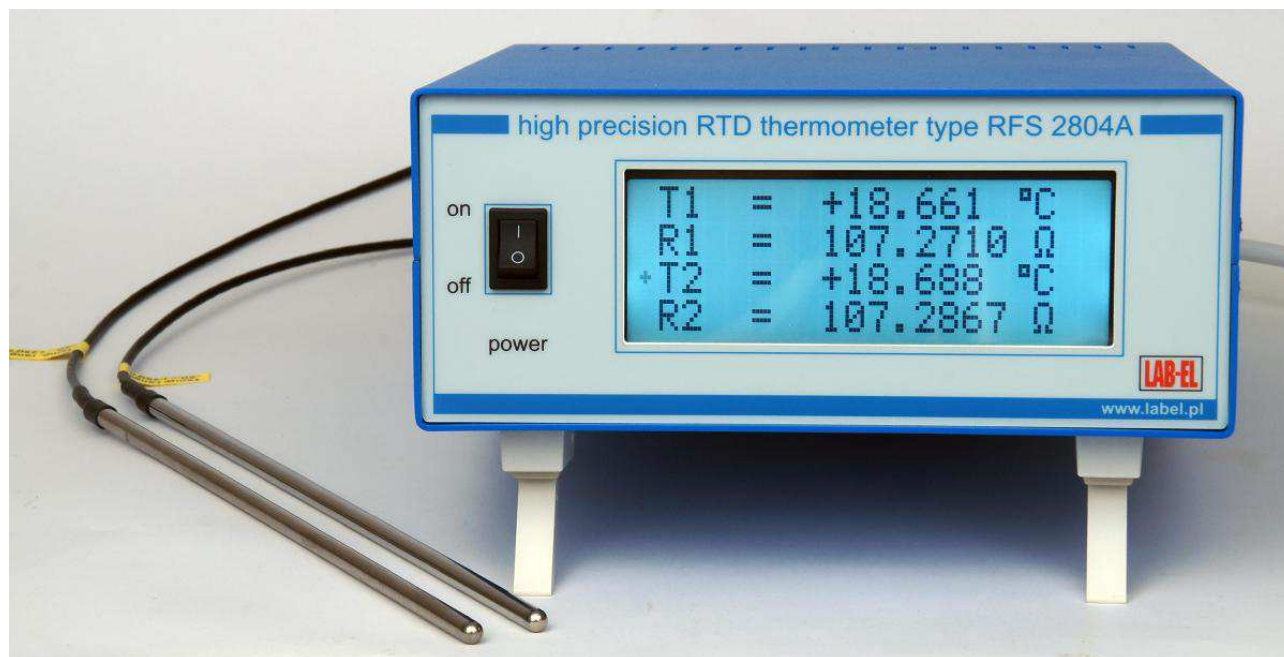




Precyzyjny termometr cyfrowy typ RFS 2804A

Instrukcja obsługi v.6

Spis treści

1 Cechy produktu.....	5
1.1 Zastosowania	5
2 Opis produktu	6
3 Użytkowanie	8
3.1 Bezpieczeństwo	8
3.2 Przygotowanie do pracy	8
3.3 Sekwencja początkowa	9
3.4 Praca niezależna (bez komunikacji z PC)	11
3.5 Praca z komputerem PC i aplikacją Thermometer Utility	11
3.6 Praca z komputerem PC i oprogramowaniem stworzonym przez użytkownika	11
3.7 Wewnętrzna bateria	11
3.8 Kalibracja	11
3.9 Wymiary zewnętrzne	12
3.10 Gwarancja	12
4 Informacje dla zaawansowanych użytkowników	13
4.1 Schemat blokowy	13
4.2 Sondy	14
4.3 Przedłużacz	15
4.4 Kalibracja rezystancji	15
4.5 Współczynniki	15
4.6 Interfejsy	16
Dodatek A: Typowe osiągi termometru RFS 2804A	17
Dodatek B: Oprogramowanie Thermometer Utility	23
B1 Wiadomości ogólne	23
B1.1 Instalacja i wymagania	23
B1.2 Wygląd głównego okna	23
B2 Przeglądanie i konfiguracja wykresu	25
B3 Rejestrowanie wyników pomiarów	27
B3.1 Zapisywanie i ponowne użycie nagranych danych	29
B4 Konfiguracja	29
B5 Kalibracja	31
B6 Sterowniki portu USB	33
Dodatek C: Protokół komunikacji	34
C1 Interfejsy komunikacyjne	34
C2 Protokół SCPI	34
C2.1 Składnia	34
C2.2 Komendy	34
C2.3 Znak końca komendy	35

C2.4 Struktura komend	35
C2.5 Zapytanie	36
C2.6 Parametry	36
C2.7 Komendy specjalne	36
C2.8 Znaki specjalne	36
C2.9 Sposób wykonania komend	36
C2.10 Komendy domyślne	37
C3 Rejestry statusu	38
C3.1 Rejestr statusu STB.....	38
C3.2 Rejestr zdarzeń ESR.....	38
C3.3 Rejestr operacji OPER.....	39
C3.4 Rejestr wiarygodności QUES.....	39
C3.5 Kolejka błędów	39
C3.6 Rejestry maski	39
C4 Parametry komend	40
C4.1 Parametr binarny <boolean>.....	40
C4.2 Parametr całkowitoliczbowy <int>.....	40
C4.3 Parametr zmiennoprzecinkowy <double>.....	40
C4.4 String.....	40
C4.5 Lista kanałów <channel list>	40
C5 Komendy specjalne.....	41
C6 Katalog komendy termometru.....	42
C6.1 Drzewo komend.....	42
C6.2 Komendy pomiarowe.....	44
C6.2.1 :INITiate	44
C6.2.2 :CONFigure	45
C6.2.3 :CONFigure?	45
C6.2.4 Komendy odczytu wyniku :FETCh? i :READ?	46
C6.2.5 :MEASure?	46
C6.3 :UNIT – obsługa jednostek pomiarowych	47
C6.4 :INPut – konfiguracja wejść układu pomiarowego	47
C6.4.1 :FILTer – konfiguracja filtru	47
C6.5 :SENSe –konfiguracja parametrów pomiaru	47
C6.5.1 :AVERage –ustawienie uśredniania pomiaru	48
C6.5.2 :OVERflow –sprawdzenie poprawności pracy sond	48
C6.6 :CALibration –komendy kalibracji	49
C6.6.1 :ALL – autokalibracja	49
C6.6.2 :SECure – odblokowanie kalibracji	49
C6.6.3 :RESistance – kalibracja pomiaru rezystancji.....	49
C6.6.4 :CH1 (CHannel1) i :CH2 (CHannel2) – kalibracja sond	50
C6.7 :MEMory – obsługa pamięci EEPROM	50
C6.8 :DISPlay – obsługa wyświetlacza	51
C6.9 :STATus –obsługa rejestrów statusu	52
C6.9.1 :OPERation – rejestr operacji	52
C6.9.2 QUESTIONable – rejestr wiarygodności.....	52
C6.9.3 :PRESet	52
C6.10 :SYSTem.....	52

C6.10.1 :ERRor – odczyt błędów	52
C6.10.2 :DATE <rok, miesiąc, dzień>	52
C6:10:3 :TIME <godzina, minuta, sekunda>	52
C7 Zgłaszane błędy	53
C7.1 Błędy urządzenia	53
C7.2 Błędy SCPI	54

1 Cechy produktu

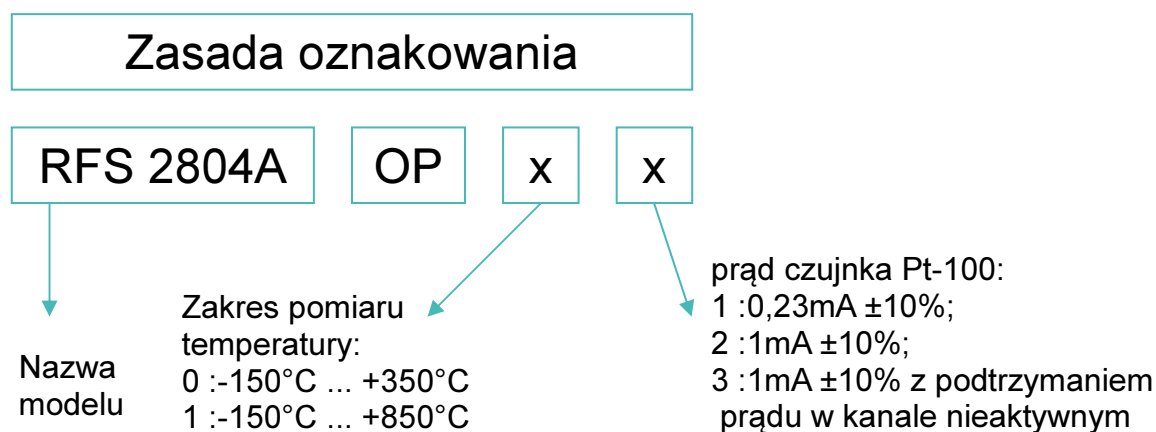
- ✧ rezystory Pt-100 jako czujniki temperatury
- ✧ dwa kanały pomiarowe
- ✧ pamięć współczynników kalibracyjnych wewnątrz wtyku sondy
- ✧ wysoka rozdzielczość (0,001 °C)
- ✧ niepewność pomiaru nawet do ± 0.007 °C (wersja specjalna, na życzenie), ± 0.020 °C dla standardowej sondy
- ✧ wewnętrzne obwody autokalibracji
- ✧ prosta obsługa
- ✧ obudowa wykonana z trwałych materiałów
- ✧ oprogramowanie Thermometer Utility w cenie produktu
- ✧ wyświetlacz LCD o dużej wysokości znaków
- ✧ dane kalibracyjne chronione systemem potrójnego zapisu do pamięci
- ✧ możliwość wprowadzania własnych współczynników Callendar- Van Dusen'a
- ✧ możliwość wyświetlania temperatury w °C, °F, K
- ✧ wyświetlanie dodatkowego parametru: gradientu, rezystancji lub różnicy temperatur
- ✧ interfejsy USB i RS-232

1.1 Zastosowania

- ✧ kalibracja i kontrola termometrów
- ✧ kalibracja i kontrola modeli ciał doskonale czarnych poprzez pomiar kontaktowy
- ✧ kalorymetria
- ✧ kalibracja i kontrola łaźni wiskozymetrycznych
- ✧ kalibracja i kontrola termostatów

2 Opis produktu

Urządzenie typu RFS2804A jest laboratoryjnym, precyzyjnym termometrem cyfrowym wykorzystującym rezystory platynowe Pt-100 jako czujniki temperatury. Urządzenie posiada dwa kanały pomiarowe. Zakres pomiaru temperatur wynosi od -150°C do +350°C dla opcji 0x oraz od -150°C do +850°C dla opcji 1x (ograniczenie układu pomiaru rezystancji; sonda posiada własne ograniczenia). Cechą szczególną urządzenia jest wysoka rozdzielczość (0,001°C) i niska niepewność pomiaru temperatury (do $\pm 0,007^\circ\text{C}$ - dotyczy sondy skalibrowanej na życzenie w GUM). Termometr cyfrowy RFS2804A posiada wewnętrzne obwody autokalibracji, dzięki którym wyeliminowany został dryft wskazań termometru spowodowany potencjałami termicznymi i starzeniem elementów elektronicznych (technologia rezystorów firmy *Vishay* i technologia *Current Reversal*). Sekwencja autokalibracji odbywa się automatycznie, w sposób niezauważalny dla użytkownika. Obsługa termometru RFS2804A jest intuicyjna. Zaawansowane opcje konfiguracji i gromadzenia danych pomiarowych dostępne są z poziomu sterującej aplikacji na komputer PC. Sondy termometru posiadają wbudowaną pamięć współczynników kalibracyjnych. Obudowa urządzenia wykonana jest z trwałych materiałów (aluminium pokryte farbą proszkową) i wyposażona jest w odporny na zarysowania panel czołowy. Wyświetlacz o dużej wysokości znaków przystosowany jest do przedstawiania wielu parametrów jednocześnie. Podstawowe parametry i cechy urządzenia przedstawiono w tabeli **Tab. 1**.



Tab. 1. Parametry i cechy urządzenia RFS 2804A

Zakres mierzonych temperatur (ograniczenia układu pomiarowego, należy uwzględnić ograniczenia sondy)	-150°C ... +350°C (0 ... 230,0000Ω) -OPT0x -150°C ... +850°C (0 ... 450,0000Ω) -OPT1x
Rozdzielczość pomiaru temperatury	0,001°C (1mK), szum $\leq \pm 1\text{mK}$ -OPT0x 0,001°C (1mK), szum $\leq \pm 3\text{mK}$ -OPT1x
Niepewność pomiaru temperatury	$\pm 0,007^\circ\text{C}$ w zakresie $0^\circ\text{C} \dots 100^\circ\text{C}$; $\pm 0,00014^*(T-50^\circ\text{C})$ poza (z sondą skalibrowaną na życzenie w GUM) $\pm 0,020^\circ\text{C}$ w zakresie $0^\circ\text{C} \dots 100^\circ\text{C}$; $\pm 0,0004^*(T-50^\circ\text{C})$ poza (z sondą skalibrowaną przez RF Scientific) $\pm 0,080^\circ\text{C}$ w zakresie $\pm 0,0016^*(T-50^\circ\text{C})$ poza (z sondą nieskalibrowaną)
Prąd płynący przez czujnik Pt-100	RFS 2804A OPT x1: $0,23\text{mA} \pm 10\%$; RFS 2804A OPT x2: $1\text{mA} \pm 10\%$; RFS 2804A OPT x3: $1\text{mA} \pm 10\%$ uwaga: podtrzymanie prądu w kanale nieaktywnym
Moc samoogrzewania czujnika Pt-100	RFS 2804A OPT x1: $5,8\mu\text{W}$ dla 0°C RFS 2804A OPT x2: $101\mu\text{W}$ dla 0°C RFS 2804A OPT x3: $101\mu\text{W}$ dla 0°C
Zasilanie	$230\text{VAC} \pm 10\%$, 45...65 Hz
Pobór mocy	6VA max. 4VA typowo
Bezpiecznik	2x zwłoczny 50mA 250V; 5x20mm
Złącza	⤴ zasilanie 230V – IEC C14 ⤴ USB B- złącze komunikacji z komputerem ⤴ DB9 -RS-232 złącze komunikacji z komputerem
Parametry komunikacji RS-232	Baud rate: 9600; data bits: 8; parity:no; stop bits:1
Standard USB	USB 2.0
Protokół komunikacji	zgodny ze SCPI
Zakres temperatur	przechowywanie: $-10^\circ\text{C} \dots +60^\circ\text{C}$; użytkowanie: $10^\circ\text{C} \dots 40^\circ\text{C}$, non-condensing
Wymiary	270 x 213 x 105 mm (1/2 szerokości modułu 19")
Ciężar	około 1,5kg

3 Użytkowanie

3.1 Bezpieczeństwo

Termometr RFS 2804A jest urządzeniem laboratoryjnym przeznaczonym do użytkowania wewnątrz pomieszczeń. Urządzenie zasilane jest z sieci 230V, zatem użytkownik zobowiązany jest do przestrzegania wszelkich zasad bezpieczeństwa związanych z obsługą urządzeń elektrycznych. Gniazdo sieciowe, do którego podłączony jest termometr musi posiadać sprawny obwód zerowania.

3.2 Przygotowanie do pracy

1. Podłącz jedną lub dwie sondy (zależnie od potrzeb) do gniazd znajdujących się na tylnej ścianie urządzenia.
2. Podłącz termometr do sieci 230V.
3. Włącz urządzenie poprzez naciśnięcie przycisku POWER.
4. Przeczytaj informacje wyświetlane na wyświetlaczu (rozdział 3.3).
5. Zaczekaj aż licznik postępu autokalibracji osiągnie 100%.

Termometr jest gotowy do pracy niezależnej.

Następujące kroki są wymagane do rozpoczęcia pracy z użyciem programu Thermometer Utility.

Zaleca się zainstalowanie sterownika portu USB i aplikacji Thermometer Utility przed pierwszym podłączeniem termometru do komputera PC (szczegóły w rozdziale B1.2).

6. Podłącz termometr do komputera PC używając przewodu USB lub RS-232.
7. Uruchom aplikację Thermometer Utility.
8. Naciśnij przycisk „Wyszukaj” aby wyszukać podłączone urządzenie.
9. Naciśnij przycisk „Połącz” aby nawiązać połączenie komputera z termometrem.

Szczegółowe wiadomości na temat użytkowania aplikacji Thermometer Utility znajdują się w dodatku B niniejszej instrukcji.

3.3 Sekwencja początkowa

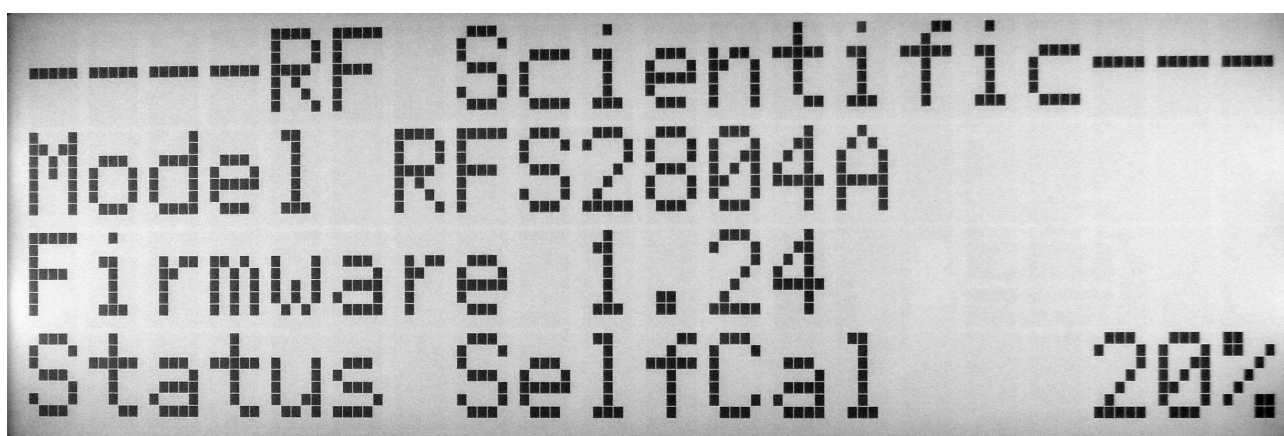
Po włączeniu zasilania termometru, na wyświetlaczu pojawia się sekwencja informacji istotnych dla użytkownika. Cała sekwencja trwa od około 40 do 120s, w zależności od liczby uśrednianych pomiarów (N=1 do 10). Poszczególne ekrany opisywane są w kolejności pojawiania się na wyświetlaczu.

Pierwszy ekran (Rys 1) zawiera podstawowe informacje na temat termometru:

Nazwa producenta;

Nazwa modelu;

Wersja oprogramowania wbudowanego (firmware);



Rys 1

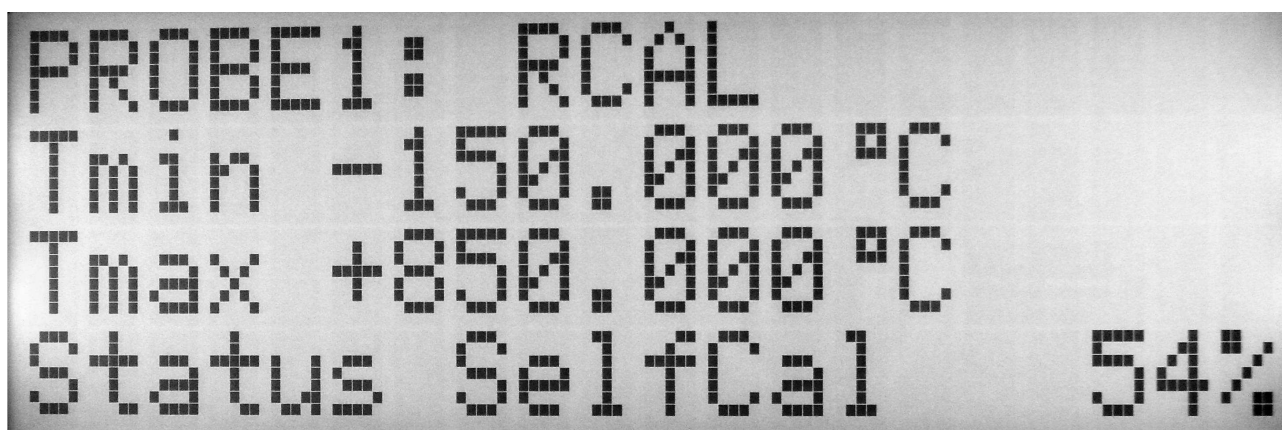
Postęp procesu wewnętrznej autokalibracji;

Drugi ekran (Rys 2) zawiera informacje dotyczące sondy podłączonej do kanału CH1:

Nazwa sondy wpisana podczas kalibracji;

Minimalna dopuszczalna temperatura; informacja o przekroczeniu tego limitu (w tym przypadku nie występuje);

Maksymalna dopuszczalna temperatura; informacja o przekroczeniu tego limitu (w tym przypadku nie występuje);



Rys 2

Postęp procesu autokalibracji;

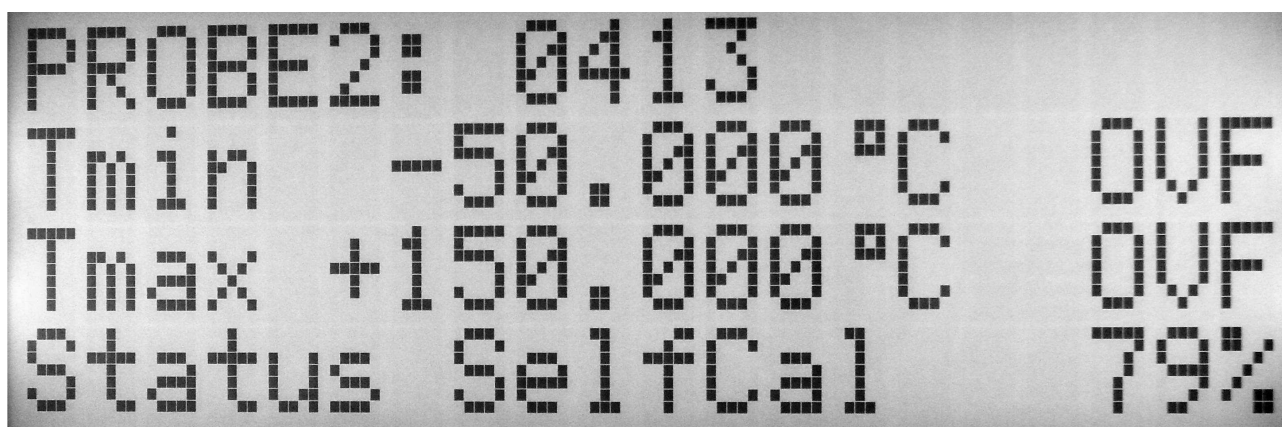
Trzeci ekran (Rys 3) zawiera informacje dotyczące sondy podłączonej do kanału CH2:

Nazwa sondy wpisana podczas kalibracji;

Minimalna dopuszczalna temperatura; informacja o przekroczeniu tego limitu (w tym przypadku występuje);

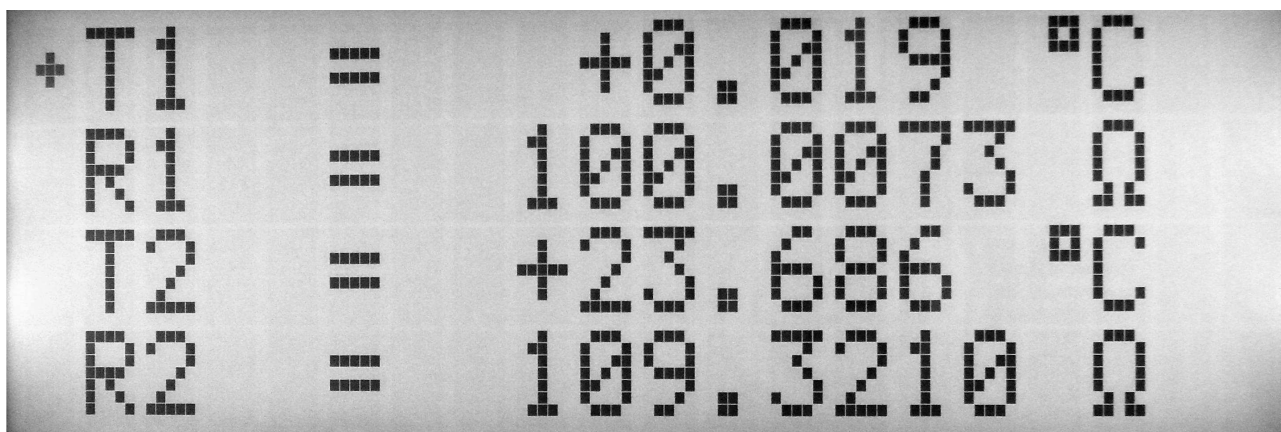
Maksymalna dopuszczalna temperatura; informacja o przekroczeniu tego limitu (w tym przypadku występuje);

Postęp procesu autokalibracji;



Rys 3

Gdy licznik postępu autokalibracji osiągnie 100% termometr przechodzi do normalnego trybu pracy i jest gotowy do użytkowania (Rys 4). Pulsujący znak „+” obok napisu T1 lub T2 wskazuje na aktualnie mierzony kanał.



Rys 4

3.4 Praca niezależna (bez komunikacji z PC)

Termometr RFS 2804A został zaprojektowany w sposób zapewniający łatwy i intuicyjny sposób obsługi. Procedura została opisana w rozdziale 3.2.

3.5 Praca z komputerem PC i aplikacją Thermometer Utility

Oprogramowanie Thermometer Utility wspomaga proces akwizycji danych pomiarowych z termometru RFS 2804A. Oprogramowanie jest zgodne z systemami operacyjnymi Microsoft Windows.

Oprogramowanie umożliwia:

1. Monitorowanie wybranych parametrów w dziedzinie czasu za pomocą konfigurowalnego wykresu.
2. Akwizycję, rejestrowanie danych pomiarowych. Zaawansowane opcje umożliwiają wybór chwili rozpoczynania i zakończenia rejestracji.
3. Konfigurację termometru do pracy niezależnej.
4. Rekalibrację wewnętrznych obwodów pomiaru rezystancji, odczyt i zapis pamięci współczynników kalibracyjnych.

Szczegółowy opis wszystkich funkcji oprogramowania Thermometer Utility oraz wskazówki dotyczące obsługi, znajdują się w dodatku B.

3.6 Praca z komputerem PC i oprogramowaniem stworzonym przez użytkownika

Do konfigurowania i odczytu danych z termometru użytkownik może używać

własnego oprogramowania lub skorzystać z dostępnych w internecie aplikacji typu terminal. Dodatek C zawiera szczegółowy opis protokołu komunikacji z termometrem.

3.7 Wewnętrzna bateria

Wewnątrz obudowy znajduje się bateria wykorzystywana do podtrzymywania wewnętrznego zegara (w tym daty) i pamięci ostatnio wybranych ustawień pomiaru i wyświetlania. Czas życia baterii szacowany jest na 5 lat. W przypadku stwierdzenia nieprawidłowych odczytów daty, należy wymienić w/w baterię. Poprawne ustawienie daty jest szczególnie istotne podczas dokonywania kalibracji przyrządu. Bateria litowa 3V typ CR 2032.

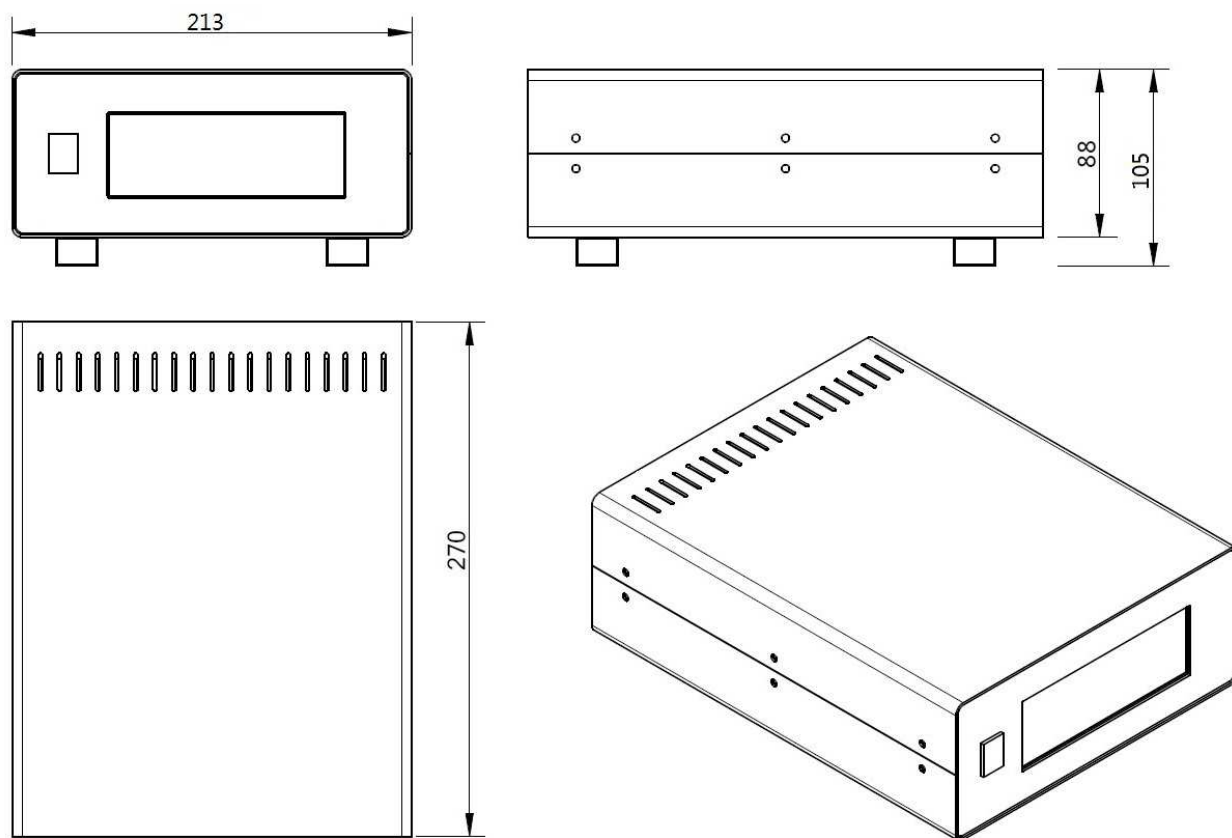
3.8 Kalibracja

Zaleca się kalibrację przyrządu RFS2804A co 24 miesiące.

Kalibracja sond zalecana jest:

- co 24 miesiące, jeżeli pracują w $T < 200^{\circ}\text{C}$
- co 12 miesięcy, jeżeli pracują w $T \geq 200^{\circ}\text{C}$

3.9 Wymiary zewnętrzne



Rys 5: Wymiary zewnętrzne. Jednostka: mm

3.10 Gwarancja

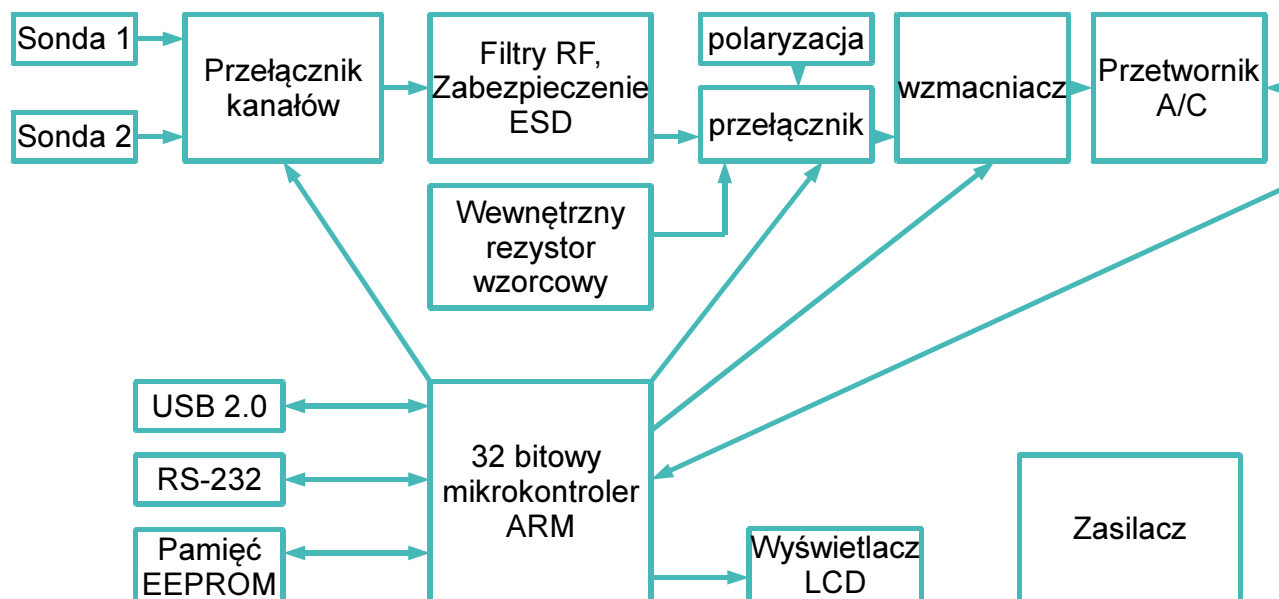
W przypadku problemów lub awarii urządzenia należy skontaktować się z producentem. Producent udziela 12 miesięcznej gwarancji na termometr RFS 2804A wraz z zakupionymi akcesoriami. Bezpłatnej gwarancji nie podlegają uszkodzenia wynikłe z niewłaściwego użytkowania przyrządu.

4 Informacje dla zaawansowanych użytkowników

4.1 Schemat blokowy

Przyrząd RFS 2804A jest mikroprocesorowym termometrem, który z dużą dokładnością mierzy rezystancję podłączonego czujnika Pt-100 a następnie wylicza jego temperaturę przy użyciu równania Callendar– Van Dusen'a i współczynników kalibracyjnych sondy. Dla zapewnienia wysokiej dokładności

i niezawodności urządzenia, do produkcji użyto nowoczesnych podzespołów wysokiej jakości. Schemat blokowy urządzenia przedstawia Rys 6.

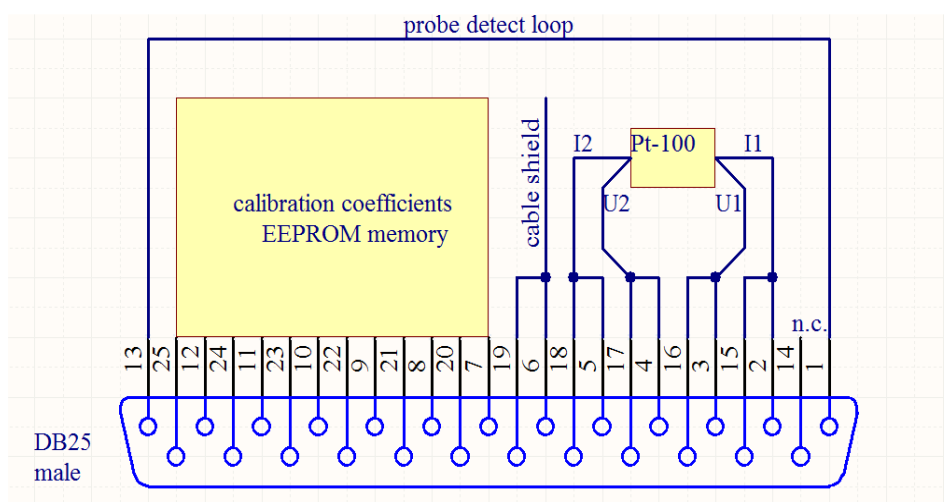


Rys 6: Schemat blokowy termometru RFS 2804A

4.2 Sondy

Termometr obsługuje dwie sondy temperatury z czujnikami Pt-100. Dla zapewnienia najwyższej dokładności, sondy wykorzystują technikę czteroprzewodowego pomiaru rezystancji. Przewód łączący sondę z termometrem jest ekranowany w celu zredukowania poziomu zakłóceń elektromagnetycznych. Współczynniki kalibracyjne sondy przechowywane są w pamięci nieulotnej wbudowanej we wtyk sondy. Dane kalibracyjne chronione są dodatkowo przy użyciu techniki trzykrotnego zapisu z arbitrażem. Typowa

sonda precyzyjna (model L-1) przedstawiona jest na Rys 7. Schemat wewnętrznych połączeń we wtyku DB25 sondy przedstawiono na Rys 8.



Rys

8: Schemat połączeń wewnątrz wtyku sondy

Uwaga: Większość dostępnych sond do pomiaru temperatury posiada uziemioną metalową osłonę.

Urządzenie RFS 2804A posiada dwa kanały pomiarowe. Gdy podłączone są dwie sondy pomiarowe, co ok. 1,5s następuje przełączanie aktywnego kanału (czas ten wydłuża się kiedy wybrana jest funkcja uśredniania wyników pomiaru).

4.3 Przedłużacz

Sondy mogą być podłączone do termometru RFS2804A za pomocą przedłużaczy o długości do 8m bez zauważalnego pogorszenia własności metrologicznych. W otoczeniu silnie zakłóconym elektromagnetycznie zastosowanie przedłużaczy może jednak wpłynąć na wyniki pomiarów zwiększeniem szumu.

4.4 Kalibracja rezystancji

W przypadku konieczności kalibracji wskazań przyrządu RFS2804A lub użytkowania go jako precyzyjny omomierz, należy zastosować złącze DB25M zgodnie z rysunkiem Rys 8 i użyć wtyku DB25M do podłączenia zewnętrznego rezystora wzorcowego (zalecane wartości od 90Ω do 210Ω). Niezbędne jest połączenie oznaczone jako „probe detect loop” dzięki któremu przyrząd kontroluje poprawność włożenia wtyczki do gniazda sondy. Odczyty ujemnych wartości rezystancji mierzonej np. -100.0000Ω są skutkiem zamiany przewodów np. U1 z U2 lub I1 z I2. Należy wówczas zamienić odpowiednie zaciski, gdyż w przeciwnym wypadku termometr zgłosi błąd kalibracji.

Uwaga: Podczas kalibracji wewnętrznego rezystora, wzorcowy rezystor zewnętrzny MUSI być podłączony do kanału CH1.

4.5 Współczynniki

Termometr wykorzystuje współczynniki równania Callendar– Van Dusen'a do wyznaczenia temperatury. Każda sonda posiada zapisany w pamięci unikalny zestaw współczynników uzyskanych podczas kalibracji. W przypadku, gdy pamięć sondy nie jest zapisana, lub nie dołączono pamięci, termometr będzie przeliczał temperaturę na podstawie parametrów domyślnych przedstawionych w **Tab. 2**.

Tab. 2. Domyślne wartości współczynników

R0	100.0000	
coef:		
coef[0]	3.908e-3	(A)
coef[1]	-5.775e-7	(B)
coef[2]	-4.183e-12	(C)
pcor	0,0,0	
ncor	0,0,0	
tmin	-50.0	
tmax	200.0	

W trybie wyświetlania rezystancji, wyświetlany wynik nie jest poddawany żadnym przeliczeniom ani korektom i stanowi „surowe dane”.

4.6 Interfejsy

Termometr wyposażony jest w interfejsy USB 2.0 oraz RS-232. Protokół komunikacji jest zgodny z językiem SCPI.

Szczegóły protokołu SCPI i dokładny opis komend znajduje się w Dodatku B. Odpowiedni sterownik portu USB można pobrać ze strony internetowej www.rfscientific.pl jako plik „STM_VCP_DRIVER.zip”

Przykłady najczęściej wykorzystywanych komend zamieszczono poniżej.

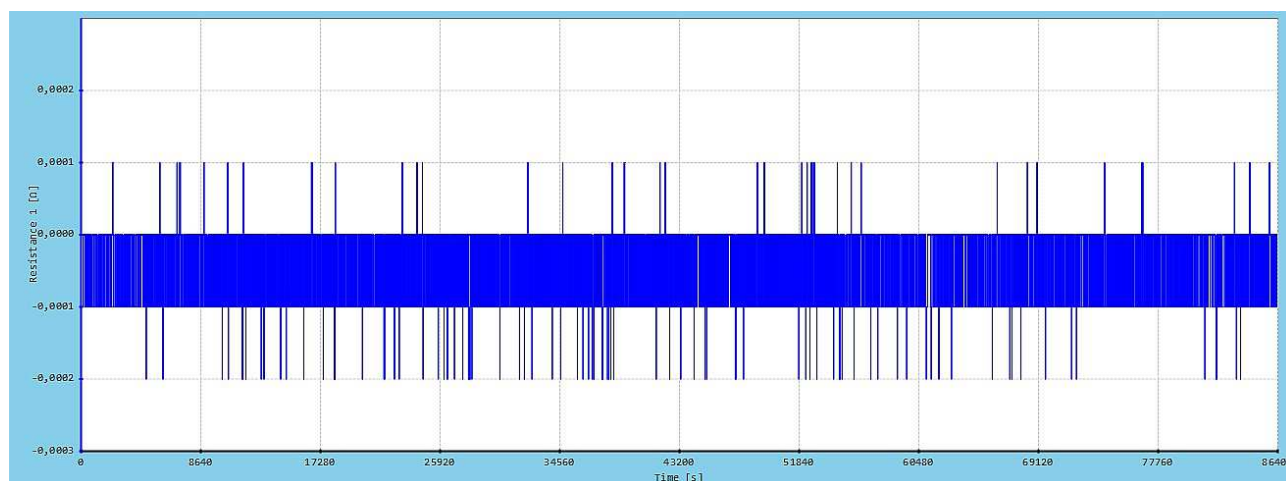
*idn?\$00	komenda „przedstaw się”, odpowiedź np. „RF Scientific, RFS2804A OPT02, 0413, 1.1”
:syst:date?; time?\$00	zapytanie o datę i godzinę
:syst:date 2013,04,04; time 23,22,00\$00	ustawianie daty i godziny
:disp:menu:name res\$00	ustawienie wyświetlania rezystancji
:disp:menu:name grad\$00	ustawienie wyświetlania gradientu
:init:cont off; cont?\$00	włączenie ciągłego wysyłania wyników
:meas:temp:val? (@1)\$00	wyślij wynik pomiaru temperatury z CH1
:sens:aver:coun 4\$00	włączone uśrednianie wyników 4 pomiarów
:cal:sec:stat 1,2804\$00;:cal:sec:stat?\$00	odblokowanie kalibracji, potwierdzenie „ON”
:cal:res:val 100.0034\$00	kalibracja wewnętrznego rezystora względem podłączonego do CH1 rezystora wzorcowego o wartości 100.0034 Ω

Dodatek A: Typowe osiągi termometru RFS 2804A

(OPT03, S/N 0713)

Tab.3. Badanie dobowego dryftu zera

Warunki pomiaru				
Konfiguracja podczas pomiarów	Czas pomiaru [h]	Temperatura otoczenia [°C]	Napięcie zasilające [V]	Wyniki
CH1: "zero czteroprzewodowe" uśrednianie: N=10	24	18...28	218...234	Rys 9

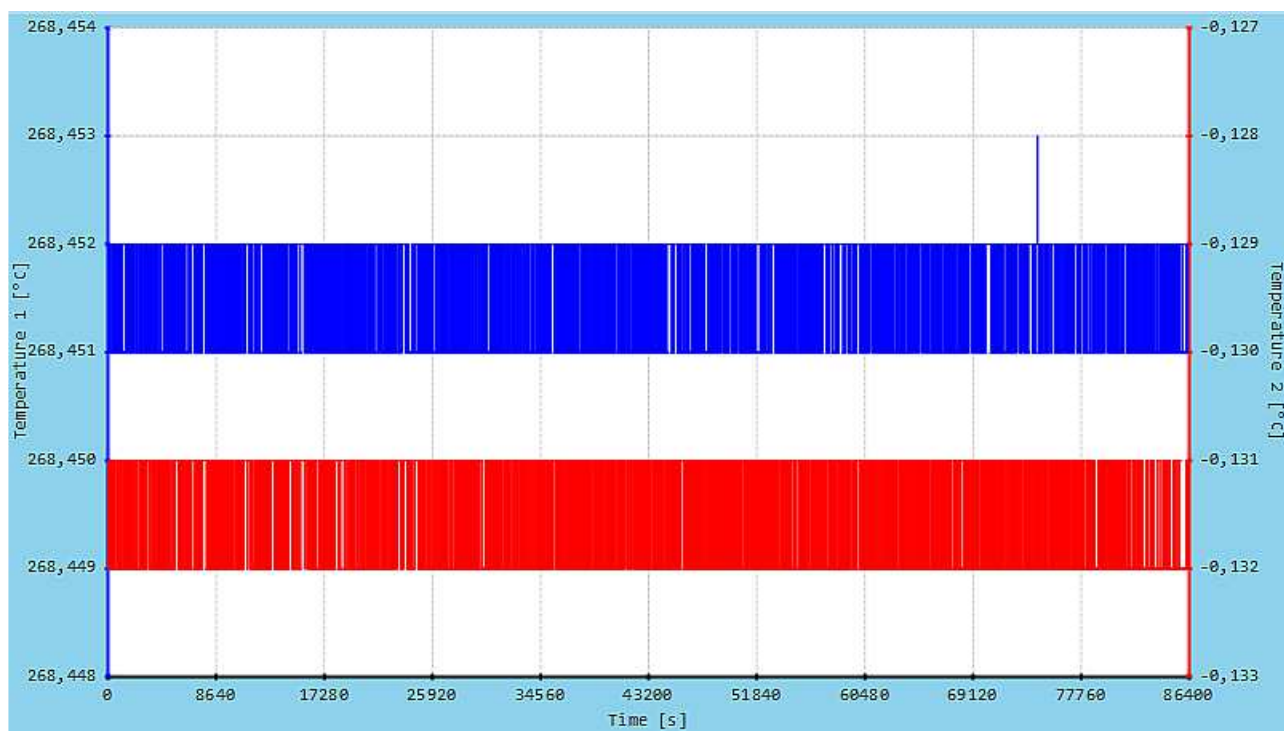


Rys 9: Min. = -0,0002Ω; Max. = 0,0001Ω ; największe wskazanie: 230,0000Ω

Tab.4. Badanie całkowitego dobowego dryftu (dryft zera i wzmacnienia przy typowym poziomie zakłóceń elektromagnetycznych

Warunki pomiaru

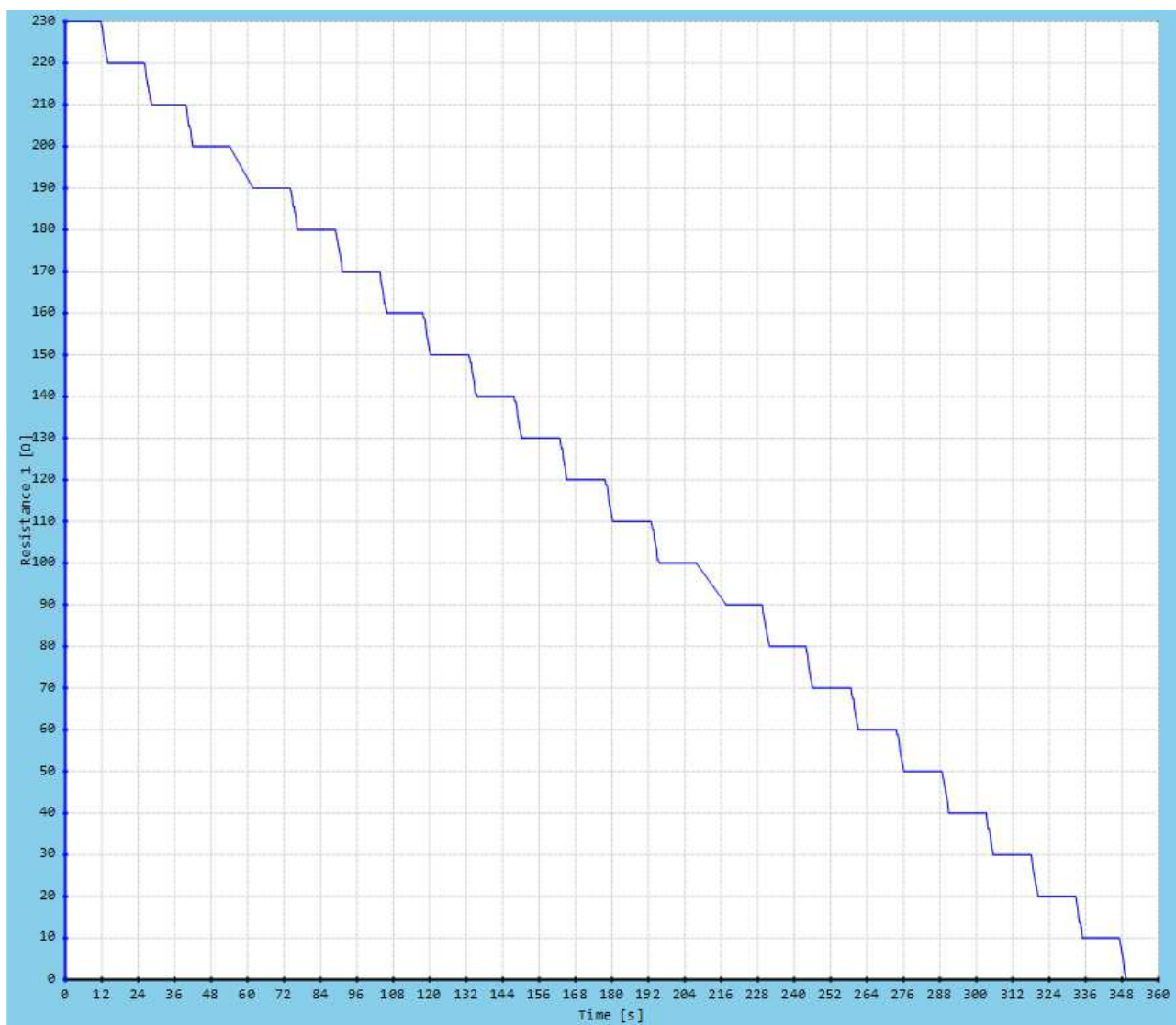
Konfiguracja podczas pomiarów	Czas pomiaru [h]	Temperatura otoczenia [°C]	Napięcie zasilające [V]	Wyniki
Do CH1 podłączono rezystor ultrastabilny VISHAY 200Ω 0,01%, 0,05ppm/°C Do CH2 podłączono rezystor ultrastabilny VISHAY 100Ω 0,01%, 0,05ppm/°C uśrednianie: N=10	24	18...28	218...234	Rys 10



Rys 10: Niebieski wykres: Min.=268,451°C; Max.=268,453°C ; Czerwony wykres: Min.=-0,132°C; Max.=-0,131°C ;

Tab.5. Badanie pokrycia zakresu pomiarowego 0 ... 230Ω

Warunki pomiaru				
Konfiguracja podczas pomiarów	Czas pomiaru [s]	Temperatura otoczenia [°C]	Napięcie zasilające [V]	Wyniki
Do CH1 podłączono rezystor dekadowy kl. 0,05. Rezystancję zmieniano w zakresie 0Ω ... 230Ω ze skokiem 10Ω uśrednianie wyłączone (N=1)	360	25,5	231	Rys 11



Rys 11: Różnice na wykresie w okolicach $90\Omega/100\Omega$ i $190\Omega/200\Omega$ są efektem zmiany dekad

Tab.6. Badanie czasu odpowiedzi na zmianę rezystancji

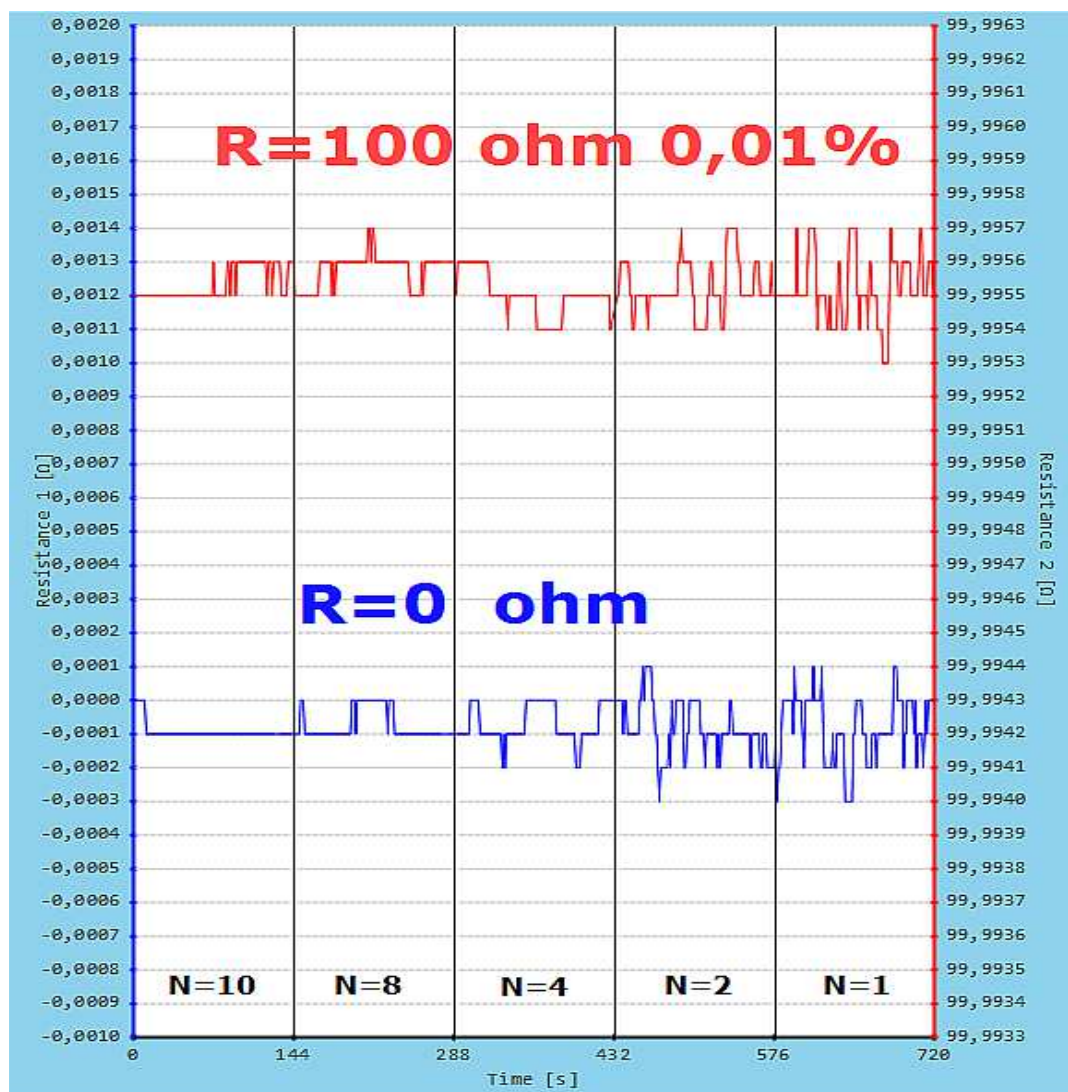
Warunki pomiaru				
Konfiguracja podczas pomiarów	Czas pomiaru [s]	Temperatura otoczenia [°C]	Napięcie zasilające [V]	Wyniki
Do CH1 podłączono rezystor dekadowy kl. 0,05. Rezystancję zmieniano w sekwencji: 100Ω-110Ω-100Ω-200Ω-100Ω uśrednianie wyłączone (N=1) kanał CH2 niepodłączony	30	25,5	228	Rys 12



Rys 12: Czas ustalania wskazania: około 3s (zasymulowano zmiany temperatury 25°C i 266°C)

Tab.7. Wpływ uśredniania pomiarów

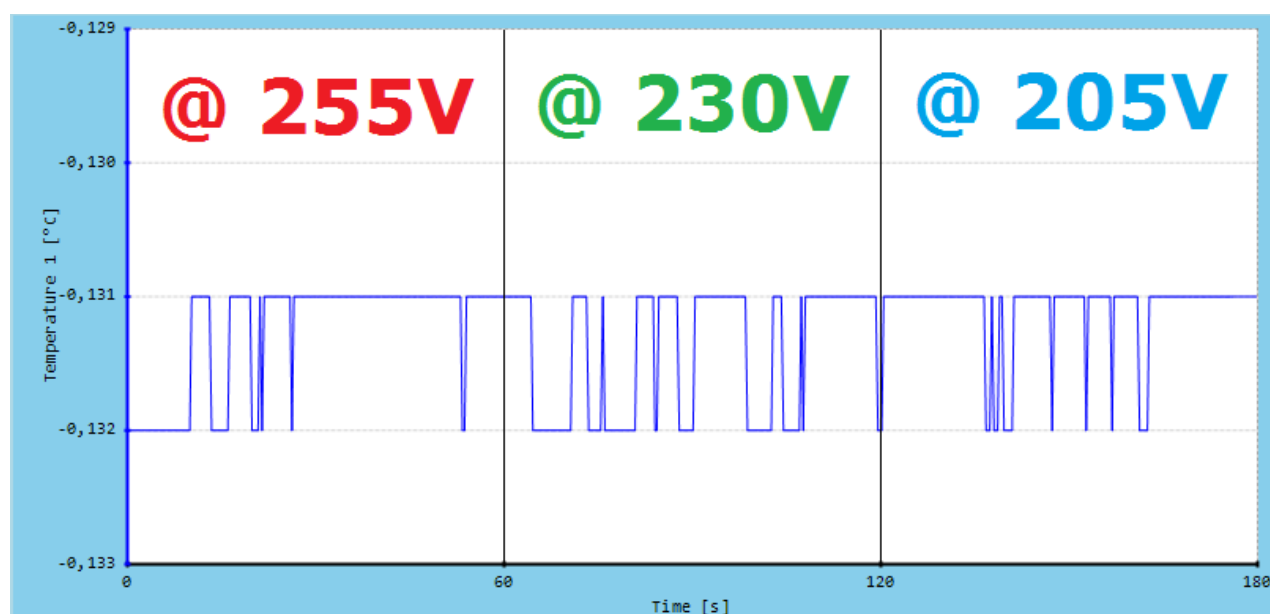
Warunki pomiaru				
Konfiguracja podczas pomiarów	Czas pomiaru [s]	Temperatura otoczenia [°C]	Napięcie zasilające [V]	Wyniki
CH1 połączono w konfiguracji "zero czteroprzewodowe" Do CH2 podłączono rezystor ultrastabilny VISHAY 100Ω 0,01%, 0,05ppm/°C Zmieniano parametr N – ilość uśrednianych pomiarów komenda „:sens:aver:coun N\$00”	720	25,5	229	Rys 13



Rys 13: W zależności od zastosowania należy ustalić kompromis pomiędzy szybkością odpowiedzi a dokładnością (pogarszaną wpływem szumów)

Tab.8. Badanie wpływu zmian napięcia zasilającego

Warunki pomiaru				
Konfiguracja podczas pomiarów	Czas pomiaru [s]	Temperatura otoczenia [°C]	Napięcie zasilające [V]	Wyniki
Do CH1 podłączono rezystor ultrastabilny VISHAY 100Ω 0,01%, 0,05ppm/°C uśrednianie wyłączone (N=1) kanał CH2 niepodłączony	180	25,7	205 230 255	Rys 14



Rys 14: Wahania napięcia sieci 230V w zakresie $\pm 11\%$ nie wpływają w sposób zauważalny na wyniki pomiaru temperatury

Dodatek B: Oprogramowanie **Thermometer Utility**

B1 Wiadomości ogólne

Aplikacja Thermometer Utility umożliwia pełne wykorzystanie możliwości termometru RFS 2804A. Pozwala na obserwację wyników pomiaru w dziedzinie czasu, rejestrowanie danych pomiarowych, zdalną konfigurację termometru. Oprogramowanie współpracuje z systemami operacyjnymi MS Windows i wymaga przynajmniej jednego wolnego portu RS232 (COM) lub USB do połączenia z termometrem.

B1.1 Instalacja i wymagania

W celu zainstalowania programu, uruchomić należy plik „setup.exe” i potwierdzić jego instalację. Po szybkim wgraniu, program uruchomi się po raz pierwszy. Później, dostępny będzie poprzez niebieską ikonę umieszczoną na pulpicie systemu (Rys 15).



Rys 15: Ikona programu Thermometer Utility

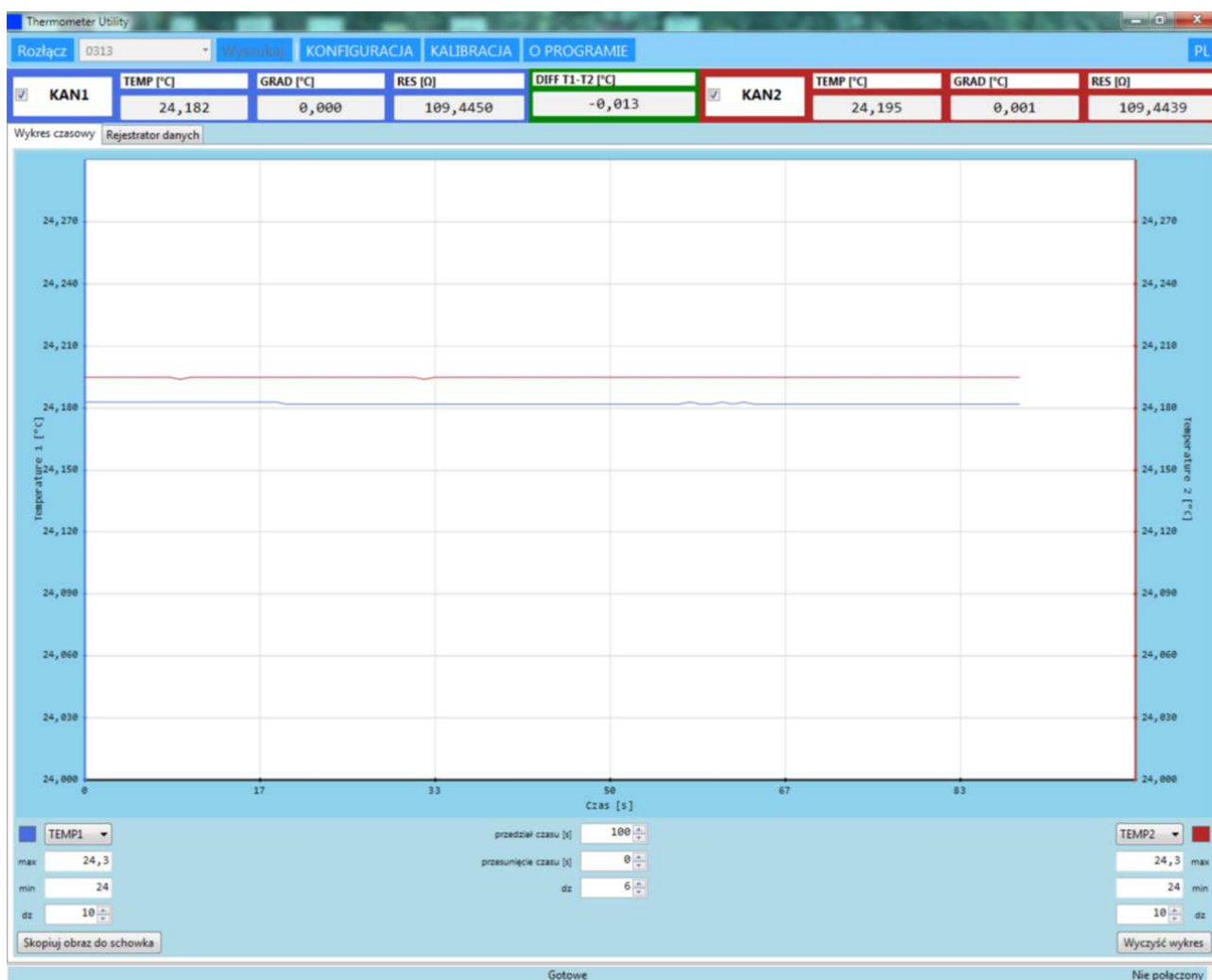
Thermometer Utility został opracowany dla platformy .NET i wymaga przynajmniej wersji 2.0 tego produktu. Dlatego jeśli nie jest on dostępny na komputerze, może zostać w łatwy sposób zainstalowany, za pomocą pliku „dotnetfx2.exe”. Większość aktualnych wersji platformy .NET powinna być dostępna w Internecie, na stronach Centrum Pobierania firmy Microsoft.

B1.2 Wygląd głównego okna

Okno główne Thermometer Utility składa się z kilku części pokazanych i zaznaczonych na Rys 16. Górny pasek narzędzi pozwala na wybranie i podłączenie się do termometru. Podczas uruchamiania programu wykrywane są termometry podłączone do portów szeregowych, po czym ich lista wyświetla się w polu oznaczonym jako „Lista dostępnych urządzeń”. Rozwiązanie to pozwala na jednoczesne korzystanie z wielu termometrów, przy czym dla każdego termometru należy uruchomić oddzielną instancję programu Thermometer Utility.

Docelowy termometr można wybrać, rozwijając listę obok przycisku „Połącz” i wskazując numer seryjny urządzenia. Po wciśnięciu przycisku „Połącz”, komunikacja z termometrem zostanie zainicjowana i uaktywnią się pozostałe funkcje programu.

Pod paskiem narzędzi znajdują się pola wskazujące bieżące wyniki pomiarów temperatury, gradientu oraz rezystancji (dla podłączonych sond). Poziomy te mogą być przeglądane w czasie, w zakładce „Wykres czasowy, albo też rejestrowanie w zakładce „Rejestrator danych”. Obie części programu opisano w oddzielnych rozdziałach.



Rys 16: Główne okno programu Thermometer Utility

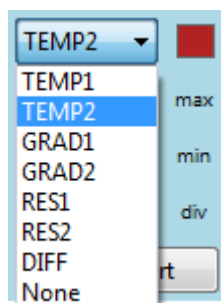
W przypadku podłączenia termometru do komputera podczas pracy programu Thermometer Utility, należy nacisnąć przycisk "Wyszukaj", aby odświeżyć listę dostępnych urządzeń.

B2 Przeglądanie i konfiguracja wykresu

Na pionowych osiach wykresu wyświetlać można jednocześnie krzywe dwóch funkcji (z siedmiu możliwych):

- ✎ TEMP1 lub TEMP2 – wartość zmierzonej temperatury;

- ⤴ GRAD1 lub GRAD2 – gradient temperatury;
- ⤴ RES1 lub RES2 – wartość zmierzonej rezystancji.
- ⤴ DIFF -różnica temperatur T1-T2

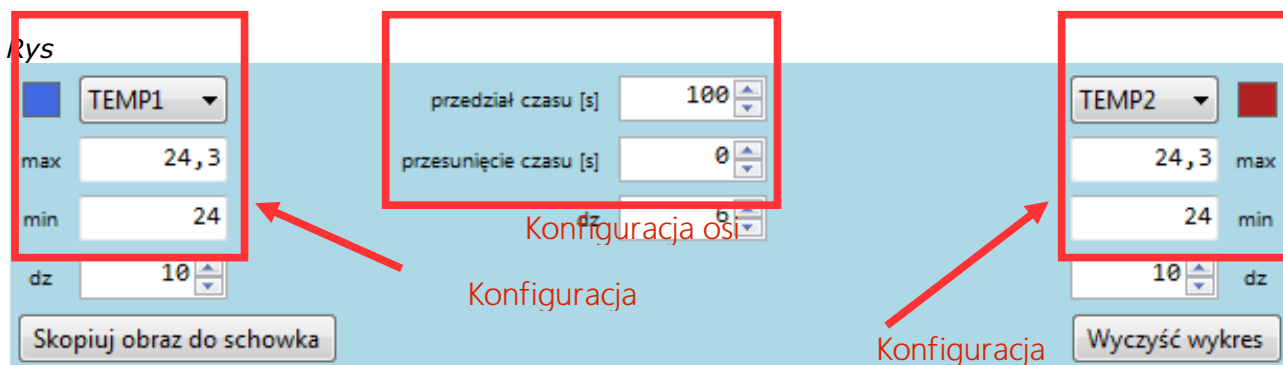


Rys 17: Lista wyboru wielkości wyświetlanej na prawej osi pionowej wykresy

Jak pokazano na Rys 17, wyświetlanie funkcji może zostać wyłączone, przez wybranie „None” z listy wyboru.

Kolejno zmierzone wartości dodawane są na końcu krzywej wykresu, zatem od momentu początkowego, wykres „narasta” w stronę prawą. Każdy ze zbiorów próbek (dla sześciu funkcji) może pomieścić **do 24 godzin** danych, zaś po upływie tego czasu wykres przestaje przyjmować napływające pomiary.

Wyczyszczenie zawartości wykresu jest możliwe przy użyciu klawisza „Wyczyść wykres”, ulokowanego w prawej dolnej części okna.



18: Elementy konfiguracji wykresu czasowego

Dwa zestawy pól, związane z pierwszą i drugą funkcją wykresu, dostępne są na panelu (Rys 18). Pierwsze z nich, to lista rozwijalna, pozwalająca na określenie funkcji do wyświetlenia na wykresie. Obok listy znajduje się kwadratowy przycisk, pozwalający na zdefiniowanie koloru dla wybranej funkcji. Po wciśnięciu tego przycisku ukaze się standardowe okno wyboru

barwy.

Pod listą wyboru znajdują się trzy pola, pozwalające na ustawienie podziałki osi, odpowiadającej funkcji (pierwszej lub drugiej):

- ⤴ *max* – czyli maksymalna wartość na osi,
- ⤴ *min* – minimalna wartość,
- ⤴ *dz* – ilość działek zakresu na osi.

Zmiana każdego z wymienionych pól, powoduje automatyczne dostosowanie wykresu. W razie wprowadzenia błędnych parametrów, ukaże się niewielka ikonka wykrzyknika, która po skierowaniu na nią kursora myszy pokaże informację o nieprawidłowości.

Ustawienia osi czasu sprowadzają się do określenia przedziału czasowego (maksymalnie 86400 sekund = **24 godziny**) oraz podziałki skali. Poza możliwością regulowania przedziału czasowego, można również zmienić jego moment początkowy, ustawiając wartość pola „*przesunięcie czasu*”.

Parametry wykresu mogą być edytowane dwoma podstawowymi sposobami: poprzez wciśnięcie jednej ze strzałek góra/dół lub poprzez wpisanie nowej wartości z klawiatury i zatwierdzenie klawiszem Enter. Istnieją też dwie dodatkowe metody: po wskazaniu takiego pola lewym przyciskiem myszy, wartość pola może być przewijana w górę/dół odpowiednimi przyciskami strzałek na klawiaturze lub kółkiem przewijania na myszy (jeśli jest w nie wyposażona).

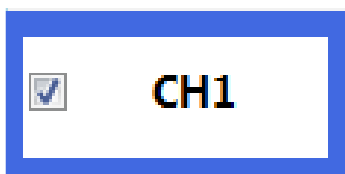
Zawartość wykresu może być skopiowana do schowka systemowego, celem użycia jej w innej formie (np. w dokumencie), poprzez wciśnięcie przycisku „*Skopiuj obraz do schowka*” w lewej dolnej części okna.

Termometr posiada jeden układ pomiaru rezystancji, który jest przełączany cyklicznie pomiędzy kanałami CH1 i CH2. W przypadku pracy dwukanałowej, kanał nieaktywny w danej chwili zwraca jako wynik ostatnią wartość, którą zarejestrował gdy był aktywny. Przełączanie kanałów ma istotny wpływ na sposób wyświetlania wyników na wykresie. Objawia się to występowaniem „schodków” na wykresie widocznych szczególnie przy krótkich przedziałach czasu na osi poziomej.

Jeżeli użytkownik zainteresowany jest obserwowaniem temperatury jednego z kanałów, może uniknąć opisanego zjawiska na dwa sposoby opisane poniżej:

- 1) fizyczne odłączenie nieużywanego kanału od termometru

- 2) zablokowanie nieużywanego kanału poprzez odznaczenie „ptaszka” po lewej stronie nazwy kanału- przykład na Rys 19.



Rys 19: pole zaznaczania aktywnego kanału

Domyślnie po uruchomieniu aplikacji Thermometer Utility, wszystkie podłączone kanały są w stanie aktywnym.

B3 Rejestrowanie wyników pomiarów

Rozdział ten opisuje sposób rejestrowania pomierzonych próbek i zapisywania w pliku. Plik ten może być otworzony za pomocą oprogramowania zewnętrznego (arkusz kalkulacyjny, edytor tekstu, itp.). Rys 20 przedstawia częściowy widok zakładki „Rejestrator danych”.

Wykres czasowy Rejestrator danych

Rejestruj

	KAN1	KAN2
TEMP [°C]	☒	☐
GRAD [°C]	☐	☐
RES [Ω]	☐	☐
DIFF [°C]	☐	☐

Harmonogram zapisu

☐ Od 05-20 15:37

☐ Do 05-20 15:37

Okres powtarzania [s] 1

START

STOP

Zapisz pomiary Wyczyść

Data / czas	TEMP 1 [°C]
05-20 15:37:56	24,159
05-20 15:37:55	24,159
05-20 15:37:54	24,159
05-20 15:37:53	24,159
05-20 15:37:52	24,159
05-20 15:37:51	24,159
05-20 15:37:50	24,159
05-20 15:37:49	24,159

Rys 20: Zakładka Rejestratora danych

Jak pokazano na rysunku, użytkownik może wybrać pomiary do rejestrowania, zaznaczając (lub odznaczając) pola odpowiadające sondom (CH1, CH2)

i wartościom (TEMP, GRAD, RES, DIFF). W przypadku, gdy jedna z sond jest odłączona od termometru, odpowiadające jej pola są nieaktywne (szare).

Aby zacząć przechwytywanie pomiarów natychmiast, użytkownik może wcisnąć *START*, obserwując następnie, jak kolejne próbki wyświetlane są co sekundę (domyślnie) na liście po prawej stronie. Trwające rejestrowanie może zostać zakończone przyciskiem *STOP*.

Istnieje jednak kilka dodatkowych opcji, pozwalających na zaplanowanie rejestrowania próbek. Po pierwsze, zwiększyć można interwał czasu zbierania próbek (w sekundach, 1s to minimum). Po drugie, użytkownik może wybrać automatyczne zaprogramowanie rejestrowania – ustalając początek i/lub koniec tego procesu, w wyznaczonym momencie. Poniższe, przykładowe kroki, spowodowałyby uruchomienie rejestrowania (co 30 minut) od 3 września o godzinie 10:31, kończąc je 4 września o 22:31:

1. Zaznaczenie pola „od”.
2. Wpisanie do pola daty-czasu, tekstu odpowiadającego momentowi startu, w tym przypadku 09-03 10:31:00. Aby szybciej wybrać interesującą datę, należy rozwinąć podręczny kalendarz, używając przycisku ze strzałką, dołączonego do tego pola.
3. Zaznaczenie pola „do”.
4. Tak jak w punkcie 2., wprowadzenie daty i czasu, w tym przypadku 09-04 22:31:00.
5. Ustawienie pola „*okres powtarzania[s]*” na wartość 1800 (30 razy 60 sekund).
6. Wciśnięcie *START*.

Po wykonaniu tych sześciu kroków, ponad listą danych pojawi się informacja, iż program oczekuje momentu rozpoczęcia. Po upływie wymaganego czasu, próbki zaczynają wypełniać listę.

Prawie wszystkie funkcje programu pozostają zablokowane do momentu zatrzymania procesu przechwytywania pomiarów.

W rzeczywistości, rejestrowanie może być rozpoczęte ręcznie lub automatycznie, jak i zatrzymane tymi sposobami. W trakcie „automatycznego zatrzymywania” rejestrowanie może zostać przerwane w dowolnym momencie, przez naciśnięcie przycisku „*STOP*”.

Lista zebranych próbek może zostać wyczyszczona za pomocą przycisku „wyczyść wykres”.

B3.1 Zapisywanie i ponowne użycie nagranych danych

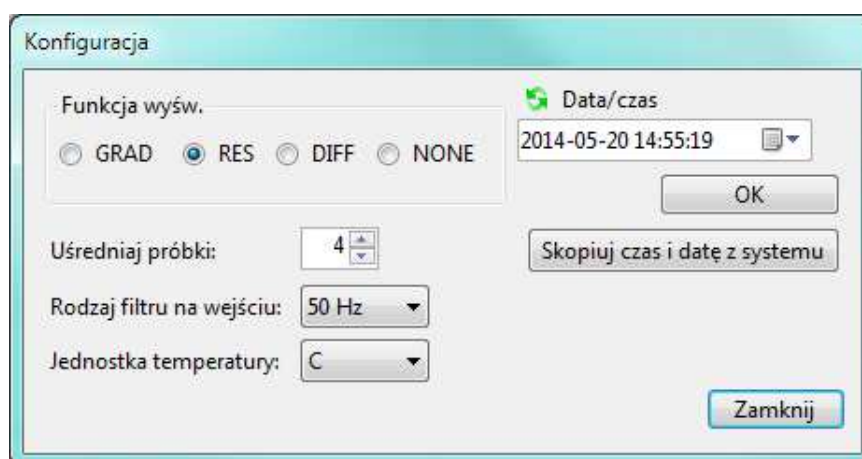
Po ukończeniu, bądź też w trakcie procesu rejestrowania, użytkownik może zapisać zebrane próbki do plik tekstowego lub CSV. Obydwa typy plików

zapisują dane w podobny sposób, jednakże drugi z nich (CSV) może zostać później otwarty bezpośrednio z użyciem takich programów jak *OpenOffice Calc* lub *MS Excel*. Poniższe kroki ilustrują jak zapisywać i otwierać pliki danych przy użyciu programu *OpenOffice Calc*.

1. Wciśnij przycisk „*zapisz pomiary*”, znajdujący się nad listą zebranych pomiarów.
2. Wprowadź nazwę i wybierz folder do zapisu nowego pliku. Wybierz typ „CSV file”.
3. Jeżeli *OpenOffice Calc* jest wybrany jako domyślny program otwierający pliki CSV, kliknij podwójnie ikonę zapisanego pliku (w przeciwnym razie kliknij ikonę prawym przyciskiem i wybierz *Otwórz za pomocą* → *OpenOffice Calc* z menu kontekstowego).
4. W oknie „Import tekstu” programu *Calc*, wybierz zestaw znaków „Unicode (UTF-8)” i zaznacz pole „Przecinek”, wybierając separator pól. Wciśnij „OK” aby kontynuować.
5. Sformatuj komórki danych do odpowiadających im typów (liczby jako typ *Numer*, datę – typ *Data*).

B4 Konfiguracja

Podstawowa konfiguracja termometru dostępna jest spod przycisku „*Konfiguracja*”, umieszczonego w górnym pasku narzędzi. Po otwarciu zakładki „*Konfiguracja*” zostaje wstrzymana rejestracja przychodzących próbek, aż do momentu wyjścia z niej.



Rys 21: Okno konfiguracji termometru

Rys 21 pokazuje opcje wyjaśnione w kolejnych podpunktach:

- ✧ „*Funkcja wyśw.*” – za pomocą tego pola użytkownik może wybrać drugą funkcję, wyświetlaną na wyświetlaczu termometru RFS 2804A pod

wynikiem pomiaru temperatury. Do wyboru są następujące funkcje:

GRADient – gradient temperatury czyli zmiana temperatury na sekundę

DIFFerence – różnica temperatur pomiędzy sondą w kanale CH1 i sondą w kanale CH2

RESistance – bezpośredni wynik pomiaru rezystancji czujnika temperatury

NONE – nie wyświetlać niczego (dla zwiększenia czytelności wyświetlacza)

- ✧ „*Uśredniaj próbki*” – pole pozwala na wybór ilości pomiarów do uśredniania (od 1 do 10). Uśrednianie pozwala na zmniejszenie szumu $\sqrt{n}$ krotnie, jednak zwiększa długość oczekiwania na wynik.
- ✧ „*Rodzaj filtru na wejściu*” – pole pozwala na zmianę częstotliwości próbkowania wewnętrznego przetwornika A/C w celu lepszego tłumienia przydźwięku sieci zasilającej. W Polsce sieć energetyczna pracuje z częstotliwością 50Hz i taką wartość należy wybrać z listy.
- ✧ „*Jednostka temperatury*” – pole pozwala na wybór jednostki, w której będzie wyświetlana temperatura. Termometr obsługuje trzy skale temperatury: Celsjusza, Kelvina, Fahrenheita.
- ✧ „*Data/czas*” – pole wskazuje datę i godzinę wewnętrznego zegara termometru. Kliknięcie na zielony symbol dwóch strzałek powoduje odświeżenie wskazania daty/godziny. Należy sprawdzić poprawność wprowadzeniem daty przed przystąpieniem do kalibracji.
- ✧ „*OK*” – naciśnięcie tego przycisku powoduje ustawienie zegara wewnętrznego przy użyciu danych wpisanych do pola „data/czas”.
- ✧ „*Skopiuj datę i czas z systemu*” - naciśnięcie tego przycisku powoduje ustawienie zegara wewnętrznego przy użyciu godziny/daty pobranej z systemu operacyjnego współpracującego komputera.

B5 Kalibracja

Dostęp do ustawień związanych z kalibracją termometru możliwy jest po naciśnięciu przycisku „*Kalibracja*” znajdującego się w górnym pasku narzędzi. Jego wciśnięcie spowoduje wyświetlenie okna jak na Rys 22.

Kalibracja

Numer płytki analogowej: 031301120 Odblokuj

Wartość dołączonego rezystora wzorcowego [Ω]: 100,0002 Kalibruj

Sondy Wyczyść pamięć

		S/N	Ostatnia kal.	R0	Wsp.	NInt	NCor	PCor	Tmin	Tmax	Tmin overflow	Tmax overflow
#1	Eksportuj Importuj	1213	2014-05-20	100,0142	0,00391383 -5,99011E-07 -4,34829E-10		0 0 0	0 0 0	-50	550	☐	☐
#2	Eksportuj Importuj	1113	2014-05-20	100,0115	0,003912562 -6,007597E-07 -3,781747E-10		0 0 0	0 0 0	-50	550	☐	☐

Kalibruj sondy Zamknij

Rys 22: Okno kalibracji

W przypadku, gdy tylko jedna sonda jest podłączona do termometru, program wyświetli stosowną informację i wczyta jedynie parametry podłączonej sondy.

Okno kalibracji wyświetla następujące informacje:

1. *Numer płytki analogowej* – numer seryjny płytki analogowej termometru;
2. *Wartość podłączonego rezystora wzorcowego (w omach)* – umożliwia wpisanie wartości rezystancji zewnętrznego opornika wzorcowego używanego do kalibracji rezystancji (zalecane wartości od 90Ω do 210Ω)
3. *Sondy* – wyświetla numer seryjny sondy, datę jej ostatniej kalibracji, rezystancję dla temperatury 0°C, współczynniki kalibracyjne, korekcyjne, a także zakres mierzonych temperatur i flagi przekroczenia zakresu pomiarowego sondy. Poniżej opisano znaczenie każdej kolumny:
 - ✧ S/N – nazwa lub/i numer seryjny sondy (10 znaków),
 - ✧ Ostatnia kal. - data ostatniej kalibracji danej sondy. Pole to jest uzupełniane automatycznie podczas kalibracji sondy,
 - ✧ R0 – wartość rezystancji sondy dla temperatury 0 °C,
 - ✧ Wsp. <A, B, C> - współczynniki równania Callendar– Van Dusen'a używanego do wyznaczania temperatury czujnika Pt100,
 - ✧ NInt – pole puste zachowane dla zgodności ze starszymi wersjami firmware,
 - ✧ NCOR <a0, a1, a2> - (Negative CORrection) – współczynniki wielomianu drugiego stopnia, który może być wykorzystany do korekty wyników pomiaru temperatur ujemnych.

Wielomianu tego można użyć w celu dostosowania wskazań miernika do wymagań użytkownika (np. uzyskanie dokładnie tych samych odczytów temperatury w obu kanałach, licząc się z możliwością błędnego wskazywania

innych temperatur i z utratą zgodności z certyfikatem kalibracji):

$$RAC = a_2 \cdot (RBC^2) + a_1 \cdot RBC + a_0, \text{ gdzie:}$$

RAC = wskazanie po korekcji

RBC = wskazanie przed korekcją

- ✧ PCOR <a₀, a₁, a₂> - (Positive CORrection) – współczynniki wielomianu drugiego stopnia, który może być wykorzystany do korekty wyników pomiaru temperatur dodatnich.
- ✧ Wielomianu tego można użyć w celu dostosowania wskazań miernika do wymagań użytkownika (np. uzyskanie dokładnie tych samych odczytów temperatury w obu kanałach, licząc się możliwością błędnego wskazywania innych temperatur i z utratą zgodności z certyfikatem kalibracji):

$$RAC = a_2 \cdot (RBC^2) + a_1 \cdot RBC + a_0, \text{ gdzie:}$$

RAC = wskazanie po korekcji

RBC = wskazanie przed korekcją

- ✧ TMIN – minimalna dopuszczalna temperatura pracy sondy,
- ✧ TMAX - maksymalna dopuszczalna temperatura pracy sondy,
- ✧ Tmin overflow, Tmax overflow – pola używane do sprawdzenia, czy sonda zachowuje swoje własności metrologiczne poprzez sprawdzenie, czy była użytkowana zgodnie z zadeklarowanym zakresem pomiarowym. Jeżeli w całym czasie użytkowania sondy doszło do przekroczenia któregoś z limitów temperatury, termometr ustawia flagę OVF. Warunkiem ustawienia flagi OVF jest przekroczenie limitu w 10 wynikach pomiaru na 20 kolejnych wyników pomiaru. Wykasowanie flagi OVF jest możliwe tylko po skasowaniu pamięci danej sondy. Zwykle jest to czynność wykonywana przez producenta. Do dobrych praktyk należy zapisanie zawartości pamięci przed jakąkolwiek manipulacją na jej zawartości, poprzez użycie przycisku „Export”.

Niektóre kolumny tabeli *Probe* przeznaczone są tylko do odczytu: Ostatnia kal. ; Nint; Tmin overflow ; Tmax Overflow. Inne pola mogą być edytowane przy zachowaniu odpowiedniego formatu wpisywanych danych (szczegółowe wyjaśnienia w Dodatku B).

Parametry sond mogą być eksportowane i importowane z plików, przy użyciu przycisków „Import”, „Export” dołączonych do wierszy tabeli. Zalecane jest wyeksportowanie danych sond do pliku i zapisanie ich w celu przyspieszenia rozwiązywania ewentualnych usterek.

Zakładka „Kalibracja” umożliwia dokonywanie istotnych działań z punktu widzenia dokładności przyrządu. Zmiany te nie powinny być dokonywane przez

niepowołane osoby. Z tego powodu dostęp do wszystkich przycisków mogących zmienić zawartość pamięci danych kalibracyjnych jest chroniona hasłem. Po naciśnięciu przycisku „Odblokuj”, program poprosi o wpisanie hasła odblokowującego działania jak na Rys 23.



Rys 23: Okno wpisywania hasła

Hasło jest zawsze ciągiem czterech cyfr "2804".

Przycisk „Wyczyść pamięć” pozwala na skasowanie zawartości pamięci płytki analogowej, pamięci danych kalibracyjnych kanału CH1 oraz pamięci kanału CH2. Przycisk ten jest wykorzystywany na etapie produkcji i użytkownik nie powinien go używać.

B6 Sterowniki portu USB

W celu pobrania sterowników umożliwiających podłączenie termometru do portu USB, należy wpisać poniższą frazę w wyszukiwarce internetowej:

stm_vcp_driver.zip

Po rozpakowaniu pliku należy zainstalować sterownik zgodnie z zaleceniami jego producenta.

Sterownik portu USB powinien być zainstalowany przed pierwszym podłączeniem termometru do portu USB komputera.

Dodatek C: Protokół komunikacji

dla wersji firmware 1.23 ... 1.25

C1 Interfejsy komunikacyjne

Komunikacja z miernikiem jest możliwa za pomocą dwóch interfejsów RS-232 i USB. Protokół USB działa jako wirtualny port COM, czyli dla programu komputerowego sposób obsługi jest jednakowy. Aktualnie wykorzystuje on sterowniki STM Virtual Com

Parametry łącza RS232: baud rate = 9600, data bits = 8, parity = none, stop

bits = one, handshaking = none

Standard USB 2.0

C2 Protokół SCPI

Do komunikacji z miernikiem wykorzystywany jest protokół wzorowany na protokole IEEE-488.2 i komendach SCPI.

C2.1 Składnia

Treść komendy składa się ze znaków w kodzie ASCII. Są to przede wszystkim litery oraz cyfry, ale jest też kilka znaków o specjalnym znaczeniu.

C2.2 Komendy

Komendami są słowa w języku angielskim. Ich funkcji można domyślić się na podstawie znaczenia danego słowa. Możliwe jest wysyłanie pełnych słów albo mnemoników (maksymalnie czteroliterowych) będących ich skrótami np.: MEASURE i MEAS. Zarówno komendy jak i ich mnemoniki są unikatowe. Rozpoznawany jest mnemonik i jeżeli został rozpoznany poprawnie to występujące po nim litery i cyfry są ignorowane. Czyli MEAS, MEASURE, ale także MEASUR czy MEASURE1 spowoduje uruchomienie tej samej komendy. Zaleca się używanie wyłącznie mnemoników, gdyż nie wszystkie pełne nazwy komend są poprawnie rozpoznawane.

Wielkość liter w komendzie jest ignorowana.

W zapisie komend w tym dokumencie przyjęto system, że mnemonik jest pisany dużymi literami, a reszta słowa małymi np.: MEASure.

C2.3 Znak końca komendy

Końcem wiadomości (pmt – program message terminator) w standardzie jest znak nowej linii (<nl> – 0x0A). Miernik traktuje jako koniec wiadomości każdy znak mniejszy od spacji: czyli od 0x00 do 0x1F. Koniec odpowiedzi miernika oznacza sekwencja 0x0D, 0x0A (powrót karetki i nowa linia). Można wysyłać sekwencję komend w jednej wiadomości. Separatorem oddzielającym poszczególne komendy od siebie jest średnik. Miernik na sekwencję komend odpowiada również sekwencją, w której poszczególne odpowiedzi oddziela średnik. Bufory odbiorcze i nadawcze mieszczą po 250 znaków.

C2.4 Struktura komend

Zestaw komend ma strukturę drzewa. Składa się z głównych katalogów komend oraz komend pod nie podlegających. Aby wywołać określone działania trzeba podać pełną ścieżkę komend, w której poszczególne poziomy oddzielone są dwukropkiem. Np. Mając do dyspozycji drzewo katalogów:

```
:MEASure
      :TEMPerature
            :VALue
            :GRADient
            :RESistance
```

Chcąc dojść do wartości temperatury, należy wysłać komendę:

```
:MEAS:TEMP:VAL?
```

Przy dekodowaniu sekwencji komend, miernik zapamiętuje katalog, w którym się obecnie znajduje. Czyli jeżeli w powyższym przykładzie chcielibyśmy otrzymać dodatkowo wartość gradientu, można to zrobić na dwa sposoby:

- 1) :MEAS:TEMP:VAL?; GRAD?
- 2) :MEAS:TEMP:VAL?; MEAS:TEMP:GRAD?

Po wykonaniu komendy :MEAS:TEMP:VAL? znajdujemy się w katalogu TEMP. Dlatego możemy bezpośrednio użyć komendy z tego samego katalogu – przypadek pierwszy.

Można też podać pełną ścieżkę komendy – przypadek drugi. Aby powrócić do katalogu głównego należy rozpocząć sekwencję komend od dwukropka. Znak końca wiadomości również powoduje powrót do katalogu głównego (dlatego dwukropek może być pomijany na początku każdej wiadomości).

Podanie komendy niewystępującej w danym katalogu, bądź niepełnej ścieżki powoduje zgłoszenie błędu.

C2.5 Zapytanie

Wystąpienie po treści komendy znaku zapytania oznacza wysłanie zapytania, na które urządzenie powinno przesłać odpowiedź. Na przykład:

```
:MEAS:TEMP:VAL?
```

Oznacza, że urządzenie powinno wysłać wartość temperatury. Nieotrzymanie odpowiedzi oznacza wystąpienie błędu.

C2.6 Parametry

Komendy, zarówno zwykłe jak i zapytania, mogą zawierać parametry. Mogą to być liczby, napisy jak i inne znaki ASCII. Parametry od treści komendy muszą być oddzielone za pomocą spacji. Poszczególne parametry rozdzielone

są za pomocą przecinków.

C2.7 Komendy specjalne

Rozpoczynają się znakiem gwiazdki „*”. Mają one zdefiniowane funkcje, takie same dla każdego urządzenia SCPI. Ich działanie jest niezależne od aktualnej pozycji w drzewie komend.

C2.8 Znaki specjalne

Poza literami i cyframi w komendach występują inne znaki o specjalnym znaczeniu. Część z nich została już opisana powyżej.

- ✧ 0x00 – 0x1F (*znaki białe*) – koniec wysyłanej, bądź odebranej wiadomości,
- ✧ „,” (*średnik*) – separator oddzielający poszczególne komendy w danej wiadomości,
- ✧ „:” (*dwukropek*) – separator oddzielający poszczególne mnemoniki w danej komendzie; obecność na początku komendy powoduje wejście do katalogu głównego
- ✧ „ ”, (*spacja*) – rozdziela komendę i jej parametry; nie może wystąpić w treści komendy; w pozostałych miejscach jest ignorowana,
- ✧ „,” (*przecinek*) – rozdziela poszczególne parametry danej komendy,
- ✧ „.” (*kropka*) – separator dziesiętny w liczbach wymiernych,
- ✧ „*” (*gwiazdka*) – na początku komendy, oznacza komendę specjalną.

C2.9 Sposób wykonania komend

W standardzie możliwe są dwa sposoby wykonania komend: wstrzymujący oraz niewstrzymujący. W pierwszym dana komenda jest wykonywana dopiero po zakończeniu wykonania poprzedniej komendy. W drugim komendy są wykonywane równolegle. Termometr realizuje komendy w trybie wstrzymującym. Oznacza to, że w niektórych przypadkach trzeba poczekać kilkanaście sekund na odpowiedź urządzenia.

C2.10 Komendy domyślne

W celu skrócenia treści wysyłanych komunikatów, w niektórych przypadkach zdefiniowane są tak zwane komendy domyślne. Są one zapisywane w nawiasach kwadratowych. Ich treść może być pominięta przy wywołaniu komendy, nie powodując zmiany w wykonywanej funkcji. W danym katalogu tylko jedna funkcja może być domyślna. Na przykład w katalogu :MEASure komendy TEMPerature i VALue są komendami domyślnymi:

:MEASure

[:TEMPerature]

[:VALue]

:GRADient

:RESistance

Oznacza to, że wartość temperatury można odczytać na 3 sposoby:

- 1) :MEAS:TEMP:VAL?
- 2) :MEAS:TEMP?
- 3) :MEAS?

Miernik nie wchodzi domyślnie do katalogów komend. To znaczy, że jeśli chcemy wejść do danego katalogu musi się pojawić w komendzie jego nazwa. Czyli na przykład chcąc odczytać wartość temperatury, gradientu i rezystancji można to zrobić standardowo:

:MEAS:TEMP:VAL?; GRAD?; RES?

Można też w celu skrócenia wpisywanego tekstu wykorzystać komendy domyślne:

:MEAS:TEMP?; GRAD?; RES?

:MEAS?; TEMP:GRAD?; RES?

Natomiast błąd wywołany zostanie przez zestaw komend:

:MEAS?; GRAD?; RES?

gdyż w treści komendy nie występuje wejście do katalogu TEMPerature. W tym przypadku poprawnie zostanie odczytana wartość temperatury, a dopiero potem zostanie zgłoszony błąd.

C3 Rejestry statusu

W standardzie IEEE-488.2 i SCPI zdefiniowano dość rozbudowany system statusu. W termometrze zostały zaimplementowane wszystkie wymagane w standardzie rejestry. Poniżej opisana jest zawartość poszczególnych rejestrów. Wystąpienie zdarzenia jest sygnalizowane przez ustawienie wartości bitu na 1.

C3.1 Rejestr statusu STB

Najważniejszy rejestr statusu. Zawiera osiem bitów, a na nich zapisane informacje o stanie urządzenia. Przy używaniu magistrali GPIB ustawienie bitu RQS jest równoznaczne ze zgłoszeniem przerwania. Odczyt wartości rejestru powoduje jego wyzerowanie. Znaczenie poszczególnych bitów:

- ✎ **0 and 1 bit** – bity definiowane w zależności od urządzenia.

W termometrze zawsze mają wartość 0,

- ✧ **2 bit ERROR** – sygnalizacja obecności błędów w kolejce błędów; wartość równa 1 jeżeli występują błędy i 0 jeśli brak,
- ✧ **3 bit QUES** – suma logiczna rejestru wiarygodności QUES,
- ✧ **4 bit MAV (Message Available)** – wartość równa jeden, jeżeli bufor nadawczy urządzenia zawiera komunikaty; w termometrze ma zawsze wartość 0, gdyż odpowiedzi wysyłane są natychmiastowo,
- ✧ **5 bit ESB** – suma logiczna rejestru zdarzeń ESR,
- ✧ **6 bit RQS** – suma logiczna rejestru statusu STB,
- ✧ **7 bit OPER** – suma logiczna rejestru operacji OPER.

C3.2 Rejestr zdarzeń ESR

Ośmiobitowy rejestr, w którym zapisywane jest wystąpienie niektórych zdarzeń w urządzeniu. Po wystąpieniu zdarzenia bity są ustawiane, natomiast nie są zerowane, po upływie zdarzenia. Odczyt wartości rejestru powoduje jego wyzerowanie. Znaczenie poszczególnych bitów:

- ✧ **0 bit OPC** - wartość 1 tego bitu oznacza wykonanie wszystkich zadań; ustawiany tylko po wywołaniu komendy *OPC,
- ✧ **1 bit RQC (Request Control)** - urządzenie chce przejąć kontrolę transmisji, zawsze 0,
- ✧ **2 bit QYE (Query Error)** – użytkownik próbuje czytać pusty lub przepełniony bufor wyjściowy, zawsze 0,
- ✧ **3 bit DDE** - ustawienie bitu oznacza wystąpienie błędu urządzenia,
- ✧ **4 bit EXE** - ustawienie bitu oznacza wystąpienie błędu wykonania komendy,
- ✧ **5 bit CME** - ustawienie bitu oznacza wystąpienie błędu składni komendy,
- ✧ **6 bit URQ (User Request)** - żądanie użytkownika, zawsze 0,
- ✧ **7 bit PON (Power On)** - błąd zasilania, zawsze 0.

C3.3 Rejestr operacji OPER

Szesnastobitowy rejestr wykonywanych aktualnie operacji. Dany bit jest ustawiany podczas trwania operacji i zerowany po jej zakończeniu. Wykorzystywane są tylko 3 bity:

- ✧ **0 bit CALibrating** – ustawiany w trakcie trwania kalibracji,
- ✧ **1 bit SETTling** – oczekiwanie na stabilizację sygnałów, ustawiany w trakcie zbierania pełnego bufora próbek potrzebnych do obliczenia temperatury po zmianie kanału lub wyjściu z kalibracji,
- ✧ **4 bit MEASuring** – ustawiany w trakcie trwania pomiaru.

Pozostałe bity mają zawsze zerową wartość.

C3.4 Rejestr wiarygodności QUES

Poszczególne bity w tym szesnastobitowym rejestrze są ustawiane, jeżeli z określonych przyczyn wynik pomiaru jest niepewny. Po ustaniu przyczyny

niepewności dane bity są zerowane. Wykorzystywane są tylko 2 bity:

- ✦ **4 bit TEMPerature** – ustawiany w trakcie zbierania pełnego bufora próbek potrzebnych do obliczenia temperatury,
- ✦ **8 bit CALibration** – ustawiany jeżeli nie została wykonana kalibracja miernika, lub którejś z sond.

Pozostałe bity mają zawsze zerową wartość.

C3.5 Kolejka błędów

W urządzeniu zaimplementowana jest kolejka FIFO, w której zapisywane są występujące błędy. Odczyt danego błędu powoduje usunięcie go z kolejki. Kolejka mieści maksymalnie 10 pozycji. Po jej zapełnieniu wstawiany jest błąd przepełnienia. Opis zgłaszanych błędów znajduje się w rozdziale Dodatek C7.

C3.6 Rejestry maski

Każdemu z rejestrów statusu przyporządkowany jest rejestr maski (ENALBE). Jest to rejestr, przez który przemnażana jest wartość rejestru przed jego sumowaniem. To znaczy, że jeśli wartość danego bitu w rejestrze statusu jest równa 1 i odpowiadający mu bit w rejestrze maski jest także równy 1, to do sumy logicznej dany bit wchodzi jako 1. W pozostałych wypadkach będzie miał on wartość 0. Po uruchomieniu termometru wszystkie bity rejestrów masek mają wartość 0. Odczyt rejestrów masek nie zmienia ich wartości.

C4 Parametry komend

C4.1 Parametr binarny <boolean>

Służy do włączenia bądź wyłączenia danej funkcji. Możliwe wartości dla wyłączenia to 0 lub OFF oraz dla włączenia 1 lub ON.

C4.2 Parametr całkowitoliczbowy <int>

Liczba całkowita ze znakiem. Maksymalna ilość cyfr jest równa 9.

C4.3 Parametr zmiennoprzecinkowy <double>

Liczba zmiennoprzecinkowa. Separatorem dziesiętnym jest kropka. Liczba taka może być także zapisana w formacie wykładniczym (1.00E+00). Akceptuje zarówno „e” duże jak i małe. Maksymalna ilość cyfr części całkowitej i ułamkowej jest równa 9.

C4.4 String

Ciąg dowolnych znaków poza znakami specjalnymi. Maksymalna długość

napisu to 15 znaków.

C4.5 Lista kanałów <channel list>

Służy do ustawienia liczby i numerów mierzonych kanałów. Przyjmuje dość specyficzny format. Pisana jest wewnątrz nawiasów, a pierwszym znakiem jest „@”. Po nim należy wymienić numery kanałów:

- ⤴ **(@1)** – pomiar kanału pierwszego,
- ⤴ **(@2)** – pomiar kanału drugiego.

Możliwe jest wpisanie kilku kanałów jednocześnie. Separatorem między kolejnymi numerami kanałów jest przecinek. Możliwe jest też użycie dwukropka. Wtedy oznacza to wszystkie kanały między dwoma wymienionymi. Termometr obsługuje obie opcje:

- ⤴ **(@1,2)** lub **(@1:2)** – pomiar dwukanałowy.

W standardzie zdefiniowano także, że urządzenie powinno poprawnie interpretować kolejność kanałów tzn. **(@2,1)** powinno spowodować, że pierwszy wysłany będzie wynik z kanału drugiego.

C5 Komendy specjalne

W termometrze zaimplementowano wszystkie wymagane w standardzie komendy specjalne:

- ⤴ ***CLS** – wyzerowanie wszystkich rejestrów statusu: STB, ESR, OPER, QUES oraz wyczyszczenie kolejki błędów; nie wpływa na wartość rejestrów masek,
- ⤴ ***ESE <int>** – ustawienie rejestru maski rejestru zdarzeń ESR, jeden parametr będący nową wartością rejestru w formacie dziesiętnym,
- ⤴ ***ESE?** – odczyt wartości rejestru maski rejestru zdarzeń ESR,
- ⤴ ***ESR?** – odczyt wartości rejestru zdarzeń ESR; po odczycie rejestr jest zerowany,
- ⤴ ***IDN?** – identyfikacja urządzenia, termometr odsyła odpowiedź zawierającą 4 pola oddzielone przecinkami: nazwę producenta, model urządzenia, numer seryjny termometru, wersję oprogramowania,
- ⤴ ***OPC** – zakończenie operacji, ustawienie bitu OPC w rejestrze ESR,
- ⤴ ***OPC?** – zapytanie o zakończenie operacji, wysłanie 1 po zakończeniu wykonania wszystkich komend przed *OPC?,
- ⤴ ***RST** – reset urządzenia. Ustawienie termometru wstanie takim jak włączenie zasilania. Komenda nie zmienia wartości rejestrów statusu, masek rejestrów statusu ani kolejki błędów,
- ⤴ ***SRE <int>** – ustawienie rejestru maski rejestru statusu STB, jeden

- parametr będący nową wartością rejestru w formacie dziesiętnym,
- ⤴ ***SRE?** – odczyt wartości rejestru maski rejestru statusu STB,
 - ⤴ ***STB?** – odczyt wartości rejestru statusu STB; po odczycie rejestr jest zerowany,
 - ⤴ ***TST?** – autotest urządzenia. Jeśli przebiegł pomyślnie to zostaje wysłane 0, jeśli nie to 1,
 - ⤴ ***WAI** – oczekiwanie na wykonanie operacji; mówiąc szczerze to nic nie robi.

C6 Katalog komendy termometru

C6.1 Drzewo komend

Poniżej znajduje się pełny katalog komend termometru. Poszczególne komendy zostały opisane w kolejnych podpunktach. Komendy wypisane w drzewie ze znakami zapytania mają tylko formę zapytania. Pozostałe mają dwie formy: wprowadzanie nastawy oraz zapytanie o ich aktualną wartość.

```
:INITiate
  [:IMMediate]
  :CONTinuous <boolean>
:CONFigure
  [:TEMPerature]
    :[VALue] <channel list>
    :GRADient <channel list>
    :DIFFerence <channel list>
    :RESistance <channel list>
:CONFigure?
:FETCh?
  [:TEMPerature]?
```

```

    :[VALue]? <channel list>
    :GRADient? <channel list>
    :RESistance? <channel list>
    :DIFFerence? <channel list>
:READ?
    [:TEMPerature]?
    :[VALue]? <channel list>
    :GRADient? <channel list>
    :DIFFerence? <channel list>
    :RESistance? <channel list>
:MEASure?
    [:TEMPerature]?
    :[VALue]? <channel list>
    :GRADient? <channel list>
    :DIFFerence? <channel list>
    :RESistance? <channel list>
:UNIT
    :TEMPerature <unit>
:INPut
    :FILTer
    :NOTCh <f value>
[:SENSe]
    :AVERage
    :COUNT <cycles>
    :OVERflow
    :CH1 (CHannel1)
        :TMIN?
        :TMAX?
    :CH2 (CHannel2)
        :TMIN?
        :TMAX?
:CALibration
    [:ALL]
    [:ALL]?
    :SECure
        [:STATe] <boolean, [password]>
    :RESistance
        :VALue <R value>
        :VALue? <R value>
        :DATE?
    :CH1 (CHannel1)
        :R0 <R0 value>
        :COEFFicient <A, B, C>
        :PCORrection <a0, a1, a2>
        :NCORrection <a0, a1, a2>
```



```
:TMIN <Tmin value>
:TMAX <Tmax value>
:DATE?
:IDN?
:SNUMber <string>
:CH2 (CHannel2)
:R0 <R0 value>
:COEFFicient <A, B, C>
:PCORrection <a0, a1, a2>
:NCORrection <a0, a1, a2>
:TMIN <Tmin value>
:TMAX <Tmax value>
:DATE?
:IDN?
:SNUMber <string>
:MEMory
:CLEar
[:NAME] <name>
:DISPlay
:MENU
[:NAME] <name>
:STATus
:OPERation
[:EVENT]?
:ENABLE <int>
:QUESTionable
[:EVENT]?
:ENABLE <int>
:PRESet
:SYSTem
:ERRor
[:NEXT]?
:DATE <year, mounth, day>
:TIME <hour, minute, second>
```

C6.2 Komendy pomiarowe

Komendy te są służą do wykonywania pomiarów. Są one zgrupowane w katalogach :

```
:INITiate
:CONFigure
:FETCh?
:READ?
:MEASure?
```

Przy czym zawartość katalogów :CONF, :FETC?, :READ? i :MEAS? musi być

identyczna.

C6.2.1 :INITiate

Komendy te służą do wyzwolenia pomiaru.

- ✧ **:IMMediate** – ustawienie wyzwolenia miernika na wewnętrzne źródło wyzwalań i zapisywania wyników w pamięci wbudowanej. Miernik nie pracuje w innym trybie. Zaimplementowana dla zgodności ze standardem.
- ✧ **:CONTinuous <boolean>** – włączenie bądź wyłączenie ciągłego wysyłania wyników. Do włączenia wysyłania wyników niezbędne jest jeszcze wysłanie zapytania precyzującego co ma być wysyłane (komendy :FETC?, :READ? i :MEAS?). Wyniki wysyłane są z częstotliwością około czterech na sekundę.

C6.2.2 :CONFigure

Komenda służy do zmiany konfiguracji miernika: ustawienia mierzonego kanału oraz przesyłanego wyniku. Wybór wysyłanego wyniku odbywa się za pomocą jednej z komend :VALue, :GRADient, :DIFFerence, :RESistance. Wybór kanału zapisany jest w parametrze <channel list>. Możliwe są trzy tryby pomiaru: kanał pierwszy, kanał drugi oraz pomiar dwukanałowy. Przy braku wymienionych kanałów ustawiany jest domyślnie kanał pierwszy. Pomiar różnicowy :DIFFerence jest możliwy do wykonania wyłącznie w trybie dwukanałowym. Przy braku listy kanałów w tej komendzie ustawiany jest pomiar różnicy kanał pierwszy minus kanał drugi. Przy niemożności wykonania komenda zapisuje błąd w kolejce. Dzięki komendom i parametrom domyślnym można znacznie skrócić konfigurację. Na przykład konfigurację miernika do pomiaru wartości temperatury w kanale pierwszym można dokonać za pomocą komend:

- 1) :CONF:TEMP:VAL (@1)
- 2) :CONF:TEMP:VAL
- 3) :CONF:TEMP
- 4) :CONF

Pomiar wartości temperatury w kanale drugim:

- 1) :CONF:TEMP:VAL (@2)
- 2) :CONF:TEMP (@2)
- 3) :CONF (@2)

Pomiar gradientu, różnicy temperatur czy rezystancji wymaga pełnej ścieżki komend. Pomiar gradientu w kanale pierwszym można skonfigurować za pomocą:

- 1) :CONF:TEMP:GRAD (@1)
- 2) :CONF:TEMP:GRAD

Pomiar rezystancji dla obu kanałów:

:CONF:TEMP:RES (@1,2)

Pomiar różnicy między temperatury między kanałem drugim a pierwszym:

:CONF:TEMP:DIFF (@2,1)

C6.2.3 :CONFigure?

Komenda ta służy do odczytu aktualnej konfiguracji miernika. Zwraca string o strukturze identycznej z tą używaną do konfiguracji. Na przykład przy pomiarze wartości temperatury kanału pierwszego wysłana zostanie odpowiedź:

TEMP:VAL (@1)

A przy pomiarze rezystancji kanału drugiego:

TEMP:RES (@2)

Wysłanie komendy CONF do miernika po jego uruchomieniu i zakończeniu autokalibracji pozwala odczytać, które sondy są do niego podłączone.

C6.2.4 Komendy odczytu wyniku :FETCh? i :READ?

Są to komendy do odczytu wyniku aktualnie skonfigurowanego pomiaru. :FETCh? odczytuje ostatni wynik zapisany w pamięci miernika, natomiast :READ? uruchamia pomiar i odsyła wynik. Można powiedzieć, że komenda :READ? składa się z sekwencji komend:

- 1) :INIT
- 2) :FETCh?

Obie komendy do poprawnego wykonania wymagają najpierw skonfigurowania pomiaru. Można tego dokonać za pomocą komend :CONFigure lub :MEASuse. Dla komendy :FETCh? przykładowe prawidłowe wykonanie składać się będzie z sekwencji:

- 1) :CONF:TEMP:VAL (@1)
- 2) :INIT
- 3) :FETCh?

Zaś dla komendy :READ?:

- 1) :CONF:TEMP:VAL (@1)
- 2) :READ?

Komendy te nie muszą występować bezpośrednio po sobie. Muszą być tylko wywołane między ostatnim resetem urządzenia, a użyciem komend odczytu. Jeżeli tak się nie stanie zgłaszany jest błąd.

Wywołanie komend odczytu bez żadnych podkomend i parametrów

powoduje wysłanie wyniku ostatnio skonfigurowanego pomiaru. Możliwy jest także odczyt innych parametrów tego samego pomiaru. Mierząc wartość temperatury danego kanału, można bez problemu odczytać także gradient i rezystancję sondy. A przy pomiarze dwukanałowym można otrzymać wartość każdego parametru pomiaru. W tym celu należy wywołać komendę odczytu, łącznie z podległymi komendami i listą kanałów, w sposób podobny do komendy :CONFigure. Przy próbie odczytu niemierzonej wartości zgłaszany jest błąd.

Wynik pomiaru jest wysyłany dopiero po zebraniu pełnych buforów próbek. Trwa to maksymalnie 25 sekund. Z racji wstrzymywanego sposobu wykonywania komend, przez ten czas miernik nie będzie odpowiadał na inne komendy.

C6.2.5 :MEASure?

Komenda służy do konfiguracji i wykonania pomiaru wraz z odesłaniem wyniku. Można powiedzieć, że jej wykonanie jest równoznaczne z wykonaniem sekwencji komend:

- 1) :CONFigure:...
- 2) :READ?

Sposób konfiguracji pomiaru jest identyczny jak dla komendy :CONFigure.

C6.3 :UNIT – obsługa jednostek pomiarowych

Katalog ten służy do ustawiania i odczytu jednostek w których wykonywane są obliczenia. W termometrze za pomocą podkomendy :TEMP można zmienić ustawienia dotyczące używanej skali temperatury. Zaimplementowano trzy skale temperatury: Celsjusza, Kelvina i Fahrenheita. W każdej z nich miernik może podawać wyniki oraz przyjmować ustawienia. Ustawienie danej skali odbywa się poprzez podanie jako parametru komendy mnemonika odpowiadającego danej skali:

- ⤴ **C** lub **CEL** – skala Celsjusza,
- ⤴ **K** – skala Kelvina,
- ⤴ **F** lub **FAR** – skala Fahrenheita.

Przykładowe ustawienie skali Kelwina:

:UNIT:TEMP K

Wysłanie zapytania do tej komendy powoduje zwrot aktualnie używanej skali.

Po wyłączeniu zasilania, termometr zapamiętuje nazwę ostatnio ustawioną skalę.

C6.4 :INPut – konfiguracja wejść układu pomiarowego

Katalog ten zawiera komendy używane do ustawienia parametrów

układów wejściowych miernika. Obecnie w termometrze wykorzystywana jest tylko funkcja filtrowania sygnału wejściowego.

C6.4.1 :FILTer – konfiguracja filtru

Komenda ta służy do ustawienia parametrów filtru wejściowego termometru. Urządzenie zawiera jeden konfigurowalny filtr służący do usuwania przydźwięku sieci zasilającej. Możliwe są dwie częstotliwości jego pracy 50 lub 60Hz. Podanie innej wartości liczbowej spowoduje zgłoszenie błędu. Ustawienie częstotliwości filtru odbywa się za pomocą podkomendy :NOTCh. W związku z tym przykładowe prawidłowe skonfigurowanie filtru na częstotliwość 50Hz odbywa się za pomocą komendy:

:INP:FILT:NOTC 50

Aktualnie ustawiona wartość częstotliwości filtru jest zapamiętywana po wyłączeniu zasilania.

C6.5 :SENSe –konfiguracja parametrów pomiaru

Katalog ten zawiera zespół komend do wprowadzania i sprawdzania różnych ustawień związanych z realizacją pomiaru.

C6.5.1 :AVERage –ustawienie uśredniania pomiaru

Komenda ta służy do ustawiania liczby uśrednianych cykli pomiarowych. Pozwala to na uzyskanie bardziej stabilnego wyniku, przy dłuższym czasie trwania pomiaru. Można uśredniać od 1 do 10 cykli. Wartość 1 jest równoznaczne z brakiem dodatkowego uśredniania. Komenda :AVERage zawiera jedną podkomendę :COUNT służącą do ustawienia liczby uśrednianych cykli. Dodano ją dla większej zgodności ze standardem SCPI. Ponieważ :SENSe jest komendą domyślną, to ustawienie uśredniania danej liczby cykli (np. pięciu) można wykonać na dwa sposoby:

- 1) :SENS:AVER:COUN 5
- 2) :AVER:COUN 5

Aktualnie ustawiona wartość uśredniania jest zapamiętywana po wyłączeniu zasilania.

C6.5.2 :OVERflow –sprawdzenie poprawności pracy sond

Komenda ta służy do sprawdzenia czy podczas pomiarów nie został przekroczony zakres temperatury pracy danej sondy. Oddzielnie sprawdzana jest dolna i górna granica temperatur:

- ⤴ **:CH1:TMIN?** – sprawdzenie dolnej granicy temperatury sondy w kanale pierwszym,
- ⤴ **:CH1:TMAX?** – sprawdzenie górnej granicy temperatury sondy w kanale pierwszym,
- ⤴ **:CH2:TMIN?** – sprawdzenie dolnej granicy temperatury sondy w kanale

drugim,

- ⤴ **:CH2:TMAX?** – sprawdzenie górnej granicy temperatury sondy w kanale drugim.

Jeżeli dana granica została przekroczona, to w odpowiedzi miernik odsyła 1, jeżeli nie to 0.

Ponieważ katalog :SENSe jest katalogiem domyślnym, to odczyt przekroczenia zakresu można wykonać na dwa sposoby:

- 1) :SENS:OVER:CH1:TMIN?
- 2) :OVER:CH1:TMIN?

Stan przekroczenia zakresu jest ustawiany jeżeli w ciągu kolejnych 20 pomiarów, w ponad 10 z nich granica temperatury została przekroczona. Stan przekroczenia zakresu zostaje natychmiastowo zapisany w pamięci EEPROM danej sondy i nie jest nigdy zerowany. W związku z tym komenda :OVERflow służy do sprawdzenia poprawności pracy sondy przez cały okres jej działania. Nie mówi natomiast nic o chwili obecnej. Aktualne przekroczenie zakresu można sprawdzić używając do tego komend pomiarowych.

Zapis przekroczenia zakresów pracy sond można usunąć jedynie przez wykasowanie pamięci odpowiadającej danej sondzie.

C6.6 :CALibration –komendy kalibracji

Ten katalog komend służy do wykonania wszystkich czynności związanych z kalibracją termometru.

C6.6.1 :ALL – autokalibracja

Komenda :ALL służy do uruchomienia autokalibracji miernika. Wykonywanie jej nie jest konieczne, gdyż urządzenie kalibruje się po uruchomieniu, a w trakcie pracy na bieżąco w tle wykonuje cykle autokalibracyjne.

Zapytanie :ALL? również ma takie samo działanie. Jednakże po zakończeniu wykonania zwraca wynik kalibracji. Zero jeżeli kalibracja przebiegła bez błędów lub numer błędu w przypadku niepowodzenia. Po wysłaniu tego zapytania urządzenie czeka około 20 sekund na zakończenie procedur i w związku z tym nie odpowiada na inne komendy.

Wywołanie komendy :ALL nie powoduje zawieszenia komunikacji z termometrem. Zakończenie procedury kalibracji można sprawdzić odczytując rejestr operacji OPER.

C6.6.2 :SECure – odblokowanie kalibracji

Komenda :SECure zabezpiecza dostęp do funkcji kalibracyjnych, aby zapobiec nadpisaniu ustawień przez przypadkowe wywołanie jednej z komend kalibracyjnych. Aby umożliwić przeprowadzenie kalibracji należy odblokować tryb ochronny podając przy tym hasło 2804 (numer modelu termometru):

- 1) :CAL:SEC:STAT ON, 2804

2) :CAL:SEC 1, 2804

Po wykonaniu kalibracji tryb ochronny można zablokować:

1) :CAL:SEC:STAT OFF

2) :CAL:SEC 0

Do zablokowania podanie hasła nie jest wymagane, choć jest możliwe. Po uruchomieniu miernika tryb ochronny jest zablokowany.

Odblokowanie trybu ochronnego jest konieczne do przeprowadzenia kalibracji rezystancji oraz sond. Natomiast wykonanie autokalibracji oraz odczyt wprowadzonych współczynników można dokonać w każdej chwili, bez odblokowania trybu ochronnego.

C6.6.3 :RESistance – kalibracja pomiaru rezystancji

Katalog ten ta służy do kalibracji pomiaru rezystancji. W tym celu przed wywołaniem komendy należy podłączyć w miejsce sondy pierwszej opornik wzorcowy o znanej wartości (zalecane wartości od 90Ω do 210Ω). Następnie wywołać komendę:

:CAL:RES:VAL <R value>

podając jako parametr wartość rezystancji opornika wzorcowego.

Wysłanie tej komendy jako zapytania:

:CAL:RES:VAL? <R value>

powoduje zwrot stanu wykonania kalibracji: zero jeżeli zakończona poprawnie lub numer błędu w przypadku niepowodzenia. Z racji tego, że wykonanie pełnej procedury kalibracji trwa około minuty, to tyle trzeba czekać na wynik działania komendy. Wysłanie zapytania oznacza zawieszenie komunikacji z urządzeniem na ten czas.

Datę ostatniego wykonania kalibracji pomiaru rezystancji można odczytać używając komendy :DATE?:

:CAL:RES:DATE?

C6.6.4 :CH1 (CHannel1) i :CH2 (CHannel2) – kalibracja sond

Komendy zgrupowane w tych katalogach pozwalają na wpisanie wszystkich parametrów pomiarowych sond. Wykonanie każdej z tych komend trwa około 0.5 sekundy. Do ich katalogów wchodzi następujące podkomendy:

- ✧ **:R0 <R0 value>** – wpisanie rezystancji sondy przy temperaturze 0°C ,
- ✧ **:COEFFicient <A, B, C>** – wpisanie współczynników dla wzoru Callendar–Van Dusen na obliczenie wartości rezystancji czujnika Pt100,
- ✧ **:NCORrection <a0, a1, a2>** (Negative CORrection) – wpisanie współczynników wielomianu drugiego rzędu służącego do korekcji pomiarów temperatury dla ujemnych temperatur,
- ✧ **:PCORrection <a0, a1, a2>** (Positive CORrection) – wpisanie współczynników wielomianu drugiego rzędu służącego do korekcji pomiarów temperatury dla dodatnich temperatur,
- ✧ **:TMIN <Tmin value>** – wpisanie minimalnej temperatury pracy sondy,
- ✧ **:TMAX <Tmax value>** – wpisanie maksymalnej temperatury pracy

sondy,

- ⤴ **:DATE?** – odczyt daty wykonania ostatniej kalibracji sondy,
- ⤴ **:IDN?** – odczyt numeru seryjnego danej sondy,
- ⤴ **:SNUMber <string>** (Serial Number) – wpisanie numeru seryjnego danej sondy.

C6.7 :MEMory – obsługa pamięci EEPROM

Ten katalog służy do obsługi pamięci EEPROM znajdujących się na płycie analogowej termometru oraz wewnątrz sond. W termometrze aktywna jest tylko funkcja kasowania pamięci :CLEar. Umożliwia ona wykasowanie danych w pamięci powiązanej z danym modułem. W termometrze zdefiniowano trzy obszary pamięci:

- ⤴ **METer** – pamięć położona na płycie analogowej: kasowanie danych miernika oraz danych sond zapisanych na płycie analogowej,
- ⤴ **CH1** (CHannel 1) – pamięć związana z sondą w kanale pierwszym: kasowanie zarówno pamięci wewnątrz sondy, jak i obszaru pamięci poświęconej danej sondzie na płycie analogowej,
- ⤴ **CH2** (CHannel 2) – pamięć związana z sondą w kanale drugim: kasowanie zarówno pamięci wewnątrz sondy, jak i obszaru pamięci poświęconej danej sondzie na płycie analogowej.

Taki sposób obsługi jest spowodowany, tym że termometr może pracować zarówno z sondami wyposażonymi w wewnętrzną pamięć EEPROM, jak i bez niej (dane sond zostają zapisane na płycie analogowej). Komenda :CLEar dla zgodności ze standardem zawiera dodatkową domyślną podkomendę :NAME. W związku z tym kasowanie danych pamięci sondy w kanale pierwszym można wykonać na dwa sposoby:

- 1) :MEM:CLEar:NAME CH1
- 2) :CLEar:NAME CH1

Aby uniknąć przypadkowego usunięcia danych, zanim przystąpi się do kasowania pamięci należy najpierw odblokować dostęp do kalibracji za pomocą komendy :CAL:SEC- opis w Dodatku C6.6.2. Usunięcie danych z pamięci EEPROM nie powoduje ich usunięcia z pamięci RAM termometru. Dlatego aby wprowadzić zmiany w życie należy zrestartować miernik. Jest to dodatkowe zabezpieczenie przed usunięciem danych.

C6.8 :DISPlay – obsługa wyświetlacza

Ten katalog służy do obsługi wyświetlacza urządzenia. Jest w nim tylko jedna komenda :MENU zmieniająca dodatkowe wyniki wyświetlane przez termometr. Temperatura wyświetlana jest zawsze natomiast dodatkowo mogą zostać wyświetlone:

- ⤴ **GRADient** – gradient temperatury,
- ⤴ **DIFFerence** – różnica między temperaturami sond w kanale pierwszym i drugim,
- ⤴ **RESistance** – wartość rezystancji sondy,

⤴ **NONE** – brak wyświetlania dodatkowych wyników.

Aby ustawić dany tryb wyświetlania należy wywołać tę komendę podając jako parametr nazwę menu. Komenda :MENU dla zgodności ze standardem zawiera dodatkową domyślną podkomendę :NAME. W związku z tym przykładowo ustawienie wyświetlania gradientu można wykonać na dwa sposoby:

- 1) :DISP:MENU:NAME GRAD
- 2) :DISP:MENU GRAD

Wysłanie zapytania do tej komendy, powoduje zwrócenie nazwy menu.

Po wyłączeniu zasilania, termometr zapamiętuje nazwę ostatnio ustawionego menu.

C6.9 :STATus –obsługa rejestrów statusu

Komendy zgrupowane w tym katalogu służą do obsługi dodatkowych rejestrów statusu. W mierniku są to rejestry OPER i QUES. Główne rejestry statusu STB i ESR są obsługiwane za pomocą komend specjalnych

C6.9.1 :OPERation – rejestr operacji

Obsługa rejestru operacji OPER.

- ⤴ **:EVENT?** – odczyt wartości rejestru OPER,
- ⤴ **:ENABLE <int>** – ustawienie rejestru maski rejestru statusu OPER.

C6.9.2 QUEStionable – rejestr wiarygodności

Obsługa rejestru wiarygodności QUES.

- ⤴ **:EVENT?** – odczyt wartości rejestru QUES,
- ⤴ **:ENABLE <int>** – ustawienie rejestru maski rejestru statusu QUES.

C6.9.3 :PRESet

Komenda zeruje maski rejestrów OPER i QUES.

C6.10 :SYSTem

Zbiór komend do obsługi ustawień urządzenia niezwiązanych z prowadzonymi pomiarami.

C6.10.1 :ERRor – odczyt błędów

Odczyt numeru pierwszego błędu z kolejki błędów. Po odczycie błąd jest

usuwany z kolejki. Lista zgłaszanych błędów znajduje się w rozdziałach poniżej.

C6.10.2 :DATE <rok, miesiąc, dzień>

Ustawienie i odczyt aktualnej daty.

C6:10:3 :TIME <godzina, minuta, sekunda>

Ustawienie i odczyt aktualnej godziny.

C7 Zgłaszane błędy

Urządzenie może zgłosić kilkanaście różnych błędów. Można je podzielić na kilka grup. Podstawowe to błędy miernika o wartości dodatniej i błędy interfejsu SCPI o wartości ujemnej. Błędy SCPI są określone w standardzie i identyczne dla wszystkich urządzeń komunikujących się w ten sposób. Natomiast błędy miernika są specyficzne, zależne od producenta. Zgłoszenie jakiegokolwiek błędu podczas wykonywania komend kończy wykonanie danej sekwencji komend (do najbliższego znaku końca wiadomości pmt – program message terminator).

C7.1 Błędy urządzenia

- ⤴ **100 MEASURE ERROR** – błąd komunikacji z płytką analogową,
- ⤴ **101 CHANNEL1 ERROR** – brak sondy w kanale pierwszym,
- ⤴ **102 CHANNEL2 ERROR** – brak sondy w kanale drugim,
- ⤴ **104 CALIBRATION EXECUTE** – niemożność wykonania komendy z powodu wykonywania kalibracji,
- ⤴ **110 CALIBRATION ERROR** – błąd kalibracji rezystancji, zgłaszany jeżeli nie można bardziej sprecyzować błędu,
- ⤴ **111 CALIBRATION START ERROR** – niemożność uruchomienia rezystancji,
- ⤴ **112 RESISTOR MISSING** – niepodłączony rezystor wzorcowy,
- ⤴ **113 RESISTOR LOW** – za mała wartość rezystora wzorcowego,
- ⤴ **114 RESISTOR HIGH** – za duża wartość rezystora wzorcowego,
- ⤴ **120 PROBE CALIBRATION ERROR** – błąd kalibracji sondy, zgłaszany jeżeli nie można bardziej sprecyzować błędu,
- ⤴ **121 R0 LOW** – za mała wartość rezystancji czujnika w temperaturze 0 °C,
- ⤴ **122 R0 HIGH** – za duża wartość rezystancji czujnika w temperaturze 0 °C.

°C,

- ✧ **123 TEMPERATURE LOW** – za mała wartość wpisywanej temperatury, może być zgłoszony podczas wpisywania TMIN i TMAX,
- ✧ **124 TEMPERATURE HIGH** – za duża wartość wpisywanej temperatury, może być zgłoszony podczas wpisywania TMIN i TMAX,
- ✧ **130 CALIBRATION SECURE ERROR** – włączona ochrona zapisu danych kalibracyjnych,
- ✧ **140 MEMORY ERROR** – błąd pamięci (zarówno brak pamięci jak i błąd arbitrażu),
- ✧ **141 CHANNEL1 MEMORY ERROR** – błąd komunikacji z pamięcią sondy w kanale pierwszym,
- ✧ **141 CHANNEL2 MEMORY ERROR** – błąd komunikacji z pamięcią sondy w kanale drugim,
- ✧ **143 METER MEMORY ERROR** – błąd komunikacji z pamięcią umieszczoną na płycie analogowej,
- ✧ **150 CALCULATION ERROR** – błąd obliczeń (zgłaszany jeżeli dla podanych współczynników algorytm jest rozbieżny, bądź daje zabronione wyniki),
- ✧ **151 CALCULATION ERROR** – błąd obliczeń dla sondy w kanale pierwszym,
- ✧ **152 CALCULATION ERROR** – błąd obliczeń dla sondy w kanale drugim.

C7.2 Błędy SCPI

- ✧ **-100 COMMAND ERROR** – błąd komendy, zgłaszany jeżeli nie można bardziej sprecyzować błędu,
- ✧ **-101 INVALID CHARACTER** – błędny znak w komendzie
- ✧ **-102 SYNTAX ERROR** – nierozpoznana komenda, najczęściej nieprawidłowy typ komendy,
- ✧ **-103 INVALID SEPARATOR** – błędny separator,
- ✧ **-104 DATA TYPE ERROR** – błędny typ danych np. liczba a nie string w parametrze,
- ✧ **-108 PARAMETER NOT ALLOWED** – za duża liczba parametrów,
- ✧ **-109 MISSING PARAMETER** – za mała liczba parametrów,
- ✧ **-110 COMMAND HEADER ERROR** – błąd nagłówka komendy, np. brak takiej komendy w danym katalogu, czy niepoprawny katalog,
- ✧ **-120 NUMERIC DATA ERROR** – błąd danych liczbowych,
- ✧ **-200 EXECUTION ERROR** – błąd wykonania komendy, zgłaszany jeżeli nie można bardziej sprecyzować błędu,
- ✧ **-210 TRIGGER ERROR** – błąd wyzwolenia urządzenia, np. próba odczytu wyniku bez konfiguracji pomiaru,
- ✧ **-220 PARAMETER ERROR** – błędne parametry wykonania,
- ✧ **-221 SETTINGS CONFLICT** – poprawne parametry wykonania, ale niemożliwe wykonanie komendy w tym stanie urządzenia,

✦ **-350 QUEUE OVERFLOW** – przepełnienie kolejki błędów.

Producent:

RF Scientific
Bartłomiej Radzik
ul. Rydygiera 15A lok.83
01-793 Warszawa
tel.kom (+48) 796-45-80-40
e-mail: info@rfscientific.eu
strona internetowa: www.rfscientific.pl

**Dystrybutor:**

LAB-EL Elektronika Laboratoryjna sp.j.
ul. Herbaciana 9,
05-816 Reguły
tel.: 22 753 60 32 (centralka)
tel.: 22 753 60 31 (centralka)
tel.: 22 753 61 30 (centralka)
tel.: 22 753 61 36 (centralka)
tel.: 722 094 373 (Dział Handlowy)
fax: 22 753 61 35
tel.: 797 340 156 (Pomoc techniczna w nagłych przypadkach po godzinach pracy)
e-mail: info@label.pl
strona internetowa: www.label.pl