



Ćwiczenie 3

Badanie sensorów temperatury

1. Cel ćwiczenia

Zapoznanie się z właściwościami i układami pracy, podstawowych sensorów temperatury. Wyznaczenie charakterystyk statycznych i dynamicznych badanych sensorów oraz zaprojektowanie i zamodelowanie układów kondycjonowania sygnałów.

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia student zobowiązany jest do przyswojenia wiedzy teoretycznej znajdującej się w literaturze przedmiotu ze szczególnym uwzględnieniem dwóch pozycji: „Laboratorium miernictwa wielkości nieelektrycznych” autorstwa A. Michalski, S. Tumański, B. Żyła. oraz „Przetworniki i Sensory” autorstwa A. Michalskiego.

2. Przebieg ćwiczenia

Zadaniem studentów jest samodzielne wykonanie pomiarów i wyznaczenie charakterystyk zgodnie z programem ćwiczenia, oraz zaprojektowanie układów kształtujących charakterystyki statyczne i dynamiczne badanych sensorów. Studenci zobowiązani są również do opracowanie sprawozdania końcowego z przygotowaniem odpowiedzi na pytania postawione w poniższej instrukcji.

Uwaga: Po zestawieniu układu pomiarowego, przed przystąpieniem do dalszej pracy konieczne jest sprawdzenie i akceptacja układu pomiarowego przez prowadzącego zajęcia laboratoryjne.

W przypadku zastania połączonego układu pomiarowego koniecznym jest sprawdzenie poprawności połączeń, oraz ustawienie wartości początkowych układu pomiarowego i oprogramowania

2.1 Stanowisko pracy

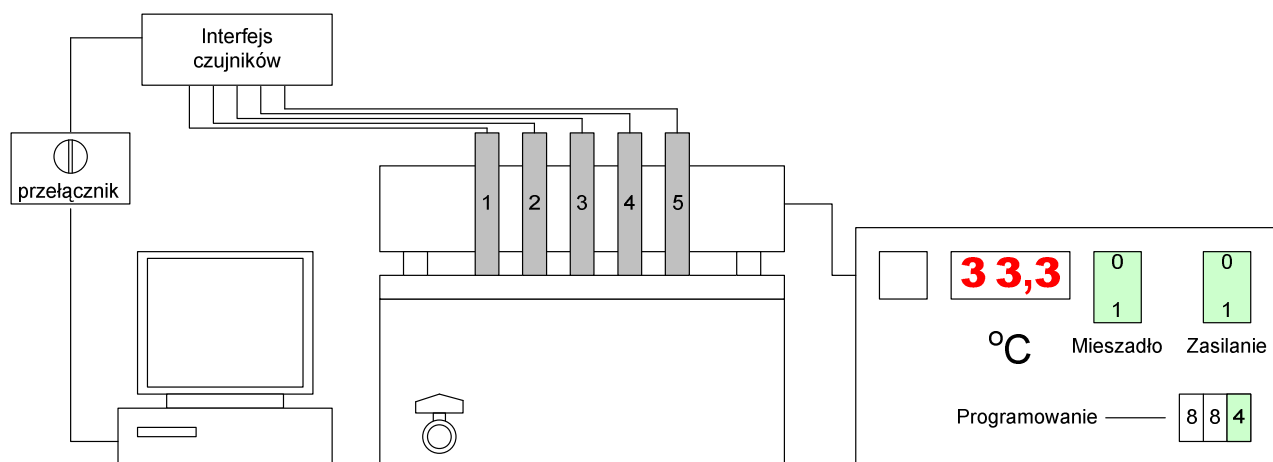
Do realizacji ćwiczenia przeznaczone jest stanowisko wyposażone w:

- Czujnik temperatury – 5 szt.
- Regulowany układ grzewczy (łaźnia wodna) – 1 szt.
- Termometr.
- Układ zbierania danych.
- Komputer PC z zainstalowanym dedykowanym Wirtualnym Przyrządem Pomiarowym współpracującym z układem zbierania danych
- Instrukcja wykonania ćwiczenia.

W ćwiczeniu badane są parametry pięciu podstawowych czujników temperatury którymi są

- Termoogniwo;
- Termorezystory metalowe: Pt-100, Ni-100, Cu-100;
- Termistor.

Czujniki te pracują w układzie pomiarowym przedstawionym na rysunku nr 1.



Rys. 1. Układ pomiarowy

Czujniki zanurzone są w zbiorniku wypełnionym wodą. Za pomocą układu regulacyjnego możliwe jest uzyskanie temperatury z zakresu - od aktualnej temperatury wody w zbiorniku do 99°C. Wymaganą temperaturę ustawia się układem pokręteł „Programowanie”. Aktualna temperatura wody prezentowana jest na głównym wyświetlaczu. Włączenie mieszadła wprawia

wodę w ciągły ruch, dzięki czemu zachodzi szybsza wymiana ciepła między grzałkami a wodą oraz utrzymywany jest równomierny rozkład temperatury w całej objętości wanny wodnej.

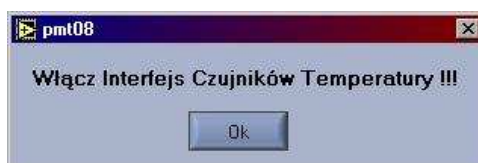
2.2 Wirtualny Przyrząd Pomiarowy (WPP)

Na komputerze wchodzącym w skład stanowiska zainstalowany jest wirtualny przyrząd pomiarowy dedykowany do pomiaru parametrów czujników temperatury. Za pomocą przyrządu steruje się całym procesem pomiarowym. Wszystkie potrzebne informacje pomiarowe, pobierane są w sposób automatyczny z czujników za pośrednictwem układu interfejsu oraz zbierania danych. Przyrząd wirtualny wykonany jest w środowisku programowym LabVIEW firmy National Instruments. Uruchamiany jest za pośrednictwem ikony znajdującej się na pulpicie (pmt08), po naciśnięciu której ukazuje się następujący panel (Rys.2)



Rys. 2. Panel startowy WPP do badania czujników temperatury

Po wprowadzeniu danych osobowych i wciśnięciu klawisza **Ok**, ukazuje się komunikat nakazujący włączenie interfejsu czujników (Rys. 3). Po sprawdzeniu poprawności podłączeń należy włączyć interfejs i przejść do dalszej części ćwiczenia.



Rys. 3. Komunikat ostrzegawczy WPP



Wciśnięcie przycisku **Ok**. Spowoduje ukazanie się panelu głównego aplikacji (Rys. 4)



Rys. 4. Panel główny WPP

2.3 Wyznaczenie charakterystyk statycznych

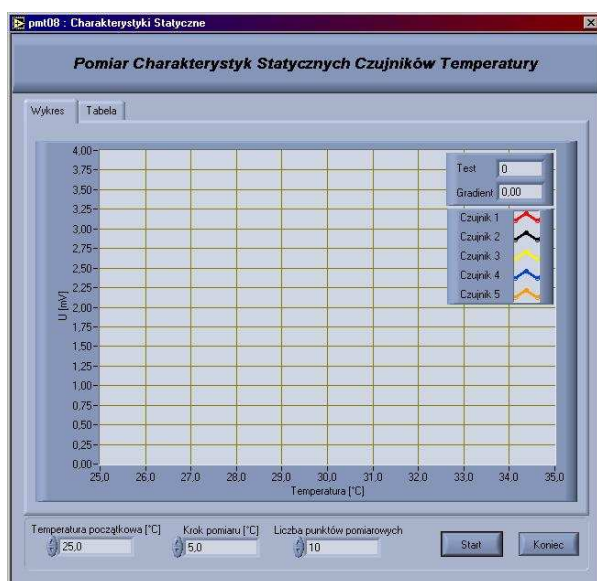
Pierwszym zadaniem jest wyznaczenie charakterystyk statycznych badanych czujników. W tym celu należy:

- Z panelu głównego wybrać opcję **Pomiar Charakterystyk Statycznych**, po wyborze której pojawi się okno przedstawione na Rys. 5 a). W oknie tym należy wstawić:
 - Temperaturę początkową (aktualną temperaturę wody w zbiorniku);
 - Krok pomiaru;
 - Liczbę pomiarów;
- Rozpocząć proces pomiarowy przyciskiem **Start**
- Następnie termoregulatorem ustawić zadaną temperaturę wody
- W chwili osiągnięcia przez wodę zadanej temperatury, pojawi się komunikat: **Wprowadź temperaturę**. Po wprowadzeniu aktualnej wartości temperatury, dokonywany jest automatycznie odczyt sygnałów ze wszystkich badanych sensorów, poczym pojawia się komunikat polecający ustawić kolejną wartość temperatury na sterowniku wanny termostatycznej.

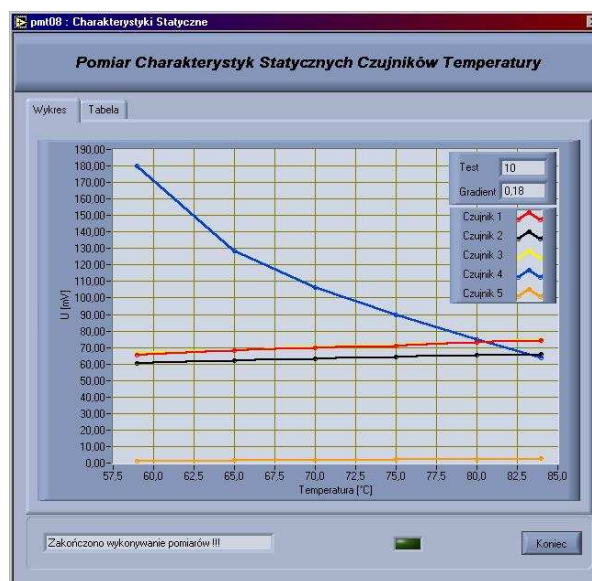


- Po nastawieniu zadanej temperatury, za pomocą przycisku **Dalej**, uruchamiany jest kolejny proces pomiarowy.
- Cała procedura powtarzana aż do osiągnięcia zadanej liczby pomiarów.

Uwaga: Wciśnięcie przycisku **Koniec** spowoduje zakończenie procesu pomiarowego i zachowanie dotychczasowych wyników pomiaru.



a) Panel startowy



b) Panel końcowy

Rys. 5 Panel do wyznaczenia charakterystyki $U=f(T)$

Pola *Test* i *Gradient* wyświetlają informacje przy automatycznym pomiarze temperatury – *Test* określa numer pomiaru, *Gradient* różnicę pomiędzy bieżącą temperaturą a temperaturą z poprzedniego pomiaru. Inicjalizacja pomiaru następuje w chwili gdy *Gradient* lub *Test* osiągną wartości graniczne (określone w ustawieniach programu), czyli w chwili gdy temperatura w zbiorniku ustabilizowała się na zadanej wartości lub przekroczono dopuszczalny limit iteracji.

Po wykonaniu serii pomiarów wyniki wizualizowane są w formie wykresów (Rys. 5b) lub w formie tabelarycznej po wyborze zakładki Tabela. Po wyznaczeniu charakterystyk statycznych można przejść do następnej części ćwiczenia.

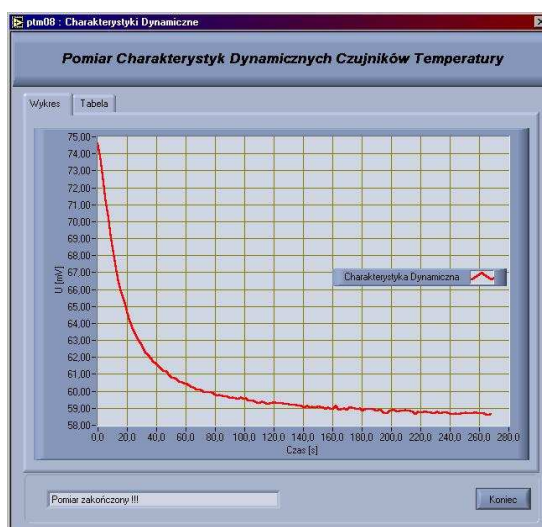
Problemy:

1. Określić na podstawie zebranych informacji rodzaj i typ każdego z badanych sensorów.

2.4 Wyznaczenie charakterystyk dynamicznych

W celu wyznaczenia charakterystyk dynamicznych należy wrócić do panelu głównego WPP i wybrać zakładkę Pomiar charakterystyk dynamicznych. Spowoduje to wyświetlenie panelu przedstawionego na Rys. 6. Następnie należy:

- Umieścić czujniki w zbiorniku z wodą i podgrzać do wymaganej temperatury (zazwyczaj jest to końcowa temperatura wody związana z wyznaczeniem charakterystyk statycznych);
- Wybrać czujniki (numer czujnika) dla którego będzie zdejmowana charakterystyka;
- Przełożyć wybrany czujnik do pojemnika z zimną wodą z jednoczesnym wyzwoleniem pomiarów przyciskiem start;
- Pomiary wykonywane są automatycznie i trwają do 300s;
- Po zakończeniu cyklu pomiarowego, badany czujnik wyjąć z pojemnika z zimną wodą;
- Po zakończeniu się serii pomiarów, wyniki będą zaprezentowane na wykresie (Rys 6.), jak również w formie tabelarycznej w zakładce tabela



Rys. 6. Przykładowa odpowiedź rezystancyjnego sensora temperatury na wymuszenie w postaci skoku jednostkowego

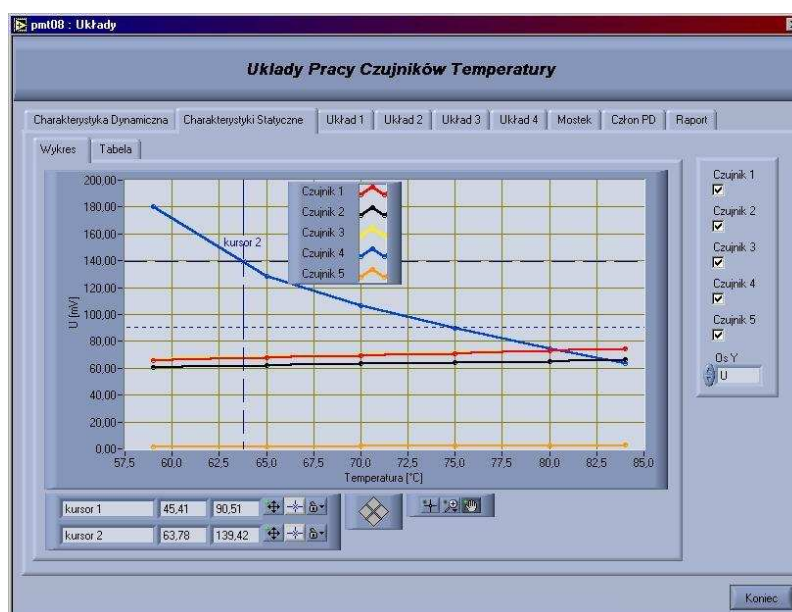
- Powtórzyć procedurę dla wszystkich czujników, pamiętając o ustawieniu odpowiedniego numeru czujnika w aplikacji.
- Po wyznaczeniu charakterystyk dynamicznych dla każdego z sensorów, wyłączyć zasilanie łaźni wodnej a sensory umieścić w zbiorniku z ciepłą wodą.

Problemy:

- 1) Określić wartości stałych czasowych dla badanych sensorów
- 2) Wstępnie oszacować potencjalne zastosowanie sensorów, ze względu na ich stałą czasową.

2.5 Korekcja charakterystyk statycznych

W celu analizy charakterystyk należy wybrać z panelu głównego WPP, opcję **Układy** a następnie opcję **Charakterystyki Statyczne** (Rys. 7.). Panel ten pozwala na przedstawienie wszystkich lub wybranych charakterystyk badanych sensorów. Istnieje również możliwość zmiany wielkości osi rzędnych (OY) na miliwolt, omy lub procenty. Użytkownik ma również do dyspozycji kursory, dzięki którym istnieje możliwość pomiaru interesujących wartości i przedziałów jak również możliwość powiększenia wybranych części wykresu.



Rys. 7. Panel roboczy charakterystyk statycznych.

Do korekcji charakterystyki statycznej wybranego sensora użytkownik ma do dyspozycji trzy układy korekcyjne, cztery funkcje matematyczne oraz układ mostkowy.

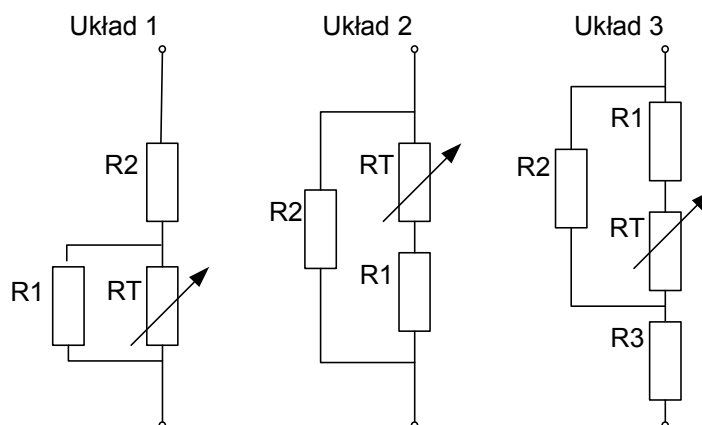
O ile prowadzący nie zaleci inaczej, studenci realizujący ćwiczenie, zobowiązani są do

przeprowadzenia korekcji dwóch wybranych charakterystyk:

- Trzema układami korekcyjnymi;
- Wybraną operacją matematyczną;
- Układem mostkowym.

Układy korekcyjne

Układy korekcyjne dostępne są na zakładkach (**Układ1**, **Układ2**, **Układ3**) widocznych w panelu z Rys. 7. Schematy układów przedstawia Rys. 8.

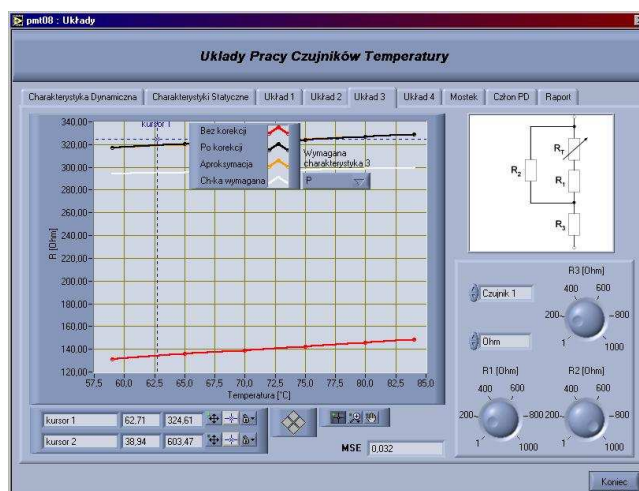


Rys. 8. Układy korekcyjne

W celu wykonania korekcji należy:

- Wybrać charakterystyką czujnika, dla którego mam być przeprowadzona korekcja;
- Wybrać układ korekcyjny;
- Ustalić rząd wielkości i wartość elementów korekcyjnych;
- Zanotować wartości elementów w sprawozdaniu;
- Przerysować na papierze milimetrowym charakterystykę przed i po korekcji.

Przykładowy panel z układem korekcyjnym przedstawia Rys. 9.



Rys. 9. Panel układu korekcyjnego

Uwaga: do oszacowania stopnia linearyzacji sygnału z czujnika służy współczynnik MSE. Mówi on jak dalece charakterystyka po korekcy różni się od charakterystyki idealnej (liniowej). Im mniejszy MSE tym charakterystyka jest bardziej liniowa ale też również mniejsza zazwyczaj czułość układu.

Operacje matematyczne

Zakładka **Układ4** pozwala na linearyzacje charakterystyki za pomocą podstawowych działań matematycznych, którymi są:

- Potęgowanie podstawy logarytmu naturalnego $\exp(AU)$;
- Pierwiastkowanie \sqrt{BU} ;
- Logarytmowanie $\text{Log}(CU)$;
- Potęgowanie DU^2 ;

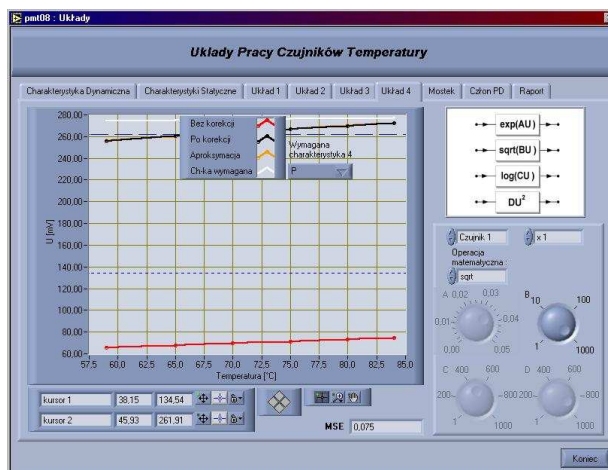
Dodatkowo wartość z czujnika (U) może być pomnożona przez współczynnik z przedziału $\pm(0,000001 \div 1000000)$.

W celu linearyzacji należy:

- Wybrać charakterystykę;
- Wybrać właściwe działanie – co odblokuje współczynniki A,B,C,D;
- Określić wartość współczynników oraz sygnału U;

- Zanotować wartości wybranych współczynników w sprawozdaniu;
- Przerysować na papierze milimetrowym charakterystykę przed i po korekcji.

Przykładowy panel z układem korekcyjnym przedstawia rysunek 10.



Rys. 10. Panel układu 4

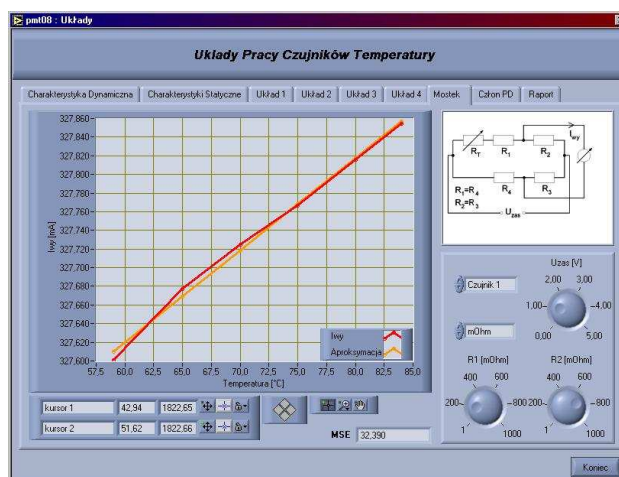
Układ Mostkowy

W zakładce **Mostek** (Rys. 11) mamy do dyspozycji układ korekcyjny w postaci mostka rezystancyjnego. Sygnał na wyjściu mostka liczony jest zgodnie z zależnością:

$$I_{wy} = \frac{U_{zas} \cdot R_T}{4R_1(R_1 + R_2) + R_T(4R_1 + R_2)}$$

W celu linearyzacji należy:

- Wybrać charakterystykę sensora;
- Określić wartość rezystorów R1 i R2 oraz napięcia zasilającego Uzas;
- Zanotować wartości elementów w sprawozdaniu;
- Przerysować na papierze milimetrowym charakterystykę przed i po korekcji.



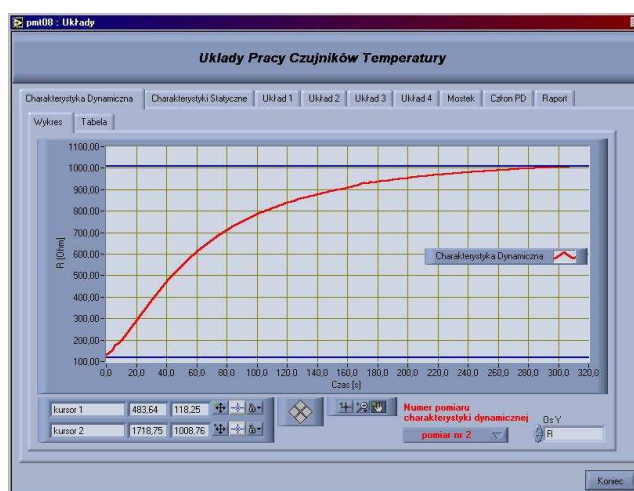
Rys. 11 Panel układu mostkowego

Po wykonaniu korekcji wybranych charakterystyk należy przejść do następnego etapu ćwiczenia Problemy:

1. Ocenić podstawowe wady i zalety użytych układów korekcyjnych.
2. Wybrać optymalny układ linearyzujący dla wybranych charakterystyk – odpowiedź uzasadnić.

2.6 Korekcja charakterystyki dynamicznych

W celu korekcji charakterystyk dynamicznych badanych sensorów z zakładki panelu głównego WPP należy wybrać opcję **Układy** a następnie zakładkę **Charakterystyka Dynamiczna** (rys. 12)



Rys. 11. Panel roboczy charakterystyki dynamicznej

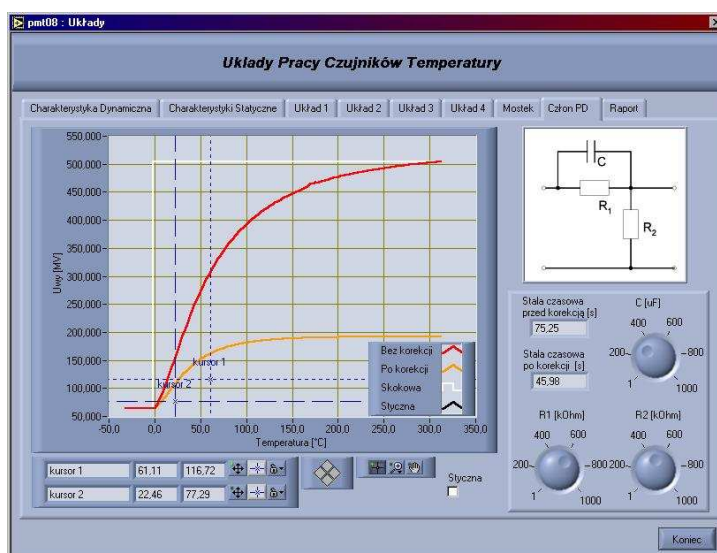
Panel ten pozwala na przedstawienie charakterystyki dynamicznej danego sensora. Podobnie jak poprzednio istnieją możliwość zmiany wielkości osi rzędnych (OY) na miliwolt, omy lub procenty, jak również możliwy jest pomiar wybranych parametrów z pomocą kursorów.

Do korekcji charakterystyk dynamicznych w Wirtualnym Przyrządzie Pomiarowym przewidziany jest układ regulatora PD dostępny pod zakładką **Człon PD** (Rys. 12).

O ile prowadzący nie zaleci inaczej, korekcji należy poddać dwie charakterystyki dynamiczne. Charakterystyka po korekcji ma mieć stałą czasową równą połowie stałej czasowej przed korekcją. Natomiast wartość sygnału wyjściowego (zmiana rezystancji, napięcia) nie może spaść poniżej 50% wartości sygnału wyjściowego przed korekcją.

W celu przeprowadzenia korekcji charakterystyki dynamicznej należy:

- Wybrać żądaną charakterystykę sensora;
- Ustawić wartości rezystancji R1, R2 oraz pojemności C, tak aby zrealizować wyżej postawione zadanie;
- Zanotować wartości elementów w sprawozdaniu;
- Przerysować na papierze milimetrowym charakterystykę przed i po korekcji.



Rys.12. Panel członu PD

Problemy:

1. Ocenić skuteczność uzyskanej korekcji.



2. Jakie istnieją inne układy, metody kształtowania charakterystyk dynamicznych?
3. Do jakich rozwiązań inżynierskich można zastosować badane sensory znając ich właściwości statyczne i dynamiczne.

3. Sprawozdanie

W sprawozdaniu powinny znaleźć się:

- Schematy układów pomiarowych;
- Wyniki pomiarów;
- Charakterystyki badanych sensorów statyczne i dynamiczne, przed i po zastosowaniu układów korekcyjnych;
- Odpowiedzi na pytania zawarte w instrukcji;
- Wnioski własne i spostrzeżenia.

Po wykonaniu sprawozdania należy wyłączyć przyrządy pomiarowe i komputer. Sprawozdanie przekazać prowadzącemu zajęcia laboratoryjne.