nie nadaje się on do pracy ciągłej z rejestratorem ze względu na duży wpływ temperatury otoczenia na tranzystorowy wzmacniacz różnicowy.

Układ mostkowy bez wzmacniacza tranzystorowego daje o wiele lepsze rezultaty, jeśli chodzi o pracę ciągłą, lecz jest mniej korzystny z powodu większego natężenia prądu pomiarowego podgrzewającego termistor. Znaczne ograniczenie wielkości tego prądu wymagałoby zastosowania przyrządu pomiarowego o bardzo dużej czułości. Przy zbyt dużym natężeniu prądu pomiarowego obserwuje się podwyższanie wskazań temperatur wysokich, zwłaszcza w powietrzu lub innym ośrodku o małej zdolności odprowadzania ciepła. Różnice wskazań termometru mierzącego temperaturę dwóch różnych ośrodków o tej samej temperaturze, np. powietrza i wody, mogą dochodzić nawet do kilku stopni.

Na rysunku 6 przedstawiono schemat trójzakresowego termometru termistorowego pracującego w układzie nie zrównoważonego mostka



Rys. 6. Układ elektryczny termometru termistorowego (trójzakresowego) objaśnienie w rys. 7

Electric system of a thermistor thermometer (three-range one) explanation in Fig. 7

Weatstone'a. W układzie ograniczono do minimum wartość prądu pomiarowego dzięki zastosowaniu opornika R_7 i potencjometru P_{max} . Mostek jest symetryczny względem źródła zasilania, co prowadzi do kompensacji wpływu zmian temperatury na pracę mostka.

Oporniki R_p , R_{p-10} , R_{p0} , R_{p10} , R_{p20} , R_{p30} o małym współczynniku temperaturowym stanowią układ „termometrów odniesienia”, umożliwiających cechowanie przyrządu pomiarowego (rejestratora) i kontrolę prawidłowego ustawienia potencjometrów P_0 i P_{max} . Włączając odpowiedni zakres pomiarowy i odpowiedni „termometr odniesienia” można ustawić potencjometrem P_0 początek zakresu (zero na skali) oraz potencjometrem

P_{\max} maksymalną wartość danego zakresu pomiarowego. Tak więc skala wielokanałowego rejestratora nie musi mieć dla każdego termometru i jego zakresów dodatkowo naniesionych punktów cechowania.

Jednoczesne przełączanie dużej ilości punktów układu jest możliwe dzięki zastosowaniu przełączników wielobiegunowych typu ISOSTAT. Oporniki R_4 , R_5 , R_6 służą do wyrównania poszczególnych parametrów zakresów. Potencjometry P_{T0} i P_{aT} służą do regulacji parametrów termistora w przypadku jego wymiany lub okresowego kalibrowania termometru.

Opisany schemat spełnia częściowo warunki stawiane termometrom stosowanym do pomiaru i rejestracji temperatury gleby i redukuje do minimum (ale nie całkowicie) wady termistorowych elementów termometrycznych.

Mimo udoskonalień układowych w termometrach termistorowych (regulacja parametrów termistora, wprowadzenie tzw. „termometrów odniesienia” oraz selekcyjonowanie termistorów i stosowanie oporników wysokiej jakości) pomiary wzorcowe nie dają w pełni zadowalających wyników.

Kończąc opis termometrów termistorowych należy raz jeszcze podkreślić, że głównymi wadami, bardzo ograniczającymi stosowanie ich w gleboznawstwie, są:

- brak liniowości,
- duża rozbieżność wskazań termometrów wchodzących w skład zespołu, przekraczająca 0,5 deg,
- duży błąd pomiaru spowodowany tzw. „samogrzaniem” termistorów,
- „starzenie” termistorów,
- niepowtarzalność charakterystyki termistorów.

Analizując przydatność różnego typu termometrów elektrycznych do pomiaru i rejestracji temperatury gleby, stwierdzono, że wymaganiom stacjonarnych badań gleboznawczych najlepiej odpowiadają termometry oporowe. Ich opis, ze szczególnym uwzględnieniem rozwiązań zastosowanych w Zakładzie Gleboznawstwa UMK, podano poniżej.

TERMOMETRY OPOROWE

Są to termometry elektryczne, w których elementem pomiarowym jest specjalny metalowy opornik termometryczny. W odróżnieniu od termistorów, oporniki termometryczne mają następujące zalety:

- stałość parametrów fizycznych w czasie,
- liniowa zmiana oporności w zależności od temperatury w szerokim zakresie temperatur (od -250 do 1000°C),

— powtarzalność oporników termometrycznych gwarantująca stałość współczynnika α_T i oporności znamionowej R_{T_0} (mniejsza niż 0,1% w serii).

Niekorzystnym parametrem oporników termometrycznych (handlowo dostępnych) jest tylko ich stosunkowo mała oporność $R_{T_0} = 100\Omega$ (lub 45, 50 Ω). Pociąga to za sobą konieczność uwzględniania oporu przewodów łączących opornik z układem elektrycznym termometru oraz zmian oporności przewodów w zależności od ich temperatury. Na przykład opór zastosowanego w naszych badaniach przewodu miedzianego typu YKSY $36 \times 2,5$ wynosi $R_k = 1,4\Omega$ dla odcinka długości 200 m, co stanowi dość dużą wielkość w odniesieniu do R_{T_0} . Wielkość R_k można jednak skompensować bez większych trudności. Zmiany oporu kabla miedzianego wynikające z wahań temperatury (w ciągu roku) są znikome i nie wpływają zasadniczo na dokładność pomiaru. Przy zmianie temperatury kabla o $\Delta t = 10$ deg w ciągu roku (kabel długości $l = 200$ m, przekroju $2,5 \text{ mm}^2$, zakopany na głębokości 0,8 m) następuje zmiana oporu zaledwie o $0,05\Omega$, co powoduje błąd pomiaru o $\Delta t \pm 0,06$ deg (w ciągu roku). Wielkość błędu rocznego jest proporcjonalna do długości przewodu i do maksymalnej różnicy temperatur, którą można zmniejszyć przez odpowiednio głębokie zakopanie kabla. Przy wymaganej dokładności czasowej, lepszej niż 0,1 deg, długość kabla nie powinna jednak przekroczyć 200 m.

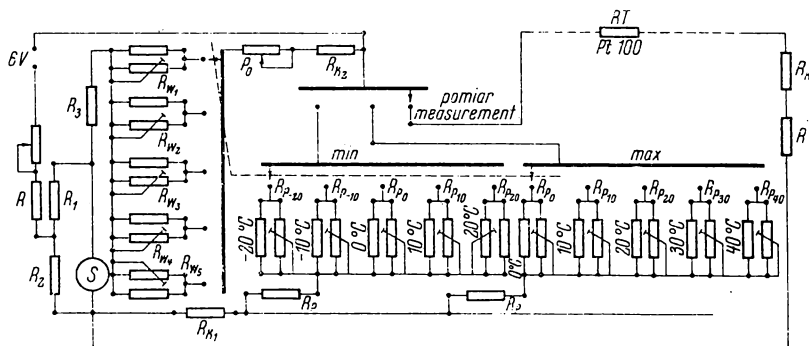
Możliwe jest także całkowite wyeliminowanie wpływu kabla na dokładność pomiaru, niezależnie od jego długości, przez włączenie w obwód mostka dodatkowego odcinka kabla tego samego rodzaju i zakopanie go wspólnie z kablem pomiarowym.

Opracowany w Zakładzie Gleboznawstwa UMK układ pięcizakresowego (-20 do 0° , -10 do 10° , 0 do 20° , 10 do 30° , 20 do 40°C) termometru oporowego, współpracującego z sześciokanałowym rejestratorem punktowym i spełniającego wszystkie warunki stawiane termometrom do pomiaru i rejestracji temperatury gleb, przedstawiono na rys. 7. Oporniki termometryczne typu PT-100 umieszczono w rurkach aluminiowych. W mostku pomiarowym tego układu zastosowano oporniki drutowe (kanttal, manganin) o najmniejszym współczynniku temperaturowym, w celu uniknięcia wpływów zmian temperatury na prace mostka. Oporniki R_p oraz $R_{p-20} \dots R_{p40}$ mają wartości odpowiadające wartościom R_T opornika termometrycznego w temperaturach -20 , -10 , 0 , 10 , 20 , 30 i 40°C . Wartości oporu opornika termometrycznego PT-100 dla tych temperatur wynoszą 92,13, 96,07 100,0 103,9, 107,8, 111,68, 115,54 Ω .

W celu dokładnej regulacji oporników porównawczych, stanowiących „termometry odniesienia”, z dokładnością do $0,01 \Omega$, zastosowano układ wspólnego rezystora $R_p = 90 \Omega$ oraz oporników $R_{p-20} \dots R_{p40}$ o wartościach od 3 do 30Ω z równolegle włączonym potencjometrem nastawnym $1 \text{ k}\Omega$.

Układy mostkowe termometrów zasilane są z tranzystorowego dwustopniowego stabilizowanego źródła prądu o napięciu 6 V. Dokładność stabilizacji 0,5%, przy prądzie obciążenia 1 A i wahaniach napięcia sieciowego od 170 do 240 V. W stabilizatorze zastosowano również stabilizację termiczną [5]. Błąd wskazań termometru przy prądzie pomiarowym około 2 mA nie przekracza $\pm 0,1$ deg.

Ze względu na zdarzające się przerwy w dopływie energii elektrycznej do terenowych stacji badawczych [3], wykonano w Zakładzie Gleboznawstwa UMK w Toruniu automatyczne tranzystorowe urządzenie prze-



Rys. 7. Układ elektryczny pięciozakresowego termometru oporowego

R_T — opornik termometryczny, R_{max} , P_{max} — oporniki ograniczające maksymalny prąd płynący w obu gałęziach mostka. R_1 , R_2 — oporniki stosunkowe mostka, R_3 , R_4 , R_5 , R_6 — oporniki równoważące. P_0 — potencjometr drutowy równoważący (nastawienie początku zakresu), R_k — opornik o wartości odpowiadającej oporności kabla (lub dodatkowy odcinek tego samego kabla i tej samej długości co kabel pomiarowy), R_s — opornik szeregowy, R_{p-20} , R_{p-10} , R_{p0} , R_{p10} , R_{p20} , R_{p30} , R_{p40} — tzw. „termometry odniesienia”

Electric system of a five-range resistance thermometer

R_T — thermometer resistor, R_{max} , P_{max} — resistors reducing maximal current flow in both bridge branches. R_1 , R_2 — reference resistors of the bridge. R_3 , R_4 , R_5 , R_6 — equilibrating resistors. P_0 — wire equilibrating potentiometer (adjustments of beginning of the range). R_k — resistor with the value corresponding with the cable resistance (or additional sector of the same cable and the same length as the measuring cable. R_s — series resistor. R_{p-20} , R_{p-10} , R_{p0} , R_{p10} , R_{p20} , R_{p30} , R_{p40} — so-called "reference ther thermometers"

tworząco-ładujące, które zapewnia ciągłość pracy zespołu termometrów oraz rejestratora (220 V). Urządzenie automatycznie włącza układ przetwornicy podczas przerwy w dostawie energii elektrycznej z sieci. W czasie dopływu energii elektrycznej urządzenie automatycznie włącza układ tranzystorowego stabilizatora prądu ładującego akumulator. Opis urządzenia będzie przedmiotem oddzielnej publikacji.

WNIOSKI

Na podstawie badań przeprowadzonych w Zakładzie Gleboznawstwa UMK w Toruniu stwierdzono, że do terenowych długookresowych pomiarów i rejestracji temperatury gleby należy stosować termometry oporowe

wykazujące dużą stałość parametrów fizycznych i dużą dokładność wskazań w czasie. Stosowanie do tych celów termopar lub termistorów nie daje zadowalających rezultatów ze względu na nieodpowiednie (wymienione w pracy) właściwości fizyczne tych elementów termometrycznych.

Wymaganiom stawianym termometrom elektrycznym, stosowanym do pomiarów i rejestracji temperatury gleby, odpowiada układ termometru oporowego przedstawiony na rys. 7.

LITERATURA

- [1] Antoń A.: Rejestratory elektryczne. WNT, Warszawa 1972.
- [2] Kotecki J.: Rezystory. WKiŁ, Warszawa 1970.
- [3] Margowski Z.: Termograf glebowy z czujnikiem oporowym Ni 100. Komisja Fizyki Gleb PTG, 1970.
- [4] Michalski L., Eckerdorf K.: Pomiary temperatury. WNT, Warszawa 1969.
- [5] Pałczyński B., Stefański W.: Półprzewodnikowe stabilizatory napięcia i prądu stałego. Teoria i projektowanie. MON, Warszawa 1971.
- [6] Rode A. A.: Sistiema metodow issledowanija w poczwowiedienii. Nauka. Nowosybirsk 1971.

А. ГРЕЛЕВИЧ

ОЦЕНКА РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТЕРМОМЕТРОВ ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ И ЗАПИСИ ТЕМПЕРАТУР ПОЧВЫ

Лаборатория почвоведения, Университет Николая Коперника, Торунь

Резюме

В труде поданы основные принципы конструкции электрических термометров употребляемых в исследованиях температуры почв и проведена оценка основных типов термометрического оборудования, применяемого до сих пор в почвоведении. Помещена тоже детальная характеристика (опись) сделанного в Лаборатории почвоведения УМК оборудования для непрерывной записи изменений температуры в почве (на разных глубинах). Оборудование состоит из набора электрических термометров соединенных с шестиканальным пунктирным регистратором. В качестве термометрических элементов применялись платиновые резисторы, гарантирующие высокую точность измерений (0,2 deg) в течение длительного времени. Конструкция термометров разрешает менять диапазон измерений в пределах: — 20 по 0°; — 10 по 10°; 0 по 20°; 10 по 30°; 20 по 40° (по Цельсию). Отдаленность места записи от пунктов измерения может доходить до 200 м. В системах электрических термометров были применены „термометры отнесения” (координатные), дающие возможность контролировать точность показаний термометра (каждый из пяти диапазонов измерения снабжен был двумя термометрами отнесения — для начала и конца данного диапазона).

A. GRELEWICZ

ESTIMATION OF VARIOUS TYPES OF ELECTRIC THERMOMETERS
USED FOR MEASURING AND RECORDING SOIL TEMPERATURES

Department of Soil Science, M. Kopernik University in Toruń

S u m m a r y

In the paper basic construction principles of electric thermometers used for soil temperature measurements are presented and main types of thermometric devices applied hitherto in soil science are estimated. A detailed characteristics of the device for continuous recording soil temperature changes (at different profile depths), developed at the Department of Soil Science, M. Kopernik University, is given as well. The device in question consists of a set of electric thermometers copuled with the six-channel point recorder. As thermometer elements platine resistors ensuring a high exactness of measurements (0.2 deg) within a long period have been applied. The construction of the thermometers enables measurement range changes at the intervals from -20 to 0°C , from -10 to 10°C , from 0 to 20°C , from 10 to 30°C and from 20 to 40°C .

The distance between the recording stand and measurement points can be up to 200 m. In the electric system of the thermometers so-called „reference thermometers” have been applied, enabling the control of correct thermometer work (each of five measurement ranges has two reference thermometers: for beginning and end of the given range).

Mgr Andrzej Grelewicz
Zakład Gleboznawstwa UMK
Toruń, ul. Sienkiewicza 30

Wpłynęło do PTG w lutym 1973

