

**POLITECHNIKA**



**BIAŁOSTOCKA**

**WYDZIAŁ**



**INŻYNIERII**

**ZARZĄDZANIA**

**KATEDRA ZARZĄDZANIA PRODUKCJĄ**

Instrukcja do zajęć laboratoryjnych z przedmiotu:

***Systemy kontrolno-pomiarowe***

Kod przedmiotu: KSU011012, KNU011012

**Ćwiczenie nr 7**

**POMIAR ROZKŁADU TEMPERATURY  
W PIECU LABORATORYJNYM (DASYLab)**

Opracował:

dr inż. Arkadiusz Łukjaniuk

Białystok 2020

*Wszystkie prawa zastrzeżone*

*Wszystkie nazwy handlowe i towarów występujące w niniejszej instrukcji są znakami towarowymi zastrzeżonymi lub nazwami zastrzeżonymi odpowiednich firm odnośnych właścicieli.*

---

Laboratorium „Systemy kontrolno-pomiarowe”

**Ćw. Nr 7\_ Pomiar rozkładu temperatury w piecu laboratoryjnym (DASYLab)**

---

**CEL ĆWICZENIA:** Zapoznanie studentów z metodami i techniką pomiaru temperatury za pomocą współczesnych systemów pomiarowych i ich aplikacji w procesie suszenia drewna.

## 1. Wprowadzenie

Temperatura to jedna z najczęściej mierzonych wielkości nieelektrycznych. Pomiaru temperatury należą do metod pośrednich, wykorzystującymi zmiany właściwości fizycznych ciał pod wpływem zmian temperatury. Zmiany temperatur wywołują zmianę objętości ciał, ich rezystancji lub wartości różnicy potencjałów. Metody pomiaru takich zmian dzielą się na nieelektryczne, elektryczne i radiacyjne. Temperatura jest mierzona w zakresie od ok.  $-200^{\circ}\text{C}$  do ponad  $3000^{\circ}\text{C}$ . Tak szeroki zakres mierzonej wielkości, jak i różnorodność celów, warunków oraz wymaganych dokładności pomiarów sprzyjał powstaniu ogromnej liczby różnego rodzaju przetworników temperatury.

Ogólnie przetworniki takie można podzielić na dwie podstawowe grupy:

- *przetworniki stykowe* (termometry) do których zaliczają się także termorezystory i termoelementy, które podczas dokonywania pomiarów pozostają w bezpośrednim kontakcie z ciałem lub ośrodkiem, którego temperaturę się mierzy.
- *przetworniki bezstykowe* (pirometry) które mierzą temperaturę ciała lub ośrodka za pośrednictwem emitowanego promieniowania termicznego.

### *Termometry szklane*

Termometry szklane odgrywają znaczną rolę nie tylko w życiu codziennym, ale także w technice. Termometry napełnione rtęcią mają zakres pomiarowy od  $-35^{\circ}\text{C}$  do  $+500^{\circ}\text{C}$ . Do pomiaru temperatur do ok.  $-200^{\circ}\text{C}$  termometry napełnia się cieczami organicznymi (alkohole, pentan, eter). Czułość termometrów można dobierać w szerokim zakresie poprzez odpowiednie zastosowanie stosunku objętości bańki zawierającej rtęć do średnicy kapilary. Granice czułości wynoszą od  $0,002^{\circ}\text{C}$  na działkę do  $10^{\circ}\text{C}$  na działkę.

Niedokładność wskazań termometrów określić można za pomocą błędu bezwzględnego dla całego zakresu pomiarowego, a nie za pomocą

klasy dokładności, co uzasadnione jest charakterem źródeł błędów. Na błąd wskazań wpływa niedokładność wykonania skali, zmienność średnicy kapilary (niejednakowa średnica rurki na całej jej długości), błędy wzorcowania. Niedokładności te utrzymuje się przy precyzyjnych termometrach laboratoryjnych zazwyczaj w granicach jednej dziesiątki elementarnej.

### ***Termorezystory***

Za początki termometrii rezystancyjnej można uważać rok 1887, kiedy to C.W.Siemens opublikował pracę pod tytułem „On the practical measurement of temperature”.

***Termorezystor metalowy*** stanowi uzwojenie wykonane z metalu (platyny, niklu, miedzi), nawinięte na kształtce z materiału izolacyjnego. Zasada działania termorezystorów, czyli przetworników rezystancyjnych, polega na wykorzystaniu zjawiska zależności rezystywności metali od temperatury. Powstałe w ten sposób zmiany rezystancji są mierzone i stanowią miarę temperatury. Dla większości metali zależność tą można określić za pomocą funkcji:

$$R_T = R_0 (1 + AT + BT^2 + CT^3),$$

gdzie:  $R_T$  – rezystancja przetwornika w temperaturze T;  
 $R_0$  – rezystancja przetwornika w temperaturze 0°C;  
T – temperatura mierzona;  
A, B, C – współczynniki.

W pewnych zakresach temperatur i dla niektórych metali współczynniki B i C mogą przybrać wartości pomijalnie małe. Dlatego można przyjąć, że zmiana rezystancji jest liniową funkcją temperatury.

Zmiana rezystancji termorezystora pod wpływem temperatury jest określona przez tzw. współczynnik temperaturowy rezystancji  $\alpha$ , określający względną zmianę rezystancji przypadającą na jeden stopień zmiany temperatury:

$$\alpha = \frac{\frac{\Delta R}{R_0}}{\Delta T} \frac{1}{\text{deg}},$$

gdzie:  $R_0$  – rezystancja przetwornika przed zmianą temperatury.

Metale stosowane do budowy czujników rezystancyjnych temperatury powinny w żądanym jej zakresie charakteryzować się następującymi właściwościami:

- dużym termicznym współczynnikiem rezystywności;
- dużą rezystywnością, co ułatwia konstrukcję czujników o małych rozmiarach;
- stałością właściwości fizycznych i brakiem histerezy temperaturowej;
- łatwością odtwarzalności metalu o identycznych właściwościach, co umożliwia wymienialność czujników;
- odpornością na korozję;
- wysoką temperaturą topnienia;
- dostateczną ciągliwością i wytrzymałością.

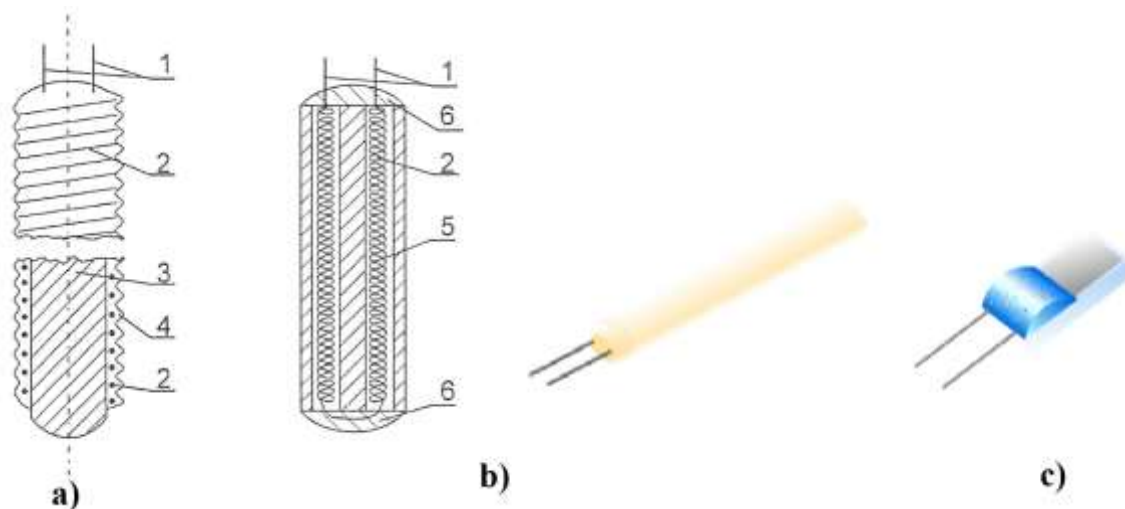
Metalem najlepiej spełniającym powyższe wymagania jest czysta platyna. Ponadto do budowy czujników termorezystancyjnych metalowych wykorzystuje się nikiel i miedź. Podstawowe parametry tych metali związane z ich zastosowaniem w pomiarach temperatury podano w tabeli 1.

Tabela 1. Parametry techniczne termorezystorów [1]

Metal	Zakres stosowania		Rezystywność	$\frac{R_{100}}{R_0}$
	typowy	graniczny		
	°C	°C	$\mu\Omega \cdot m$	–
Platyna	-200 ÷ +850	-250 ÷ +1000	0,1	1,385
Nikiel	-60 ÷ +150	- 60 ÷ + 180	0,1	1,617
Miedź	-50 ÷ +150	–	0,017	1,426

Stosowane w technice przetworniki rezystancyjne temperatury składają się z termorezystora oraz odpowiedniej osłony. Osłona jest wykonana z materiału dobrze przewodzącego ciepło (np. z metalu) i ma za zadanie chronić delikatny rezystor przed urazami mechanicznymi lub też przed korozyjnym oddziaływaniem środowiska. Konstrukcje osłon mogą być różne, zależnie od warunków pracy czujnika. Sam termorezystor ma najczęściej postać rezystora pałeczkowego, tzn. uzwojenia nawiniętego na pręcie (rys.1) lub rurce ze szkła, kwarcu czy ceramiki. Po nawinięciu uzwojenia nasuwa się na nie zewnętrzną rurkę z tego samego materiału co korpus, na którym nawinięto uzwojenie. Stapiając tę rurkę w odpowiedniej

temperaturze powoduje się zalanie zwojów rezystora, co izoluje go od wpływów chemicznych i chroni przed uszkodzeniami mechanicznymi. W niektórych wykonaniach izolację zewnętrzną uzwojenia stanowi taśma z włókna szklanego lub teflonu albo lakier. Znane są też konstrukcje oporników termoelektrycznych w postaci spirali szczelnie zamkniętej wewnątrz rurki ceramicznej (rys.1b). Spotyka się również termorezystory z dwoma, a nawet z trzema niezależnymi uzwojeniami. Wykorzystuje się je, gdy np.: zachodzi potrzeba jednoczesnego pomiaru i regulacji temperatury. W laboratorium do badań używane są termorezystory niklowe i platynowe otrzymane technologią napyłania cienkiej warstwy metalu. Charakteryzują się one małymi wymiarami i małą stałą czasową.



Rys.1. Konstrukcja rezystora termometrycznego: a) z uzwojeniem nawiniętym na pręt szklany lub kwarcowy; b) z uzwojeniem umieszczonym wewnątrz ceramicznej rurki: 1-końcówki wyjściowe, 2 - uzwojenie, 3 - pręt, 4 - warstwa ochronna, 5 - rurka, 6 – glazura [2]; c) termorezystor cienkowarstwowy.

Średnice rezystorów pałeczkowych wynoszą od jednego do kilku milimetrów, długości od kilkunastu do kilkudziesięciu milimetrów. Znacznie mniejsze wymiary mają nowoczesne termorezystory, tzw. cienkowarstwowe, czyli wykonane techniką warstw cienkich. Są to płaskie rezystory platynowe, napyłane na ceramiczne płytki o wymiarach np. 10x3x1 mm, a nawet mniejszych. Rezystory te charakteryzują się bardzo małą bezwładnością cieplną.

Rezystancją znamionową termorezystora jest jego rezystancja w temperaturze 0°C. Wynosi ona z reguły 100Ω, aczkolwiek spotyka się też

rezystory o innych wartościach rezystancji znamionowej (np.  $10\Omega$ ,  $25\Omega$ ,  $50\Omega$ ).

Zgodne z PN-83/M-53852 charakterystyki termoelektryczne rezystorów platynowych, niklowych i miedzianych, czyli zależność ich rezystancji od temperatury, wraz z dopuszczalnymi tolerancjami podane są w postaci odpowiednich tabel.

### ***Termistory***

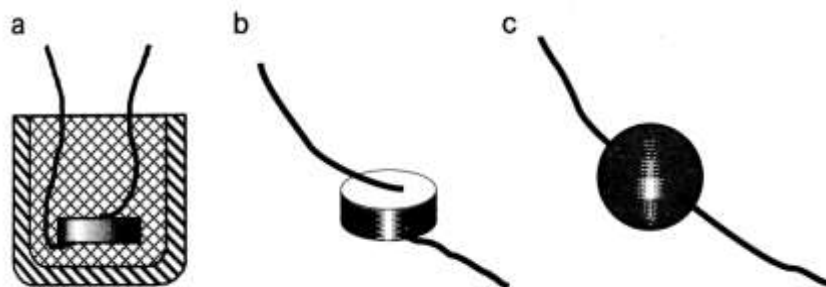
Są elementy półprzewodnikowe wykonane z mieszaniny sproszkowanych tlenków spiekanych w temperaturze ok.  $1000^{\circ}\text{C}$ . Spiekanie wymaga rygorystycznych warunków technologicznych (zwłaszcza atmosfery, w której są formowane). Do termistorów dolutowane są odprowadzenia wykonane z drucików platynowych o średnicy  $50\mu\text{m}$ .

Rodzaje termistorów:

PTC – positive thermally coefficient – dodatni współczynnik zmian rezystancji;

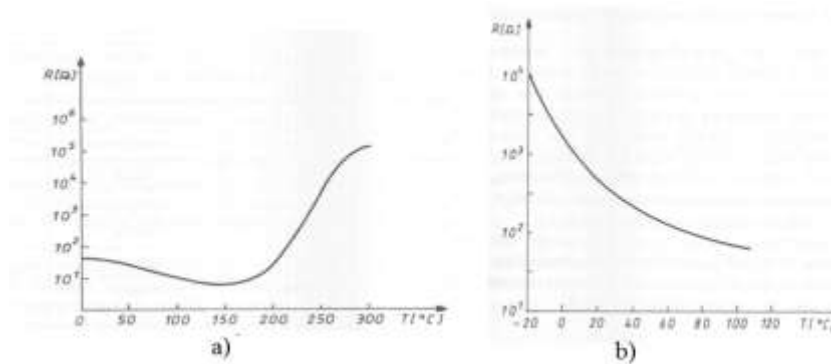
NTC – negative thermally coefficient - ujemny współczynnik zmian rezystancji.

Na rys. 2 przedstawione są w powiększeniu rodzaje wykonań termistorów.



Rys. 2. Rodzaje wykonań termistorów: a) kubkowe, b) pastylkowe, c) perełkowe.

Charakterystyki zmian rezystancji termistorów w funkcji temperatury przedstawione są na rysunku 3.



Rys. 3. Charakterystyki zmian rezystancji termistorów: a) PTC, b) NTC [6].

Zależności zmian rezystancji termistorów  $R_T$  są nieliniowe i dla typu NTC opisane są równaniem:

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

gdzie:  $R_{T_0}$  – rezystancja termistora w temperaturze odniesienia  $T_0$ ;

$B$  – stała zależna od materiału termistora w [K].

Zależności temperaturowe zmian rezystancji termistorów PTC zostawiam studentom do samodzielnych studiów literaturowych.

Zalety termistorów:

- duży temperaturowy współczynnik rezystancji (rzędu 3-4%/K);
- duża rezystywność;
- bardzo małe wymiary (perełki o średnicy 0,3-1mm).

Wady termistorów:

- mała powtarzalność i stałość parametrów (zwłaszcza w temperaturach ponad 200°C);
- niestabilność czasowa;
- bardzo duża nieliniowość;

Najczęstsze zastosowania termistorów:

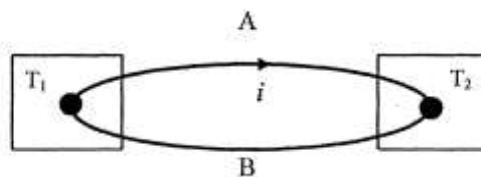
- pomiar małych różnic temperatury (w pobliżu pokojowej);
- kompensacja wpływu zmian temperatury otoczenia.

### ***Termoelementy***

W 1821 roku T. Serbek stwierdził, że w zamkniętym obwodzie składającym się z dwóch różnych metali, o ile miejsca styku tych metali znajdują się w różnych temperaturach, obserwuje się przepływ prądu elektrycznego (rys. 4). Ilościowe opisanie tego zjawiska było wówczas



niemożliwe, gdyż prawo Ohma, stanowiące jego podstawę, zostało sformułowane dopiero w 1826 roku przez G.S. Ohma.



Rys 4. Ilustracja zjawiska zaobserwowanego przez Seebecka.

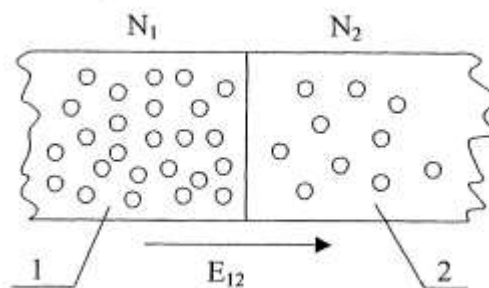
W roku 1834 I.C.A. Peltier stwierdził, że gdy prąd przepływa przez miejsce złączenia dwóch różnych metali, to zależnie od kierunku przepływu prądu, złącze to nagrzewa się lub oziębia (nie uwzględniając oczywiście ciepła Joule'a wydzielającego się w każdym przewodzie  $Q = cRI^2$ ).

W roku 1854 Lord Kelvin (W. Thomson) doszedł do wniosku, że poza zjawiskami termoelektrycznymi występującymi w spoinach, również na końcach pojedynczego jednorodnego przewodu, na którego długości występuje gradient temperatury, zależnie od rodzaju metalu i kierunku przepływu prądu, następuje wydzielanie się lub pochłanianie ciepła.

Zjawisko Thomsona można rozważać jako zjawisko występowania pewnej siły termoelektrycznej na długości poszczególnych przewodów obwodu elektrycznego. Przyczyną zjawiska Thomsona jest różny stopień zagęszczenia elektronów swobodnych wzdłuż przewodnika, na którego długości występuje pewien gradient temperatury.

Przyczyną zjawiska Peltiera jest różna koncentracja swobodnych elektronów po obu stronach styku dwóch różnych metali w określonej temperaturze. To powoduje powstanie w miejscu styku pewnej różnicy potencjałów o wartości zależnej od temperatury.

### ***Zasada działania przetwornika termoelektrycznego***



Rys. 5. Złącze dwóch różnych metali

Na złączu (spoinie) dwóch różnych metali (rys.5) powstaje niewielka siła elektromotoryczna  $E_{12}$ . Jest ona skierowana od metalu o większej koncentracji swobodnych elektronów ( $N_1$ ) do metalu o mniejszej koncentracji elektronów ( $N_2$ ). Wartość tej siły elektromotorycznej określa następujący wzór.

$$E_{12} = \frac{A_1 - A_2}{e} + \frac{kT}{e} \ln \frac{N_1}{N_2},$$

gdzie:  $A_1, A_2$  – prace wyjścia elektronów z tych metali;

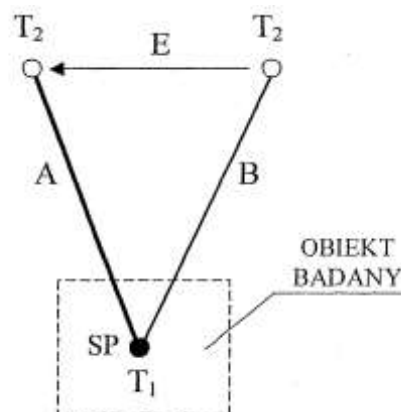
$e = 1,602 \cdot 10^{-19}$  C (ładunek elektronu);

$k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  J/K – stała Boltzmannna;

$T$  – temperatura bezwzględna spoiny;

$N_1, N_2$  – koncentracja swobodnych elektronów w jednostce objętości każdego z metali.

Termoelement tworzą dwie elektrody **A**, **B**, nazywane termoelektrodami (rys. 6), wykonane z różnych metali (stopów lub czystych metali) zespolonych ze sobą jednym końcem. Miejsce spojenia przybiera najczęściej kształt niewielkiej kuleczki, która stanowi tak zwaną spoinę pomiarową. Spoinę pomiarową umieszcza się w miejscu, gdzie mierzona jest temperatura. Jeżeli temperatury  $T_1, T_2$  różnią się między sobą, to między wolnymi końcami termoelementu powstaje siła elektromotoryczna  $E$ , nazywana siłą termoelektryczną (**STE**). Przyjmuje ona na ogół niewielkie wartości wynoszące kilka, kilkadziesiąt lub kilkaset miliwoltów.



Rys. 6. Termoelement czyli złącze dwóch różnych metali A, B (np. A jest stopem metali: NiCr; B stopem metali: NiAl)

Wartość siły termoelektrycznej  $E$  z dobrym przybliżeniem można przyjmować za wprost proporcjonalną do różnicy temperatur  $\Delta T$ , to znaczy:

$$E = k \cdot \Delta T = k \cdot (T_1 - T_2), \quad (1)$$

gdzie:  $k$  jest współczynnikiem czułości termoelementu:

$$k = \frac{\Delta E}{\Delta T} \quad \frac{mV}{deg}$$

Na przykład dla stosowanego w ćwiczeniu termoelementu typu **K (NiCr–NiAl)** współczynnik  $k = 0,0405 \text{ mV/deg}$ . Dla drugiego termoelementu typu **T (Cu–CuNi)**, współczynnik  $k = 0,0428 \text{ mV/deg}$ .

Dokładną zależność siły termoelektrycznej od temperatury odczytuje się z odpowiednich tablic, które udostępnione są ćwiczącym. Zależność (1) pozwala na wyznaczenie temperatury  $T_1$  wewnątrz pieca, gdy znana jest temperatura otoczenia  $T_2$ :

$$T_1 = \frac{E}{k} + T_2 \text{ deg.}$$

Pomiary temperatury można wykonywać w sposób bezstykowy np. pirometrami. Pirometry dzielą się na:

- **ręczne:** monochromatyczne z zanikającym włóknem i barwne (dwubarwowe);
- **samoczynne:** radiacyjne (całkowitego promieniowania) i fotoelektryczne (pasmowe, dwupasmowe, wielopasmowe).

W pirometrach ręcznych to operator decyduje o momencie poprawnego odczytu temperatury (np. w pirometrach monochromatycznych operator decyduje o momencie zaniku włókna żarówki na tle obiektu temperatura którego jest mierzona). Natomiast w pirometrach samoczynnych rola operatora jest ograniczona do poprawnych ustawień wstępnych informacji o obiekcie i otoczeniu oraz wybraniu odpowiedniej odległości pirometru od mierzonego obiektu. Dalej informacja o zmierzonej temperaturze jest wyświetlana samoczynnie po przetworzeniu danych pomiarowych przez układy elektroniczne

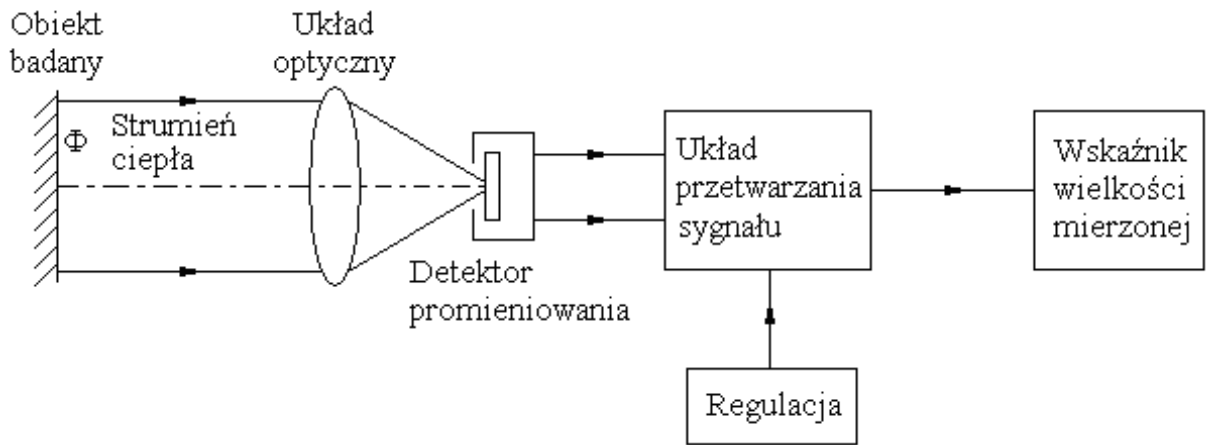
Pirometr jest zbudowany z (rysunek 7):

- ❖ układu optycznego, który skupia promieniowanie na detektorze;
- ❖ detektora promieniowania;
- ❖ układu przetwarzania sygnału;
- ❖ wskaźnika wielkości mierzonej.

---

Laboratorium „Systemy kontrolno-pomiarowe”

**Ćw. Nr 7. Pomiar rozkładu temperatury w piecu laboratoryjnym (DASYLab)**

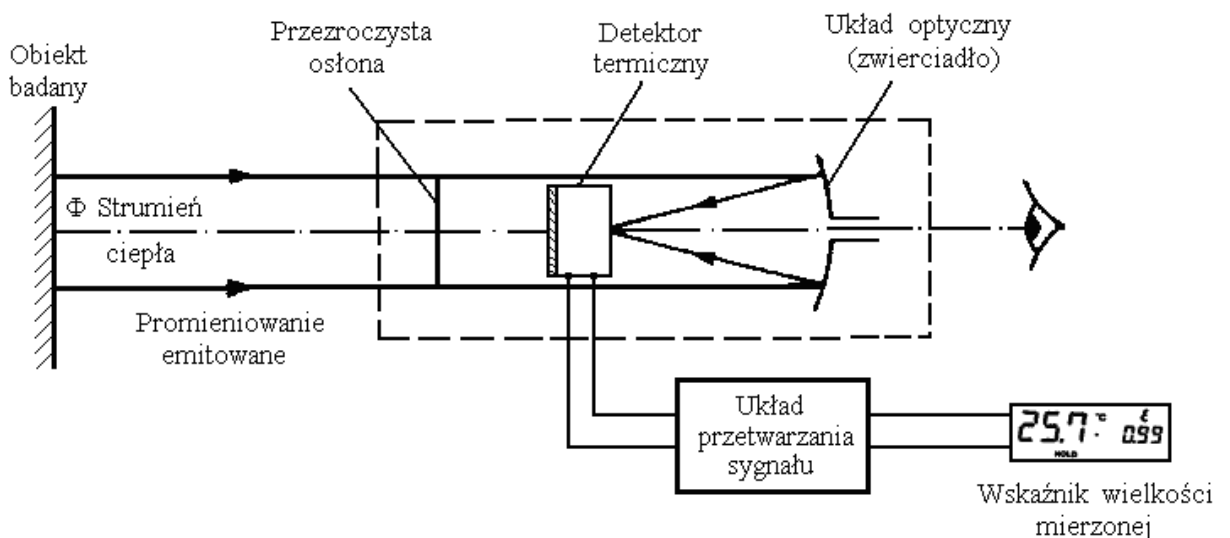


Rys. 7. Schemat budowy pirometru.

Układ optyczny powinien charakteryzować się:

- dużym współczynnikiem przepuszczania w możliwie szerokim zakresie długości fal;
- możliwością pracy w szerokim zakresie temperatur;
- dobrą wytrzymałością mechaniczną;
- dobrą odpornością na ścieranie;
- wytrzymałością na wpływy atmosferyczne (para wodna) i chemiczne,
- odpornością na szybkie zmiany temperatury.

Pirometr radiacyjny (rys. 8) zwany też piometrem całkowitego promieniowania wykorzystuje zależność natężenia promieniowania cieplnego emitowanego w szerokim zakresie długości fal od temperatury. Temperatura obiektu badanego jest określana na podstawie pomiaru mocy promieniowania w całym paśmie, od podczerwieni do nadfioletu.



Rys. 8. Schemat budowy pirometru radiacyjnego.

Promieniowanie cieplne badanego ciała skupiane jest za pomocą układu optycznego (soczewki, zwierciadła lub światłowodu) na termicznym czujniku promieniowania. Wskazania tego typu pirometru nie są zależne od odległości, jeżeli obiekt pokrywa całe pole widzenia przyrządu. Zakłócający wpływ na pomiar może mieć obecność pochłaniających promieniowanie cieplne gazów pomiędzy badaną powierzchnią a przyrządem. Przyrządy tego typu mogą być stosowane do pomiarów ciągłych.

Przyczyny błędów pomiaru temperatury pirometrami:

- emisyjność ciała badanego;
- promieniowanie odbite od ścian otaczających;
- pochłanianie promieniowania przez atmosferę (ośrodek pomiędzy przedmiotem, a przyrządem);
- emisja własna zanieczyszczonej atmosfery;
- pochłanianie promieniowania przez okno wziernika;
- obecność ciał stałych, przesłaniających drogę promieni wewnątrz stożka widzenia pirometru;
- temperatura otoczenia pirometru;
- promieniowanie rozproszone z poza stożka widzenia pirometru.

## 2. Przygotowanie stanowiska do pomiarów

Schemat blokowy stanowiska laboratoryjnego pokazany jest na rysunku 9.



Rys. 9. Schemat blokowy stanowiska laboratoryjnego

---

Laboratorium „Systemy kontrolno-pomiarowe”

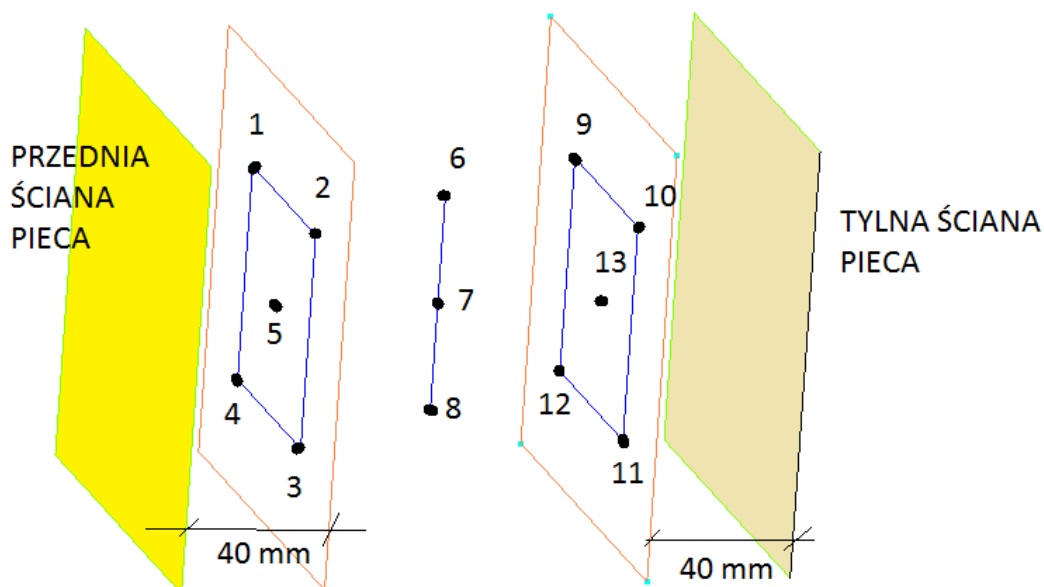
**Ćw. Nr 7. Pomiar rozkładu temperatury w piecu laboratoryjnym (DASYLab)**

Stanowisko laboratoryjne (rys.10a) składa się z pieca laboratoryjnego, wewnątrz którego na specjalnie ukształtowanym rusztowaniu rozmieszczone są termoelementy typu K (rys. 10b). Termoelementy są podłączone na wejścia modułów Moxa E1262, które są wpięte do sieci internetowej. Sygnał pomiaru temperatury poprzez łącze internetowe trafia na wejście komputera PC.



Rys. 10. Widok stanowiska laboratoryjnego: a) piec laboratoryjny, b) wnętrze pieca z termoelementami na rusztowaniu

Rozmieszczenie termoelementów wewnątrz pieca ilustruje rysunek 11.



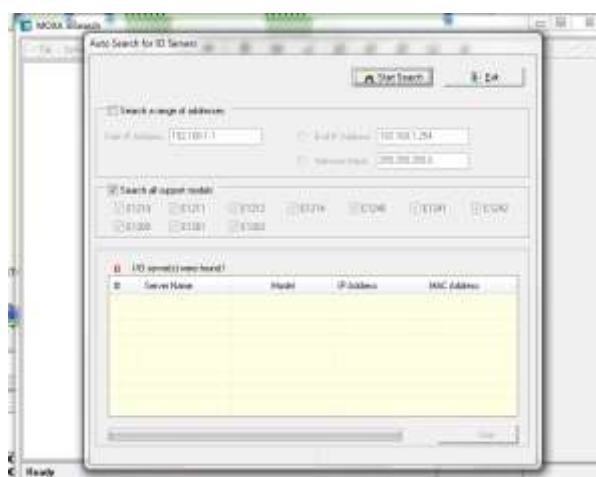
Rys. 11. Rozmieszczenie termoelementów wewnątrz pieca

Termoelementy o Nr 1-8 podłączone zostały do modułu E1262 o numerze 00-90-E8-39-70-E5 i IP 82 139 154 220, a termoelementy o Nr 9-13 podłączone zostały do modułu E1262 o numerze 00-90-E8-1F-A4-CE i IP 82 139 154 223 (rys. 12). Dodatkowo do tego modułu podłączono termoelement do pomiaru temperatury otoczenia  $T_o$ .



Rys. 12. Podłączenie termoelementów do modułów Moxa E1262

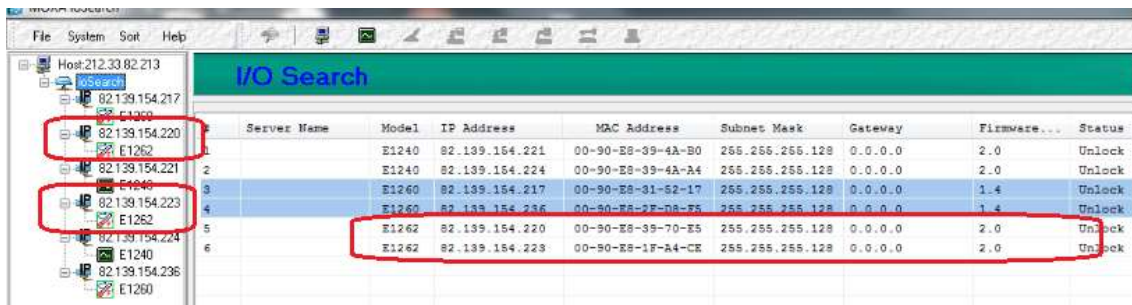
Nowe moduły pomiarowe powinny przejść etap konfiguracji - nadanie odpowiedniego numeru IP. Etap ten już jest wykonany i dlatego po uruchomieniu programu MOXA ioSearch (rys. 13) można wykryć aktywne moduły pomiarowe (rys. 14)



Rys. 13. Uruchomienie programu MOXA ioSearch

Laboratorium „Systemy kontrolno-pomiarowe”

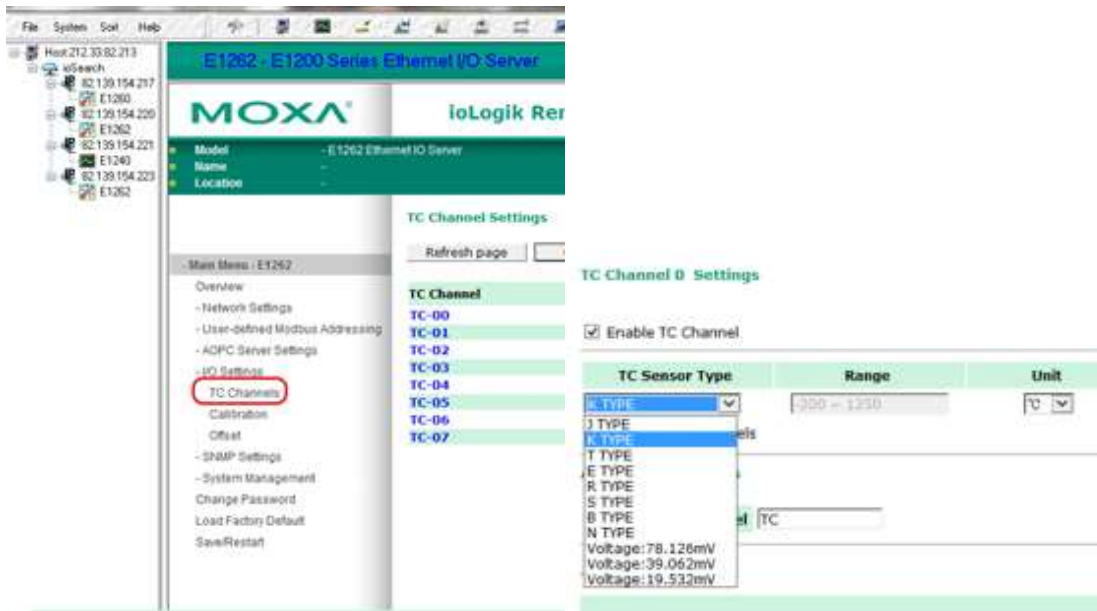
**Ćw. Nr 7. Pomiar rozkładu temperatury w piecu laboratoryjnym (DASYLab)**



Po kliknięciu wybranego modułu 1262 wyświetli się lista podłączonych czujników (rys. 15).



Następnie po uaktywnieniu *I/O Settings*, a następnie *TC channels* (rys. 16) wybierając poszczególne kanały możemy przeprowadzić ich konfigurację (rodzaj termoelementu, zakresy pomiarowe, itp.).



Rys. 16. Konfiguracja poszczególnych kanałów modułu E 1262 z IP 82 139 154 220



Następnie po przeprowadzonej konfiguracji modułów pomiarowych należy przeprowadzić kalibrację. W tym celu do naczynia z wodą i lodem wkładamy termoelementy i klikając **Calibration** wybieramy kolejno kanały pomiarowe i uaktywniamy okno **Calibrate** (rys. 17). Po wykonanej poprawnie kalibracji wszystkie termoelementy powinny wskazywać temperaturę  $0\pm 0,1$  °C.



Rys. 17. Kalibracja poszczególnych kanałów modułu E 1262 o IP 82 139 154 220

### 3. Budowa toru pomiarowego w DASYLab i przebieg pomiarów

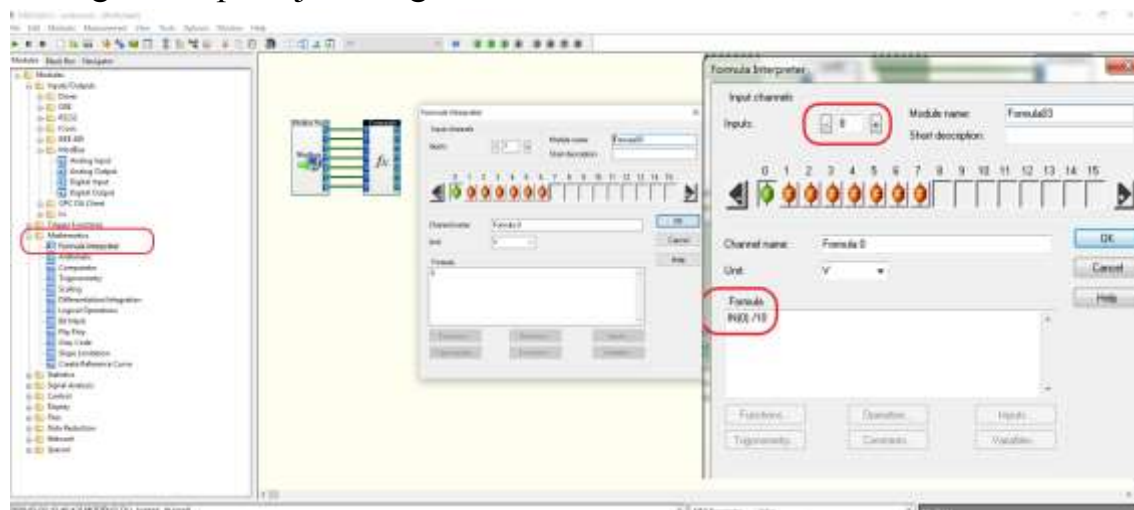
Po uaktywnieniu programu DASYLab studenci budują tor pomiarowy. Pierwszym krokiem jest wybór i konfiguracja modułu wejściowego (rys. 18 k1 – krok 1) poprzez kliknięcie **Inputs/Outputs** → **ModBus** → **Analog Input** i przeciągnięcie ikony w obszar roboczy ekranu. Następnie należy wpisać nr IP i **interface TCP/IP** (rys. 18 k2). Konfigurujemy kanał „0”. W tym celu należy zaznaczyć okno **Register starts at 0** (k3) oraz w oknie **Data type** uaktywnić **DWord** (k4), a w oknie **Register** wpisać **2048** (k5). Następnie symbolem „+” dodajemy kolejny kanał i powtarzamy operacje wykonane dla kanału „0” z tym, że w oknie **Register** wpisujemy liczbę o 2 większą od wpisanej w kanale poprzednim, czyli **2050**

(k5). Konfigurację kończymy na kanale z nr 7. Następnie poprzez kliknięcie **Inputs/Outputs** → **ModBus** → **Analog Input** uaktywniamy następny moduł pomiarowy E1262 o IP 82 139 154 223 i przeprowadzamy konfigurację do kanału nr 4 włącznie.



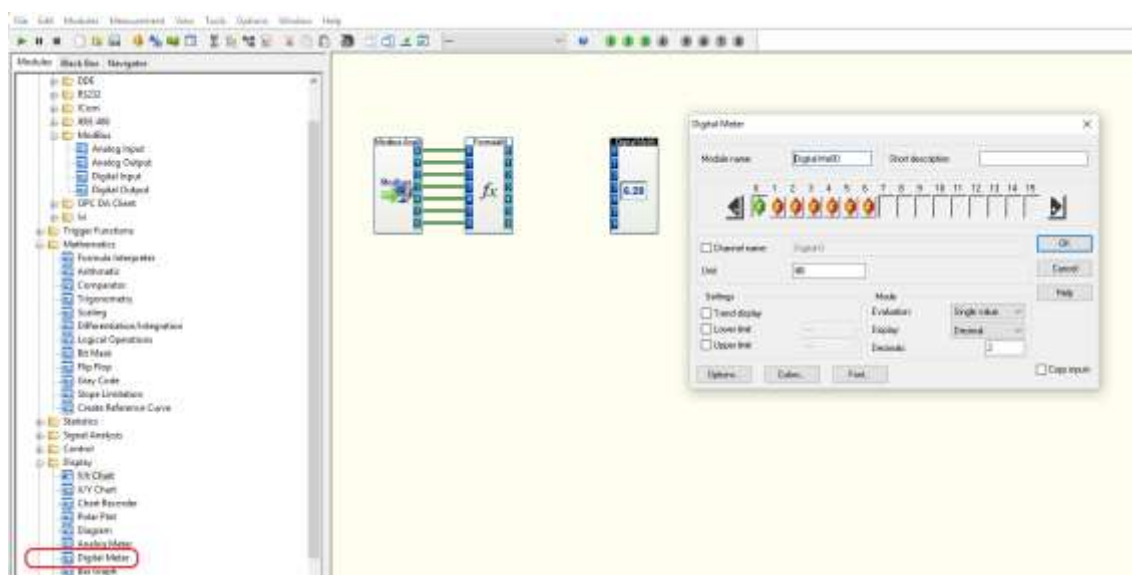
Rys. 18. Wybór i konfiguracja modułu wejściowego

Kolejnym etapem budowania toru pomiarowego jest wprowadzenie modułu skalującego (**Mathematics** → **Formula Interpreter** – rys. 19). Należy w oknie **Input** ustawić liczbę kanałów (dla pierwszego modułu jest to 8) oraz wpisać formułę **IN(0)/10**. Plussem dodać kolejny kanał i wpisać formułę **IN(1)/10**. Podobne operacje powtórzyć dla reszty kanałów. Następnie połączyć wyjścia **Modbus Analog** z wejściami **Formula**. Powtórzyć analogiczne operacje z drugim modułem.



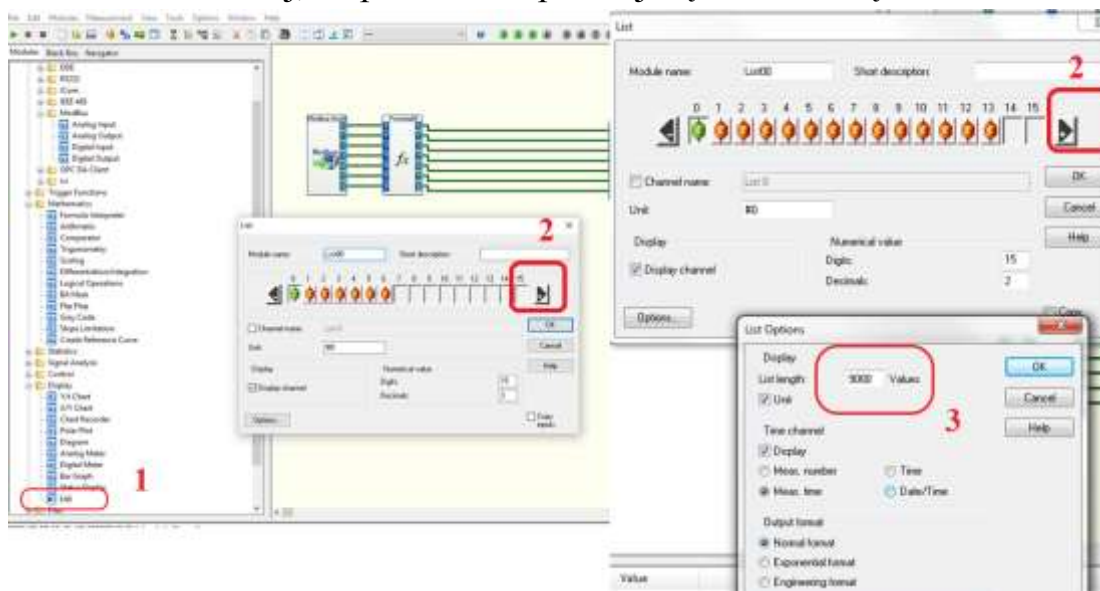
Rys. 19. Wybór i konfiguracja modułu skalowania

Następnie dodajemy moduł miernika cyfrowego - **Display**→**Digital Meter** (rys. 20), konfigurujemy go i podłączamy z wyjściami modułu **Formula**.



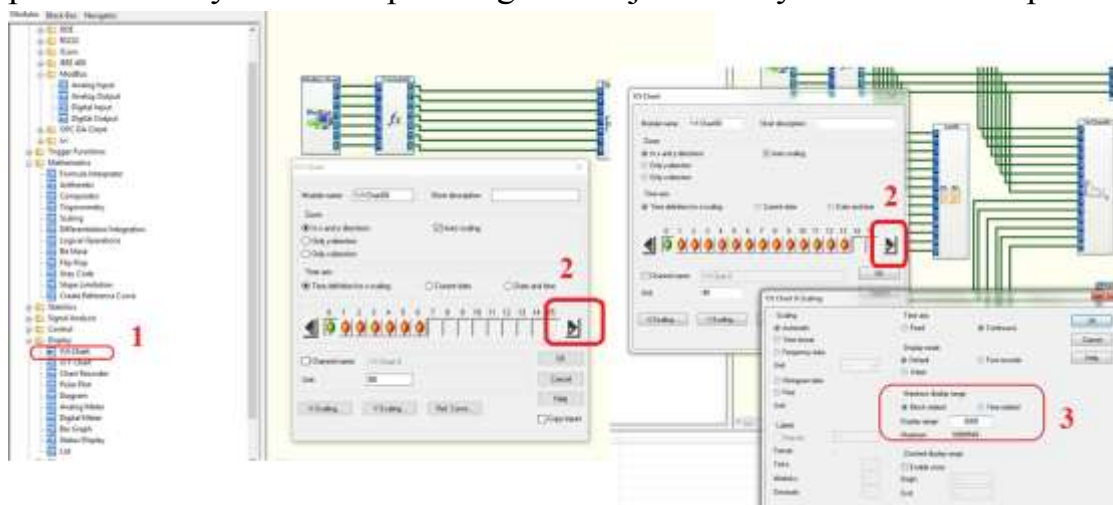
Rys. 20. Wybór i konfiguracja modułu **Digital Meter**

Kolejnym krokiem jest podłączenie modułu **List** (**Display**→**List** - rys. 21) i jego konfiguracja oraz podłączenie do wyjść modułów **Formula**. Ustawiamy 13 kanałów i po kliknięciu **Options** w oknie **List** length wpisujemy 9000. Moduł **List** pozwala na zapisanie wyników pomiarów w formie tekstowej, co pozwala na późniejszą ich obróbkę.



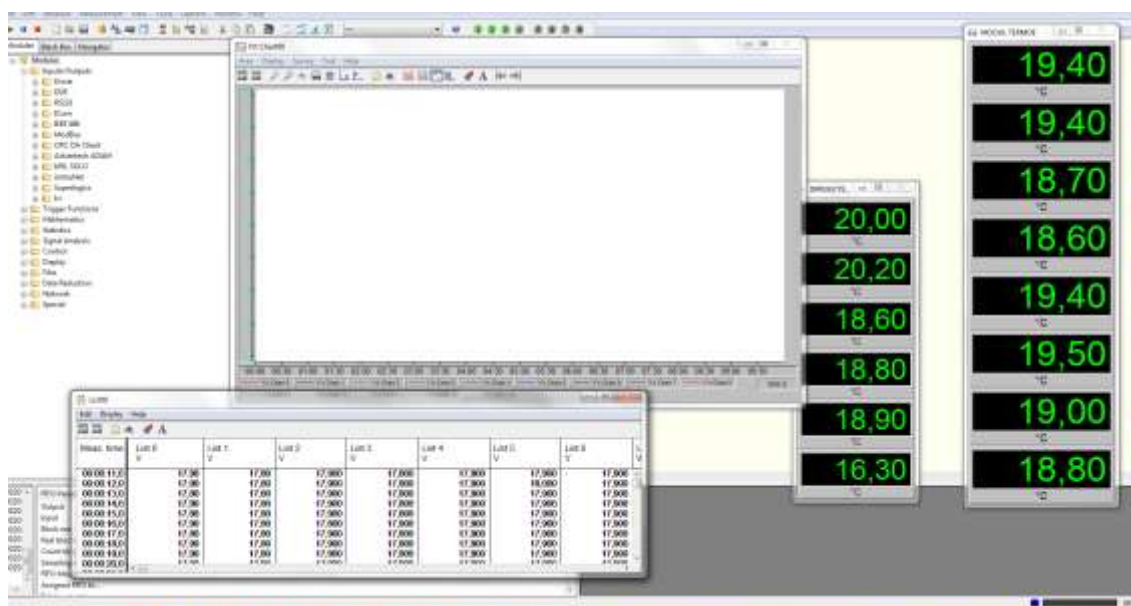
Rys. 21. Wybór i konfiguracja modułu **List**

Następnym krokiem jest podłączenie modułu *Y/t Chart* (*Display* → *Y/t Chart* - rys. 22) i jego konfiguracja oraz podłączenie do wyjść modułów *Formula*. Ustawiamy 13 kanałów i po kliknięciu *X-Scaling* w oknie *Display range* wpisujemy czas rejestracji (poda wykładowca). Moduł *Y/t Chart* pozwala na wyświetlenie przebiegów zarejestrowanych wartości temperatur.



Rys. 22. Wybór i konfiguracja modułu *Y/t Chart*

Po dokonaniu konfiguracji i połączeń wszystkich modułów możemy wcisnąć przycisk start i rozpocząć pomiary (rys. 23).



Rys. 23. Początkowa faza pomiarów

Pod nadzorem prowadzącego ćwiczenia włączamy piec i ustawiamy temperaturę pracy pieca (nastawa). W trakcie wykonywania ćwiczenia można wykonywać zrzuty z ekranu. Po czasie wskazanym przez

prowadzącego ćwiczenia wyłączamy piec. Po zakończeniu badań należy zarejestrować przebieg temperatury w stanie nieustalonym, wydzielić okres nagrzewania, stabilizacji i stygnięcia. Należy też zapisać plik tekstowy z modułu *List* – niezbędny do wykonywania wykresów w programie Excel.

Tabela 2. Wyniki badań

Czas	T1-T4	T2-T3	T6-T8	T9-T12	T10-T11
min	°C	°C	°C	°C	°C
Czas	T1-T9	T2-T10	T3-T11	T4-T12	T5-T13
min	°C	°C	°C	°C	°C

## SPRAWOZDANIE POWINNO ZAWIERAĆ

1. Wypełniona tabela 2 i jej analiza.
2. Analiza wykresów przebiegów temperatury w funkcji czasu (okres grzania, stabilizacji i stygnięcia).
3. Analiza wykresów różnic temperatur w płaszczyznach pionowych i poziomych rozmieszczenia czujników.
4. Analiza wykresów różnic temperatur nastawa-wskazania czujników.
5. Interpretację przyczyn rozbieżności między wynikami pomiarów temperatury w różnych punktach pieca.
6. Analizę przyczyn błędów pomiarów.

## 4. PYTANIA KONTROLNE

1. Wymień metody pomiaru temperatury i opisz jedną z nich.

2. Omów budowę i zasadę działania termorezystorów metalowych.
3. Omów budowę i zasadę działania przetworników termoelektrycznych.
4. Wyjaśnij zjawiska: Peltiera, Thomsona, Seebeka.
5. Wymień przyczyny błędów pomiaru temperatury termorezystorami metalowymi.
6. Wymień przyczyny błędów pomiaru temperatury termoelementami.
7. Narysuj oraz opisz budowę i zasadę działania pirometru.
8. Wymień i opisz etapy konfiguracji systemu obsługi modułów E1262 za pomocą programu IOsearch.
9. Wymień i opisz etapy konfiguracji systemu DASYLab do pomiaru temperatury za pomocą modułów E1262.

## LITERATURA

1. Termoelementy: charakterystyki :PN-EN 60584-1. Warszawa: Wydaw. Normalizacyjne "ALFA-WERO", 1997.
2. Michalski A., Tumański S., Żyła B.: Laboratorium miernictwa wielkości nieelektrycznych, oficyna wydawnicza Pol. Warszawskiej, W-wa 1999.
3. L. Michalski, K. Eckersdorf, J. Kucharski: Termometria, przyrządy i metody. Pol. Łódzka 1998.
4. M. Miłek: Pomiary wielkości nieelektrycznych metodami elektrycznymi. Pol. Zielonogórska 1998.
5. [http://www.zstio-elektronika.pl/pliki\\_t\\_elektronik/TE\\_Z5-04.pdf](http://www.zstio-elektronika.pl/pliki_t_elektronik/TE_Z5-04.pdf)
6. <https://www.mcedaq.com/pdfs/manuals/dasylab.pdf>
7. [https://www.icpdas.com/root/product/solutions/software/scada\\_hmi/dasylab/download/PCI\\_ISA\\_Card\\_Manual.pdf](https://www.icpdas.com/root/product/solutions/software/scada_hmi/dasylab/download/PCI_ISA_Card_Manual.pdf)
8. <https://moxa-iosearch.software.informer.com/1.6/>

## WYMAGANIA BHP

Warunkiem przystąpienia do praktycznej realizacji ćwiczenia jest zapoznanie się z instrukcją BHP i instrukcją przeciwpożarową oraz przestrzeganie zasad w nich zawartych. Wybrane urządzenia dostępne na stanowisku laboratoryjnym mogą posiadać instrukcje stanowiskowe. Przed rozpoczęciem pracy należy zapoznać się z instrukcjami stanowiskowymi wskazanymi przez prowadzącego.

W trakcie zajęć laboratoryjnych należy przestrzegać następujących zasad.

- ♦ Sprawdzić, czy urządzenia dostępne na stanowisku laboratoryjnym są w stanie kompletnym, nie wskazującym na fizyczne uszkodzenie.
- ♦ Sprawdzić prawidłowość połączeń urządzeń.
- ♦ Załączenie napięcia do układu pomiarowego może się odbywać po wyrażeniu zgody przez prowadzącego.
- ♦ Przyrządy pomiarowe należy ustawić w sposób zapewniający stałą obserwację, bez konieczności nachylania się nad innymi elementami układu znajdującymi się pod napięciem.
- ♦ Zabronione jest dokonywanie jakichkolwiek przełączeń oraz wymiana elementów składowych stanowiska pod napięciem.
- ♦ Zmiana konfiguracji stanowiska i połączeń w badanym układzie może się odbywać wyłącznie w porozumieniu z prowadzącym zajęcia.
- ♦ W przypadku zaniku napięcia zasilającego należy niezwłocznie wyłączyć wszystkie urządzenia.
- ♦ Stwierdzone wszelkie braki w wyposażeniu stanowiska oraz nieprawidłowości w funkcjonowaniu sprzętu należy przekazywać prowadzącemu zajęcia.
- ♦ Zabrania się samodzielnego włączania, manipulowania i korzystania z urządzeń nie należących do danego ćwiczenia.
- ♦ W przypadku wystąpienia porażenia prądem elektrycznym należy niezwłocznie wyłączyć zasilanie stanowisk laboratoryjnych za pomocą wyłącznika bezpieczeństwa, dostępnego na każdej tablicy rozdzielczej w laboratorium. Przed odłączeniem napięcia nie dotykać porażonego.

---

Laboratorium „Systemy kontrolno-pomiarowe”

**Ćw. Nr 7. Pomiar rozkładu temperatury w piecu laboratoryjnym (DASYLab)**

---