

ZBIGNIEW LAUROW

## Termistorowe mierniki temperatur i ich zastosowanie

Термистровые измерители температур и их применение  
в лесном хозяйстве

Thermistor Temperature Meters and their Use for Forestry Purposes

**W** toku prac badawczych prowadzonych przez Zakład Użytkowania Lasu SGGW wyłoniła się konieczność określenia temperatury drewna. Stosowany miernik musiał odpowiadać czterem podstawowym warunkom:

- 1) dokładność wskazań miernika powinna być rzędu  $0,5^{\circ}\text{C}$ , a jego całkowity zakres od  $-10^{\circ}\text{C}$  do  $+50^{\circ}\text{C}$ ,
- 2) bezwładność czujnika miernika (czas od zainstalowania do wskazania właściwej temperatury) powinna być mała (około 1 sek.),
- 3) czujnik miernika powinien posiadać małe wymiary (możliwość pomiaru temperatury na małej powierzchni),
- 4) miernik powinien się odznaczać trwałością i łatwością obsługi podczas prac badawczych w drzewostanie.

Warunkom tym nie odpowiadały zupełnie termometry rtęciowe. Podobnie wyglądała sprawa ze stosowanymi obecnie termometrami opartymi na zasadzie termopar lub pomiaru oporu elektrycznego przewodników. Rozwiązanie mogły tu dać tylko termistorowe mierniki temperatur. Odpowiednich aparatów na rynku polskim nie można jednak dostać. Wprawdzie Zakład Aparatury Naukowo-Badawczej PAN zbudował prototyp miernika termistorowego, ale jest on dostosowany przede wszystkim do celów medycznych. Stosowanie jego w badaniach leśnych nie jest możliwe z dwóch przyczyn:

- 1) wskazania miernika w dużej mierze zależą od warunków chłodzenia czujnika,
- 2) skala jest ściśle związana z rodzajem obiektu, dla którego dokonywany jest pomiar temperatury (1), całkowity zakres temperatur odpowiedni dla celów medycznych waha się w granicach  $34-45^{\circ}\text{C}$ .

Powyższe fakty spowodowały konieczność przystąpienia do budowy miernika dostosowanego do warunków badań leśnych we własnym zakresie.

Nie jest celem tego artykułu dostarczenie dokładnych podstaw teoretycznych dotyczących miernika. Znajdzie je czytelnik w literaturze krajowej czy zagranicznej z dziedziny elektrotechniki. Zostaną tu przedstawione tylko niektóre dane teoretyczne niezbędne do zrozumienia działania aparatu, krótki opis przyrządu zbudowanego w Zakładzie Użytkowania Lasu SGGW oraz przykłady jego zastosowania.

Badania nad termistorami (podstawowe elementy w tego typu miernikach temperatur) rozpoczęły się stosunkowo niedawno. Wynikły one z prac prowadzonych nad półprzewodnikami. Pierwsze urządzenia z ich zastosowaniem powstały właściwie już po zakończeniu wojny.

Na materiały termistorowe stosuje się tlenki lub mieszaniny tlenków metali o przewodnictwie czysto elektronowym i dużym ujemnym współczynnikiem cieplnym przewodności (1). Termistory produkowane w kraju przez Zakłady Elektroniki Instytutu Podstawowych Problemów Techniki PAN zawierają tlenki niklu ( $\text{NiO}$ ) i manganu ( $\text{Mn}_2\text{O}_3$ ) (2). Bliższe dane o nich przedstawia tabela 1 (str. 47) (3).

W urządzeniach termometrycznych wykorzystana jest właściwość termistorów polegająca na zmianach oporu elektrycznego zależnie od zmian temperatury. Ponieważ współczynnik cieplny przewodności jest tu ujemny i posiada wysoką wartość, małemu przyrostowi temperatury odpowiada znaczne zmniejszenie się oporności. Przy wzroście temperatury od  $20^\circ\text{C}$  do  $300^\circ$  oporność termistoru o  $\alpha_{25} = 4,4\%/^\circ\text{C}$  maleje koło tysiąckrotnie. W tych samych warunkach oporność platyny wzrasta zaledwie dwukrotnie (3). Z tego powodu termistorowe mierniki temperatur mogą służyć do wykrywania bardzo małych wahań temperatur.

Aparaty tego typu do pomiaru temperatur stosowane są zwykle w układach zwanych mostami Wheatstona, gdzie w jednej gałęzi wmontowany jest termistor. Różne rozwiązania konstrukcyjne znajdzie czytelnik w literaturze (3, 6—11).

Przy doborze oporników pomocniczych stosowanych w mostku należy uprzednio obliczyć opór termistora w danej temperaturze. Zmiany oporności termistora zależnie od temperatury przebiegają zgodnie z równaniem:

$$\varrho = \varrho_0 \cdot C \frac{W_z}{2k} \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \quad (\text{a})$$

przyjmując  $B = \frac{W_z}{2k}$  (stała zależna od tworzywa) można napisać:

$$\varrho = \varrho_0 \cdot C^B \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \quad (\text{b})$$

w którym  $W_z$  — szerokość strefy zabronionej dla półprzewodnika samostannego,  $k$  — stała Boltzmana,  $G_0$  — oporność właściwa w temperaturze  $T_0$ ,  $\varrho$  — oporność właściwa w temperaturze  $T$  (temperatury w skali bezwzględnej).

Wzory a i b nie są jednak wygodne w praktycznym zastosowaniu.

W obliczeniach wystarczy posługiwać się wzorami przybliżonymi mającymi postać (2, 3, 5—13):

$$R_T = R_{25^{\circ}\text{C}} e^{B\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{25^{\circ}\text{C}}}\right)} \quad (\text{c})$$

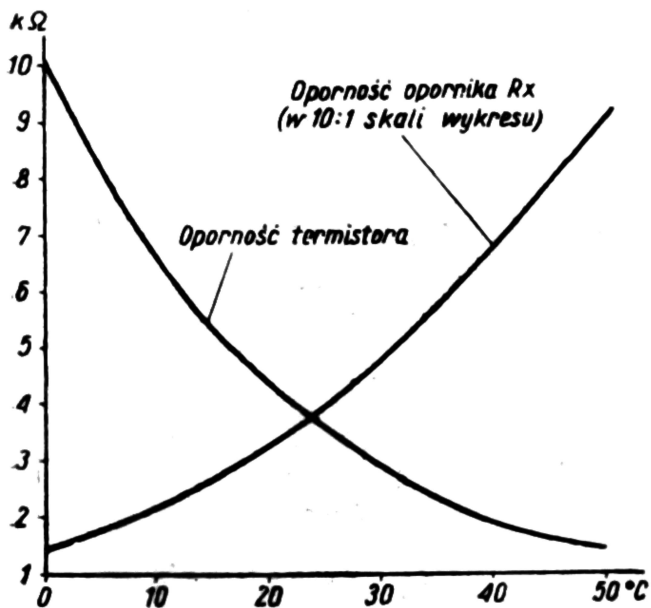
lub 
$$R_T = A \exp(B/T) \quad (\text{d})$$

w których:  $A$  — stała zależna od rozmiarów termistora i rodzaju użytego na termistor tworzywa,  $B$  — stała zależna wyłącznie od tworzywa,  $T_{25^{\circ}\text{C}}$  — temperatura wyjściowa (w skali bezwzględnej)  $T$  — temperatura, dla której obliczamy opór (w skali bezwzględnej),  $R_T$  — opór termistora w temperaturze  $T$ ,  $R_{25^{\circ}\text{C}}$  — opór termistora w temperaturze  $25^{\circ}\text{C}$ .

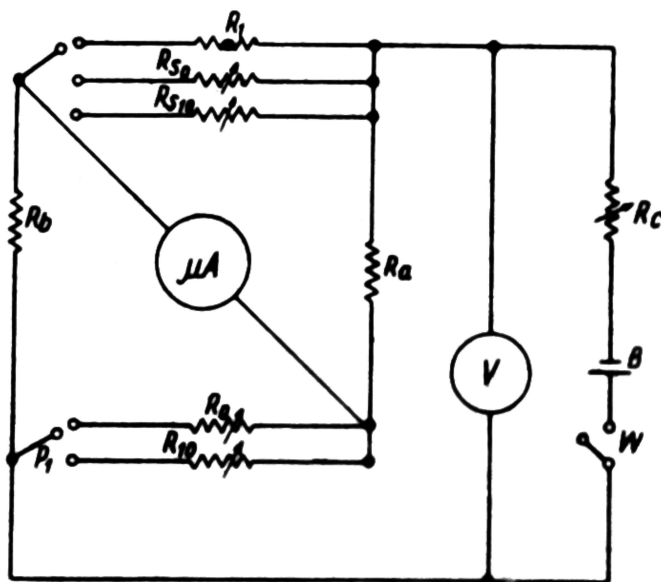
Stałą  $B$  łatwo jest obliczyć z parametrów podanych przy każdym termistorze, do których należy współczynnik cieplny przewodności i oporność termistora w temperaturze  $25^{\circ}\text{C}$  (dla warunków polskich). Wynosi ona:

$$B = -a_{25^{\circ}\text{C}} T_{25^{\circ}\text{C}}^2 \quad (\text{e})$$

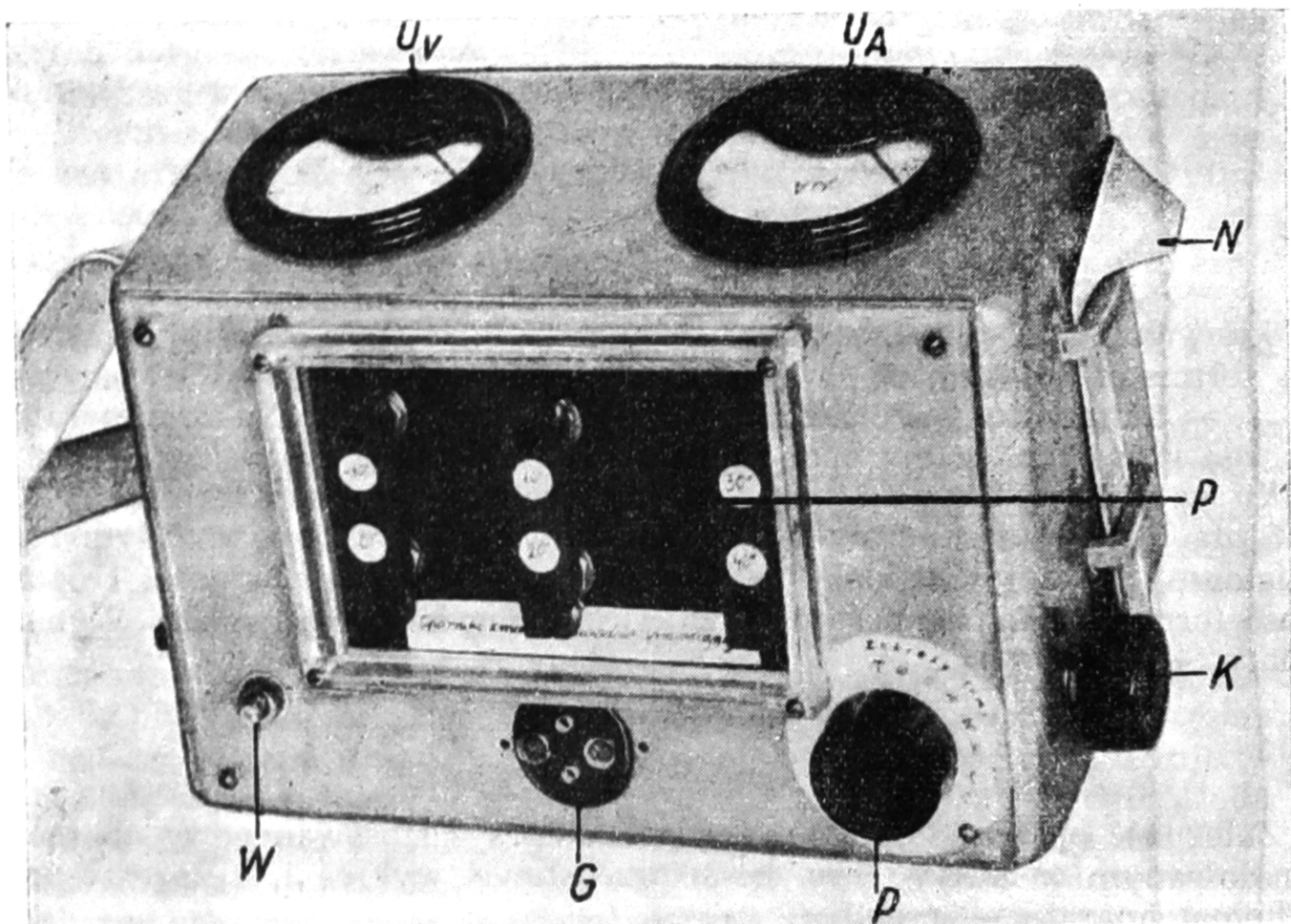
Zależność oporu od temperatury termistora zastosowanego w aparacie zbudowanym w SGGW (ryc. 1—3) przedstawia wykres 1, a uproszczony schemat aparatu — ryc. 1.



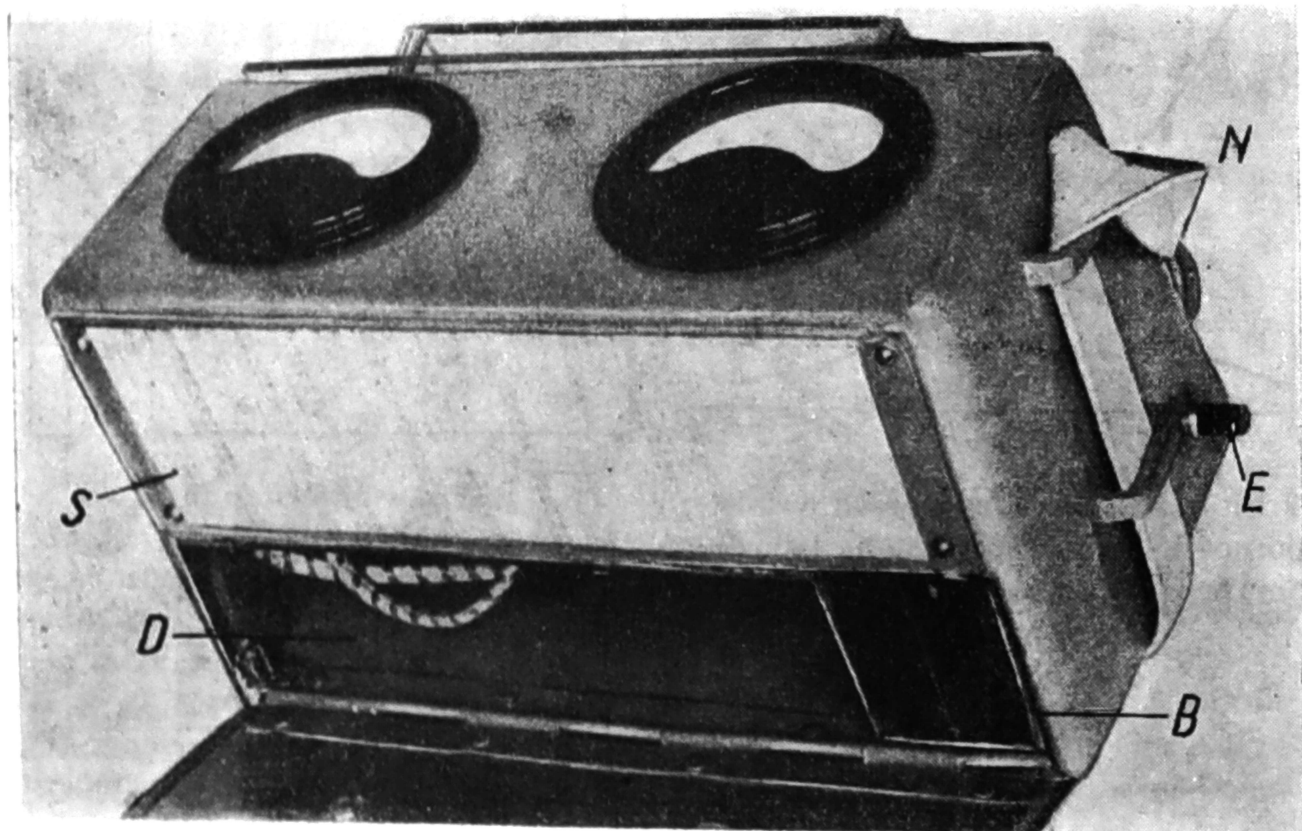
Wykres 1. Zależność oporności termistora i oporności mostka Wheatstona od temperatury w aparacie zbudowanym w SGGW



Ryc. 1.  $R_t$  — termistor ( $a_{25^{\circ}\text{C}} = 3,8$ ;  $R_{25^{\circ}\text{C}} = 380 \Omega$ ),  $R_{50}$  — opornik zmienny obwodu sprawdzającego podzakresu  $0-10^{\circ}\text{C}$ ,  $R_{10}$  — opornik zmienny obwodu sprawdzającego podzakresu  $10-20^{\circ}\text{C}$ ,  $R_0$  i  $R_{10}$  odpowiednie oporniki zmiennie dla podzakresów,  $\mu\text{A}$  — mikroamperomierz,  $V$  — woltomierz,  $B$  — bateria zasilająca (4, 5 V).



Ryc. 2 a. (oryg.). Termistorowy miernik temperatur zbudowany w Zakładzie Użytkowania Lasu SGGW. Widok z przodu. G – gniazdko na wtyczkę urządzenia czujnikowego, K – korelacja zera mikroamperomierza dla początkującego podzakresu, N – pas nośny, P – przełącznik obwodów sprawdzających dla podzakresów, R – tablica z opornikami zmiennymi obwodów sprawdzających, U<sub>v</sub> – korelacja wskazań woltomierza, U<sub>A</sub> – korelacja wskazań mikroamperomierza, W – wyłącznik



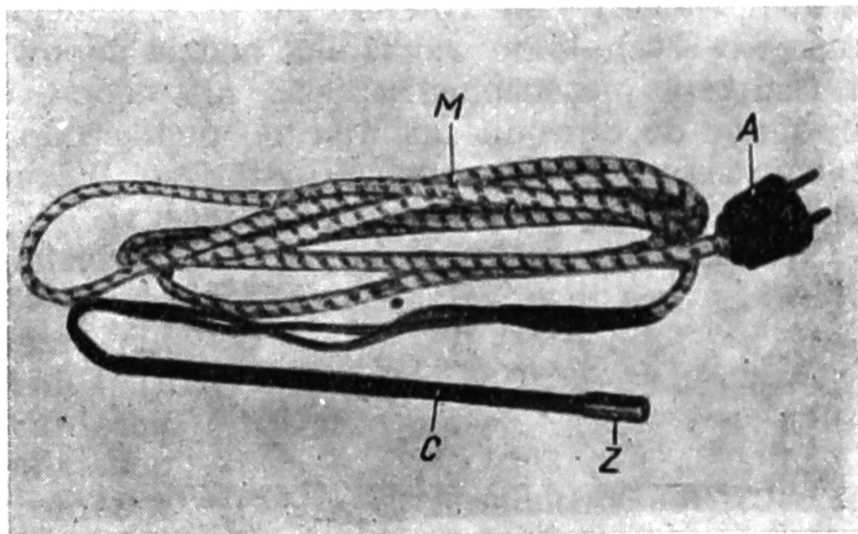
Ryc. 2 b. (oryg.). Termistorowy miernik temperatur. Widok z tyłu. B – komory na źródło zasilania (baterie 4,5 V), D – schowek na urządzenie czujnikowe, E – korelacja napięcia zasilającego, N – pas nośny, S – tabela przeliczeniowa wskazań mikroamperomierza na temperaturę. Fot. aut.

Ponieważ przyjęto, że  $R_a = 300\Omega$ , a  $R_b = 5000\Omega$ , na podstawie wzoru:

$$R_x = R_a \frac{R_b}{R_t} \quad (f)$$

zostały obliczone opory  $R_0$  i  $R_{10}$  dla początków podzakresów (4). Opory  $R_{s0}$  i  $R_{s10}$  odpowiadają oporności termistora w temperaturze 0 i 10°C; zostały one obliczone według wzoru b. Wszystkie oporniki, za wyjątkiem termistora, znajdują się wewnątrz aparatu; termistor połączony jest z aparatem przy pomocy przewodnika miedzianego, izolowanego (ryc. 3).

Przy pomiarze temperatury przełącznik  $P_2$  przełączony jest zawsze z odgałęzieniem mostka, w którym znajduje się termistor, a przełącznik  $P_1$  — z odgałęzieniem podzakresu odpowiadającym mierzonej temperaturze.



Ryc. 3. (oryg.). Urządzenie czujnikowe termistorowego miernika temperatur. A — wtyczka, C — czujnik, M — miedziany przewód łączący, Z — zabezpieczenie ostrza czujnika (termistoru). (Fot. autor)

Na początku każdego podzakresu mostek jest zrównoważony, albo inaczej, potencjały w punkcie A i w punkcie K są sobie równe, tj.:

$$V_A = V_K \quad (g)$$

W związku z powyższym spadek napięcia w gałęziach mostku musi być jednakowy:

$$I_x R_x = I_b R_b \quad \text{oraz} \quad I_a R_a = I_t R_t \quad (h)$$

W takich warunkach nie będzie przepływu prądu przez mikroamperomierz przyłączony w punktach A i K. Z chwilą, gdy temperatura, w której znajduje się termistor, będzie różna od początkowej podzakresu, opór termistora ulegnie zmianie, a w związku z tym powyższe równości nie będą aktualne; powoduje to przepływ prądu przez mikroamperomierz. Wraz ze wzrostem różnicy między temperaturą początkową podzakresu a temperaturą otoczenia natężenie prądu będzie wzrastało, a tym samym wzrośnie wychylenie wskaźnika mikroamperomierza. Jednakowej temperaturze otoczenia odpowiada jednakowe natężenie prądu elektrycznego przepływającego przez mikroamperomierz. Wychylenie się więc wskaźnika miernika natężenia prądu może wskazywać, po odpowiednim wyskalowaniu, temperaturę otoczenia, w którym znajduje się termistor.

Zmiany oporów wewnętrznych aparatu pod wpływem zmian temperatury nie mają praktycznego znaczenia i z tego powodu nie są brane pod

uwagę. Współczynnik cieplny oporności materiałów użytych do konstrukcji jest tak mały w porównaniu do tegoż współczynnika termistora (konstantan —  $\alpha_{sr} = 0,000005 \text{ 1/}^\circ\text{C}$ , miedź —  $\alpha = 0,004 \text{ 1/}^\circ\text{C}$ , termistor —  $\alpha_{25} = -3,69 \text{ 0/0}^\circ\text{C}$ ), że wpływu jego zupełnie nie zaobserwujemy podczas pracy. Z podobnych przyczyn długość przewodu, którym połączony jest termistor z mostkiem może być znaczna.

Natężenie prądu przepływającego przez mikroamperomierz zależy jednak nie tylko od temperatury otoczenia (w przypadku, gdy mostek nie jest zrównoważony), ale również od przyłożonego napięcia zasilającego. Jednakowe wychylenie wskaźnika będzie odpowiadało jednakowej temperaturze, gdy przyłożone napięcie nie będzie ulegało zmianom. Ażeby to osiągnąć do obwodu zasilającego podłączono opór zmienny  $R_c$ , którym ustala się pożądane napięcie zasilające. Wskaźnikiem napięcia jest woltomierz włączony do obwodu zasilającego.

W aparacie zbudowanym w SGGW została zastosowana podziałka liniowa, mimo tego, że zależność między oporem termistora a temperaturą

ma przebieg krzywoliniowy (wykres 1). Dla małego jednak zakresu temperatur (np.  $15^\circ\text{C}$ ) można przyjąć podziałkę liniową bez obawy o powstanie większego błędu szczególnie wówczas, gdy nie jest wymagana duża dokładność (3, 6, 11). W tym aparacie przyjęto dokładność rzędu  $0,2^\circ\text{C}$  (wykres 2).

Przy stosowaniu podziałki liniowej należy zważyć, ażeby przyłożone napięcie nie było zbyt duże (3,6—11).

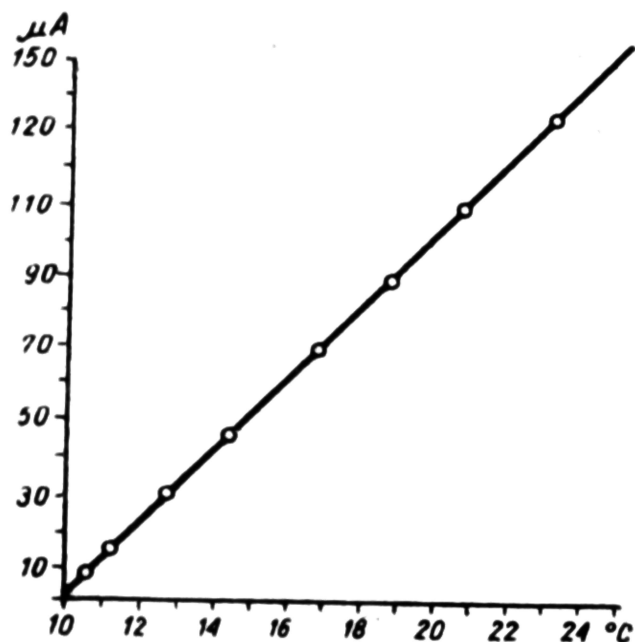
Ujemną stroną termistorowych mierników temperatur jest zjawisko starzenia się termistorów oraz trudność w zaopatrzeniu się w termistory o jednakowych parametrach.

Zjawisko starzenia się termistorów polega na wzroście ich oporności z biegiem czasu. Przyczyn jego jeszcze nie ustalono. W celu usunięcia wpływu starzenia się termistorów na błąd pomiaru, należy przeprowadzić korektę wskazań aparatu mniej więcej raz na trzy miesiące.

Pomocnymi są tu wtedy opory zmienne  $R_{s0}$  i  $R_{s10}$  obwodów sprawdzających. Metodę postępowania w takim przypadku znajdzie czytelnik w cytowanej literaturze.

Brak termistorów o jednakowych parametrach można zrekompensować przez włączanie ich do obwodu mostka za pośrednictwem dodatkowych oporników (3,7).

Z krótkiego opisu, podanego w sposób możliwie najbardziej skondensowany, widać wyraźnie, że mierniki termistorowe umożliwiają osiągnięcie stosunkowo dużej dokładności pomiaru. Proste w budowie, lekkie i wygodne w posługiwaniu się nimi w trudnych warunkach terenowych, przy



Wykres 2. Współzależność między natężeniem prądu elektrycznego przepływającego przez mikroamperomierz z temperaturą czujnika dla podzakresu  $10\text{--}25^\circ\text{C}$  w mierniku zbudowanym w SGGW

Dane techniczne termistorów opracowanych przez Zakład Elektroniki IPPT  
(1 = 10<sup>-6</sup> mm)

Typ		Rozmiary mm	Stała czasu sek.	Temperatura maksymalna °C	$\alpha_{25^{\circ}\text{C}}$ % / °C	$R_{25^{\circ}\text{C}}$ k $\Omega$
Termistory płytkowe	ZE1	9 × 1	60	150	4,8	15
					4,4	1,5
					4,2	0,5
					3,8	0,2
	ZE2	13 × 2	300	120	4,2	0,3
Termistory miniaturowe	ZE3	3 × 1	20		4,4	10–120
	ZE4	3 × 1	20	300	3,6	5–70
	ZE5	0,5	ok. 1		3,3	0,5–20

umiejętnej obsłudze pozwalają na przeprowadzenie wielu badań trudnych do zrealizowania za pomocą przyrządów stosowanych dotychczas. Z tych powodów mogą one mieć bardzo szerokie znaczenie w leśnictwie i drzewnictwie. Korzyści płynące z ich zastosowania zostaną tu pokrótce opisane.

Małe rozmiary czujnika (termistor) i możliwość zainstalowania czujnika w znacznej odległości od miernika, umożliwia przeprowadzenie wielu badań związanych z przejawami życiowymi drzewa. Wystarczy wymienić tylko niektóre z nich, jak badanie nad zaopatrywaniem się w substancje pokarmowe, lub badanie warunków najkorzystniejszego przebiegu żywicowania. Przy pomocy tych aparatów można prześledzić jak kształtują się optymalne warunki powstawania niektórych wad drewna (np. zaparzeń). W suszarniach drewna pozwalają one na pomiar temperatury wewnątrz, a na składnicach — temperatur wewnątrznych mygieł.

Niemale znaczenie mogą mieć termistorowe mierniki temperatur przy badaniach temperatury wewnętrznej silników spalinowych i elektrycznych, a szczególnie warunków ich chłodzenia. Badania takie stosunkowo słabo są zaawansowane w zakresie pracy silników pił mechanicznych (podczas pracy łańcucha w lesie). Odpowiednim mógłby być tu czujnik — termistor płytkowy, który jest znacznie odporniejszy i daje temperatury bardziej wyrównane niż miniaturowy.

Czujniki-termistory miniaturowe, szczególnie typ ZE5, mogą mieć szerokie zastosowanie w zoologii leśnej. Mały ich rozmiar umożliwia pomiar temperatur wewnętrznych ciała zwierzęcia. W niektórych przypadkach, jak np. w entomologii, temperaturę ciała mierzono w otworze odbytowym przy pomocy termopary. Po zastosowaniu miernika opisywanego typu czynność ta ulegnie znacznemu uproszczeniu dzięki prostszej budowie aparatu.

Bardzo łatwy w tym przypadku może być pomiar temperatury skóry zwierzęcia. Przez przytknięcie czujnika do jej powierzchni po upływie ok. 1 sek. można uzyskać odczyt.

Bardzo duże usługi mogą oddać mierniki termistorowe przy badaniu warunków bytowania niektórych organizmów, szczególnie tych, które żyją w ściółce leśnej, czy pod korą drzew. Małe rozmiary, duża czułość, odporność na niszczące działanie środowiska i duża odporność na uszkodzenia mechaniczne — oto największe zalety, którymi odznacza się czujnik-termistor. Pod tym względem przewyższa on znacznie termometry oporowe dotychczas stosowane, czy też termometry zbudowane z zastosowaniem termopary; termometry rtęciowe są zupełnie niewygodne w użyciu i nietrwałe.

Do badań zoologicznych termistorowe mierniki temperatur mogą mieć z reguły prostszą budowę niż w innych przypadkach badań leśnych. Spowodowane to będzie mniejszym całkowitym zakresem temperatur, który będziemy mierzyć, co z kolei wykluczy z mostka kilka odgałęzień dla podzakresów.

Dziedziną badań leśnych, dla której termistorowe mierniki temperatur mogą mieć największe zastosowanie, jest meteorologia i klimatologia. W tym przypadku można zastosować dwie odmiany miernika: uprzednio opisaną oraz jej modyfikację — różnicowy termistorowy miernik temperatur.

Pierwszy z nich można używać do pomiaru temperatury powietrza, podobnie jak to dokonuje się za pomocą termometrów rtęciowych. Typ czujnika musiałby być tu dobrany zależnie od zadania, jakie stawiamy przed miernikiem. Jeżeli pragniemy uzyskać temperatury bardziej przeciętne, na czujnik należałoby stosować termistor płytkowy, natomiast w przypadku, gdy interesuje nas temperatura w danej chwili, — termistor miniaturowy.

Stosowanie tego typu miernika jest dogodnie szczególnie w dwóch przypadkach.

1. Przy pomiarze temperatur powietrza na różnych wysokościach nad poziomem ziemi. Instalowanie termometrów rtęciowych na drzewach sprawiało znaczną trudność przy ich odczytywaniu, szczególnie w okresie zimy (trudności związane z wchodzeniem na drzewo). Przy zastosowaniu miernika termistorowego, czujniki można umieścić na różnych wysokościach i przeprowadzić od nich przewody do miernika zainstalowanego na ziemi. Odczyt temperatury można dokonać wówczas bez konieczności wchodzenia na drzewo. Długość przewodu łączącego, jak już wspomniano uprzednio, nie będzie miała istotnego znaczenia.

2. W razie konieczności jednoczesnego pomiaru temperatur w kilku miejscach na powierzchni doświadczalnej można postępować w sposób podobny jak w p. 1. Czujniki rozmieszcza się w różnych punktach powierzchni i łączy z miernikiem. Odczyt temperatury dokonuje się z jednego miejsca w stosunkowo krótkim czasie. Niekiedy pomiar taki można wykonać przechodząc po powierzchni z miernikiem z wmontowanym jednym czujnikiem i odczytując wskazania miernika w wybranych punktach powierzchni. Szybkość pomiaru będzie prawie równa wówczas szybkości przechodzącego człowieka.

Różnicowe termistorowe mierniki temperatur posiadają wmontowane dwa czujniki; będą one miały znacznie węższe zastosowanie niż mierniki zwykłe. Mogą one oddać duże usługi w przypadku, gdy nie interesuje nas aktualna temperatura, ale różnica dwóch temperatur w dwóch punktach pomiarowych. Można je również stosować przy pomiarze wilgotności po-



wietrza stosując jeden czujnik zwilżony a drugi suchy. Sposób ich instalacji w tym przypadku może być podobny jak i mierników zwykłych.

Niemale znaczenie mogą mieć termistorowe mierniki temperatur w badaniach hodowlanych. W wielu przypadkach konieczny jest szybki pomiar temperatury czy wilgotności powietrza na powierzchniach doświadczalnych w drzewostanach i szkółkach. Duże usługi, dzięki małemu wymiarowi czujnika i jego trwałości może oddać ten typ miernika przy pracach badawczych z nasiennictwa.

Często zachodzi konieczność zbadania temperatur wewnętrznych kup kompostowych. Przy pomocy termometrów rtęciowych zadanie to jest utrudnione. W przypadku zastosowania termometrów termistorowych możemy stosunkowo łatwo pokonać trudności wbijając kolejno na różne głębokości w różnych miejscach kupy czujnik przymocowany odpowiednio do żerdzi.

Duże usługi może również oddać ten miernik przy badaniu temperatury gleby. Czujnik umieszcza się wówczas na różnych głębokościach, a odczyty dokonuje się na mierniku stojącym w szafce na odpowiedniej wysokości. Termometry rtęciowe stosowane dotychczas ulegają łatwo zniszczeniu podczas badań. Mierniki termistorowe zapewniają dużą trwałość tej instalacji.

Z krótkiego opisu zasad działania i przykładów zastosowania termistorowych mierników temperatur widać wyraźnie, że mogą one mieć duże znaczenie w leśnych pracach badawczych. Podstawową ich zaletą jest duża trwałość, łatwość obsługi i możliwość pomiaru temperatur w warunkach nastroczających duże trudności przy dotychczas stosowanych metodach pomiarowych. Oczywiście jest rzeczą, że artykuł ten nie wyczerpuje całości zagadnienia. Zasady konstrukcyjne i podstawy teoretyczne można znaleźć w przytoczonej literaturze specjalnej.

W przypadku podjęcia decyzji o zastosowaniu opisanego aparatu, należy przystąpić do jego konstrukcji samodzielnie. Egzemplarze dotychczas zbudowane w kraju (poza egzemplarzem zbudowanym przez Zakład Użytkowania Lasu SGGW) zupełnie nie są dostosowane do warunków pracy w lesie. Każdy aparat tego typu może pracować tylko w warunkach jednakowej wymiany ciepła między czujnikiem a otoczeniem (1). Aparat zbudowany w SGGW i dostosowany do pomiaru temperatur drewna może mieć zastosowanie w innych przypadkach badań leśnych dopiero po odpowiednim przeskalowaniu. W przeciwnym przypadku możliwe jest powstanie znacznego błędu pomiaru.

*Z Zakładu Użytkowania Lasu SGGW*

#### LITERATURA

1. Mikke K. — Materiały zmiennoporowe. „Przegląd elektrotechniczny“, t. 31, z. 10—11/55, s. 771.
2. Schmidt B., Mikke K., Sołtys Z. — O pewnych właściwościach elektrycznych spieków tlenków niklu, manganu i miedzi. Archiwum elektrotechniki, t. IV, nr 4/55, s. 621.
3. Schmidt B., Kuźma E. — Termistory krajowe i ich zastosowanie do pomiaru temperatur. Pomiary, automatyka, kontrola, nr 2/55, s. 45.

4. Kalinowski S. i Kalinowska - Widomska E. Fizyka. Warszawa 1946.
5. Joffe A. F. — Полупроводники и их применения. Москва 1956.
6. Beakley W. R. — The design of thermistor thermometers with the linear calibration. „Journal of Scientific Instruments“, t. 31, nr 6/51, s. 176.
7. McLean J. A. — A method for constructing direct reading thermistor thermometers. „Journal of Scientific Instruments“, t. 28, nr 12/54, s. 455.
8. Garwicht Z. S. — A field instrument for measuring temperature of natural boiling pools. „Journal of scientific Instruments“. t. 32, nr 7/55, str. 261.
9. Macrayden A. — A simple device for recording mean temperatures in confined spaces. „Nature“ t. 164, nr 4179/49 s. 965.
10. Andrew B. L. — The Thermistor in biological research. „Electronic Engineering“, t. 19, nr 235/47, s. 288.
11. Keonijan E., Schaffner I. S. — Shaping the characteristics of temperature — sensitive elements. Trans. Am. Inst. El. Eng. t. 73 IX, 1954, s. 39.
12. Jabłoński A. — Rozruszniki termistrowe. Prace Instytutu Elektrotechniki, nr 1/54, s. 51.
13. Rutkowski W. — Badania nad termistorami. Biuletyn Informacyjny Instytutu Ministerstwa Hutnictwa, nr 5/54, s. 13.
14. Laniecki W. — Półprzewodniki. Warszawa 1951.

Praca wpłynęła do Komitetu Redakcyjnego 29 grudnia 1958 r.

#### Краткое содержание

Во время исследовательских работ Кафедры Лесопользования Главной Школы Сельского Хозяйства, возникла необходимость измерения температуры древесины.

Ни один из существующих и находящихся в продаже измерителей не отвечал задаче, которую должен был выполнить. Разрешить это могли термистровые измерители температур

Основным элементом этого типа измерителя является термистор, выполняющий роль улавливателя. Он вмонтирован в систему называемую мостиком Лостона. Основными положительными чертами термисторов в измерителях температур является большая их сопротивляемость и большой тепловой отрицательный коэффициент сопротивления.

Аппарат сконструированный в Главной Школе Сельского Хозяйства даёт возможность измерения температур в пределах от  $-10^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ , с точностью  $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ . Вся шкала была разделена на шесть поддиапазонов. Это было продиктовано необходимостью получения большей точности показаний а также стремлением получения линейной зависимости между напряжением тока и температурей. Аппарат питается одной плоской батареей (три сухих элемента, дающие ток с суммарным напряжением 4,5 v).

Аппараты этого типа могут иметь очень большое значение в лесных исследовательских работах. Они могут иметь самое широкое применение в метеорологии, лесоводстве, лесной зоологии и почвоведении. В других отраслях лесного экспериментального дела они также могут оказать большие услуги, давая возможность или значительно облегчая измерение температур. Поэтому поводу они заслуживают на большее внимание. До сих пор в лесных работах термисторный измеритель температур применяется исключительно на Кафедре Лесопользования Главной Школы Сельского Хозяйства.

## S u m m a r y

In the course of investigations performed by the Extention of Forest Exploitation of the Central Schoole of Agriculture, measurements of wood temperatures were required.

None of the meters in current use and on sale were found satisfactory for meeting the required purpose. Only thermistor temperature meters would have been appropriate. The essential member of this type of meter is the thermistor built into the apparatus called Wheatston's bridge, a very sensitive device. The chief advantages of the thermistor temperature meter are: — high resistance and high negative resistance and high negative heat resistance. The apparatus devised and executed at the Central School of Agriculture enables to take temperatures ranging from  $-10^{\circ}\text{C}$  to  $+50^{\circ}\text{C}$  with accuracy of  $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ . The entire indicator range is subdivided into six sub-ranges. This was implied for obtaining greater accuracy and the required linear correlation between the current intensity and temperature.

The apparatus is charged by one flat battery (three dry elements producing current of 4,5 V absolute power).

This apparatus type may be of extensive use in forestry investigations. Also, for metereology, silviculture, forest zoology and soil science purposes. Besides other fields of forest experimentation work where its application may render great service enabling, to, and facilitating measurements of temperature.

More interest should be taken in the device, hitherto used only by the Extention of the Forest Exploitation of the Central School of Agriculture.