

**Silesian University of Technology**  
**Faculty of Energy and Environmental Engineering**

*Politechnika Śląska*  
*Wydział Inżynierii Środowiska I Energetyki*  
*Instytut Maszyn I Urządzeń Energetycznych*

## **Secondary instruments**

*Przyrządy wtórne*

Metrology laboratory  
*Laboratorium miernictwa*

(M - X)

Opracowanie: mgr inż Dorota Mikosz

## **1. Aim of the exercise // Cel ćwiczenia**

The aim of the exercise is to conduct the measurement of given quantities using the secondary instruments. During the laboratory classes the KE8 type array recorder must be programmed. After the measurements, the tables of uncertainty of the obtained results should be prepared.

*// Celem ćwiczenia jest przeprowadzenie pomiarów wielkości zadanych z wykorzystaniem przyrządów wtórnych. W trakcie zajęć laboratoryjnych należy zaprogramować rejestrator tablicowy typu KE8. Po przeprowadzeniu pomiarów należy sporządzić tabele niepewności uzyskanych wyników.*

## **2. Introduction //Wstęp**

Nowadays all installations are equipped with measurement systems. That systems are responsible for the processing of information about the parameters that occur in that part of the installation. The data displayed on the instruments may refer to the state, course of physical, chemical, physico-chemical or biological phenomena. The development of technology allows for obtaining more accurate measurements. The quality of the information depends on the accuracy and reliability of the measuring device.

*// Obecnie wszystkie instalacje wyposażone są w układy pomiarowe. Układy te odpowiedzialne są za przetwarzanie informacji o parametrach jakie występują w danej części instalacji. Dane wyświetlane na oprzyrządowaniu mogą dotyczyć stanu, przebiegu zjawisk fizycznych, chemicznych, fizykochemicznych jak i biologicznych. Rozwój technologii pozwala na uzyskiwanie coraz klarowniejszych pomiarów. Jakość informacji zależy od dokładności oraz niezawodności urządzenia pomiarowego.*

A sensor is the most important element of the measuring device. It is the element of the measurement system, which performs the actual processing of the measured quantity to the electrical quantity. This element works in the physical, physico-chemical or biological system. From the output quantity's point of view, the sensors are divided into: generative (change of measured value generates the voltage, current or electrical charge); parametric (change of measured value causes the change of electrical circuit parameter: resistance, capacitance, inductance), frequency, code. The operation of the sensor is based on the generation of the signal, which is converted into a user-friendly information. The primary measuring transducer consists of a measuring system and a sensor. The secondary transducer is based on the signal, which is later formed in subsequent components of the measuring process.

*// Najważniejszym elementem urządzenia pomiarowego jest czujnik. Jest to element systemu pomiarowego, który dokonuje fizycznego przetworzenia mierzonej wielkości na wielkość elektryczną. Element ten pracuje w układzie fizycznym, fizyko-chemicznym bądź biologicznym. Z punktu widzenia wielkości wyjściowej czujniki dzieli się na: generacyjne (zmiana wielkości mierzonej wywołuje powstanie napięcia, prądu lub ładunku elektrycznego),*

*parametryczne (zmiana wielkości mierzonej powoduje zmianę parametru obwodu elektrycznego rezystancji, pojemności, indukcyjności), częstotliwościowe, kodowe. Praca czujnika polega na generowaniu sygnału, który to sygnał przetwarzany zostaje na zdatną dla użytkownika informację. Pierwotny przetwornik pomiarowy składa się z układu pomiarowego wraz z czujnikiem. Przetwornik wtórny bazuje na sygnale, który następnie jest kształtowany w kolejnych elementach cyklu pomiarowego.*

Secondary devices are the instruments of function blocks (also known as transducers), used to form the primary measurement signal. Operation of the instrument is based on a specific transformation of the input signal, which takes place between the primary transducer output and receiver of the signal in the range of the measuring system. Thanks to such treatment, the measurement signal is transformed into a form of information clear for the user.

*// Przyrządy wtórne są urządzeniami lub blokami funkcyjnymi (zwanymi też przetwornikami), służącymi celowemu kształtowaniu pierwotnego sygnału pomiarowego. Praca przyrządu polega na konkretnym przekształceniu sygnału wejściowego, przekształcenie ma miejsce między wyjściem z przetwornika pierwotnego, a odbiornikiem sygnału w obszarze układu pomiarowego. Dzięki takiemu zabiegowi sygnał pomiarowy jest przekształcany w formę informacji jasnej dla użytkownika.*

In order to obtain a readable signal from measuring devices, it is sometimes necessary to modify it with transducers. Division of transducers:

- secondary - used to amplify the signal, shape its form and structure. Including: amplifiers, modulators, demodulators, A/C and C/A converters, coding systems.
- correcting and eliminating interference - used to eliminate from signal the noise and external influence causing falsified results or preventing correct interpretation of the transmitted signal.
- recalculating - their task is to gather two or more signals in a function. Including: analog and digital recalculating systems, which allow for integration, averaging, differentiation, signal correlation. Simple algebraic functions are possible.

*// W celu uzyskania sygnału możliwego do odczytania przez urządzenia pomiarowe (mierniki) czasami zachodzi potrzeba zmodyfikowania go za pomocą przetworników. Podział przetworników:*

- wtórne - stosowane są by wzmacnić sygnał, ukształtować jego postać i strukturę. Zaliczany do nich: wzmacniacze, modulatory, demodulatory, przetworniki A/C i C/A, układy kodujące.
- korygujące i eliminujące zakłócenia – stosowane są do eliminacji z sygnału szumu i wpływu zewnętrzny powodujący zafałszowanie wyniku lub uniemożliwiający poprawną interpretację nadanego sygnału.
- przeliczające - ich zadaniem jest funkcyjne ujęcie dwóch lub więcej sygnałów. Zaliczany do nich: układy przeliczające analogowe i cyfrowe pozwalające na całkowanie, uśrednianie, różniczkowanie, korelowanie sygnału, możliwe jest występowanie prostych funkcji algebraicznych.

Another element existing in the communication chain is the meter. This component is responsible for communication with the user. They are used for: protection in the case of malfunction of the automation or control, the use of the system in emergency state, start-up and shutdown of parts of the installation, which are not equipped with automatic start-up, observation of incorrect process conditions.

// Kolejnym elementem istniejącym w łańcuchu komunikacyjnym jest miernik. Ten komponent jest odpowiedzialny za komunikację z użytkownikiem.

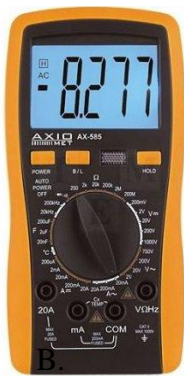
Wykorzystywane są do: zabezpieczania w przypadku wadliwego funkcjonowania automatyki lub sterowania, użytkowania układu w stanach awaryjnych, rozruchu i odstawieniu części instalacji nie wyposażonych w automatykę rozruchu, obserwacji nieprawidłowych stanów procesów.

Basic division of meters:

- A. Indicative (analog),
- B. Digital,
- C. Bar or line,
- D. Registering (carriers),
- E. Animated diagrams,
- F. Measuring computers,
- G. Operator terminals.

// Podstawowy podział mierników:

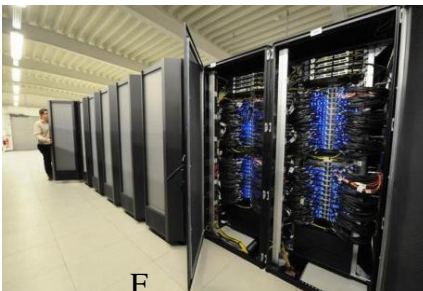
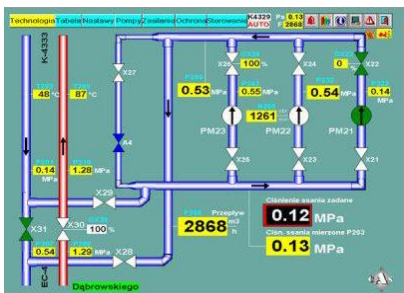
- A. Wskazówkowe,
- B. Cyfrowe,
- C. Słupkowe lub linijkowe,
- D. Rejestrujące, (nośniki)
- E. Animowane schematy
- F. Komputery pomiarowe
- G. Pulpity operatorskie.



C.



D.



F.



G.

### 3. Description of measuring station // Opis stanowiska

The laboratory is divided into four measuring stations.

// *Laboratorium zostało podzielone na cztery stanowiska.*

#### **I Parametric sensor - resistive (Pt100).**

The station is equipped with a decade resistor, which simulates a resistive sensor (RTD) Pt100 working on the basis of changing the resistance of the active element when its temperature changes. The resistance will be changed from 0 to 250 with the step given by the teacher.

// **I Czujnik parametryczny- rezystancyjny (Pt100).**

*Stanowisko zostało wyposażone w dekadę symulującą rezystancyjny czujnik-(RTD) Pt100 działający na zasadzie zmiany rezystancji elementu czynnego pod wpływem zmiany parametru w tym przypadku temperatury. Zmiana rezystancji będzie nastawiana w zakresie od  $0\Omega$  do  $250\Omega$  z krokiem podanym przez prowadzącego.*

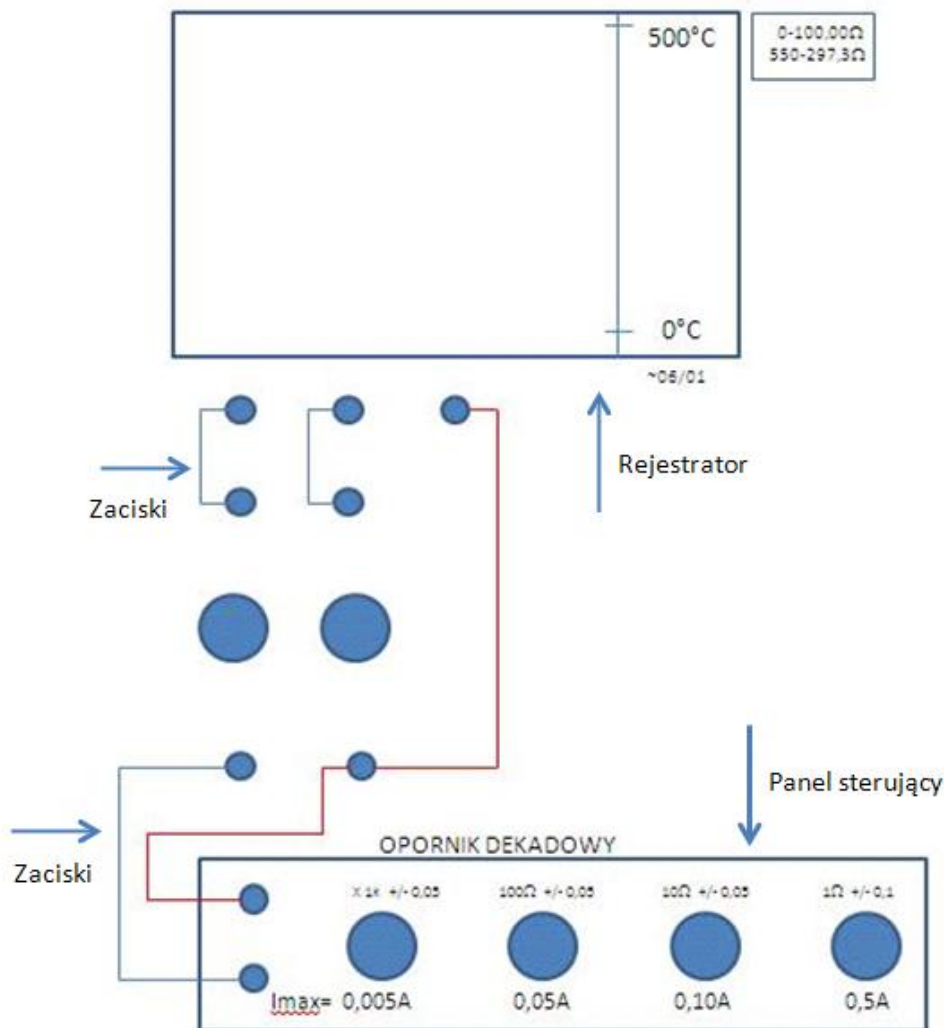


Figure 1. Diagram of the measuring system with parametric sensor.

// *Rys.1. Schemat układu pomiarowego czujnika parametrycznego.*

## II Generating-voltage sensor.

The station is equipped with a power supply, which simulates a thermoelectric sensor - thermocouple. The voltage change will be in the range of -2 mV to 30 mV, with step given by the teacher.

### // II Czujnik generacyjny- napięciowy.

Stanowisko zostało wyposażone w zasilacz symulujący czujnik termoelektryczny - termoelement. Zmiana napięcia będzie prowadzona w zakresie od -2 mV do 30 mV z krokiem podanym przez prowadzącego.

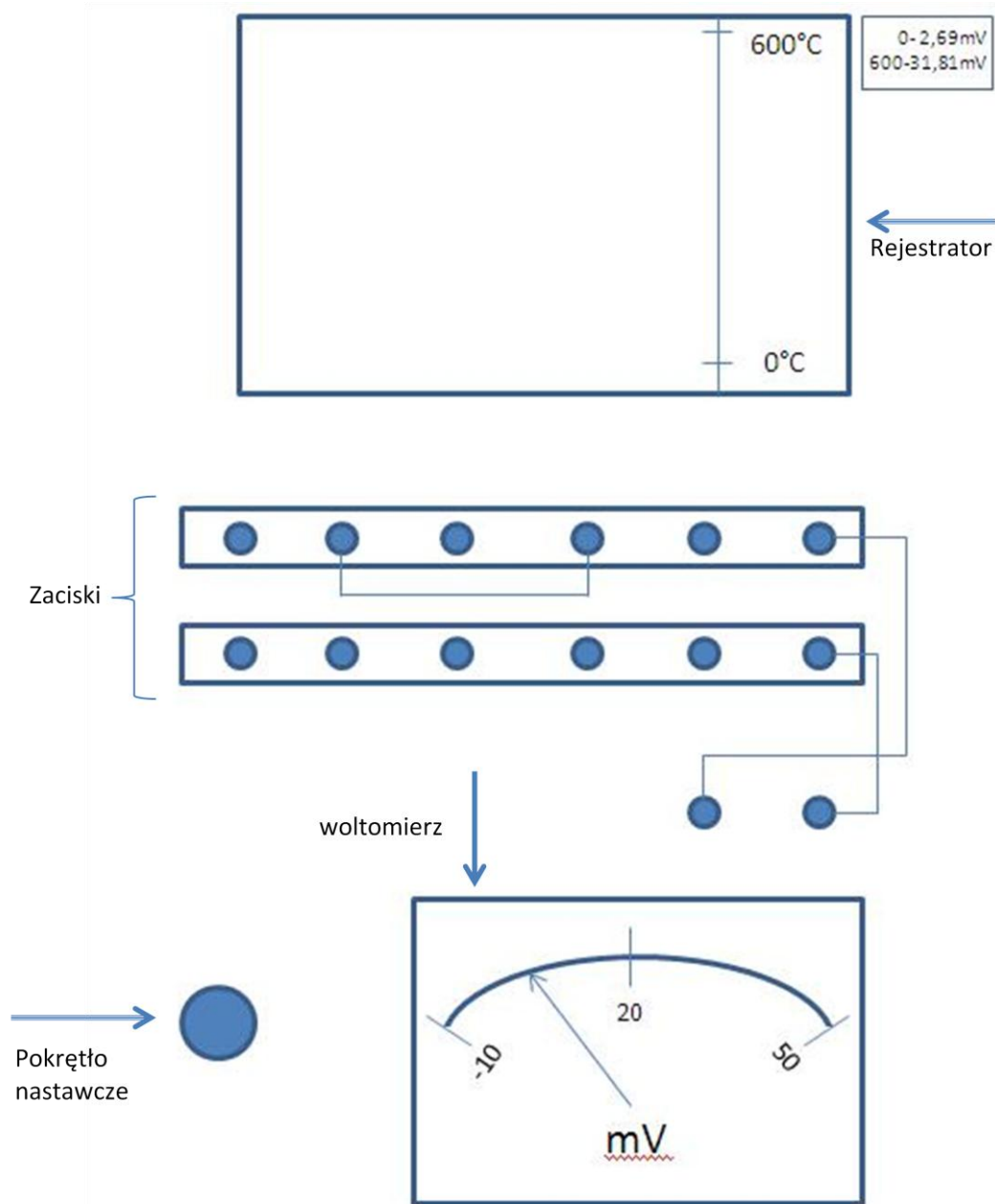


Figure 2. Diagram of the measuring system with generative-voltage sensor.

// Rys 2. Schemat układu pomiarowego czujnika generacyjnego.

### **III TABLE RECORDER TYPE KE8.**

The station is equipped with the table recorder, which has to be programmed according to the manual. Measurements will be made after programming. The manual is available in the laboratory station.

#### **// III REJESTRATOR TABLICOWY TYPU KE8.**

*Stanowisko zostało wyposażone w rejestrator tablicowy, który musi zostać zaprogramowany zgodnie z instrukcją obsługi. Po zaprogramowaniu zostaną przeprowadzone pomiary. Instrukcja obsługi znajduje się przy stanowisku pomiarowym.*

### **IV SCREEN RECORDER KD7 TYPE.**

The station is equipped with the screen recorder, which has to be programmed according to the manual. Measurements will be made after programming. The manual is available in the laboratory station.

#### **// IV REJESTRATOR EKRAKOWY TYPU KD7.**

*Stanowisko zostało wyposażone w rejestrator ekranowy, który musi zostać zaprogramowany zgodnie z instrukcją obsługi. Po zaprogramowaniu zostaną przeprowadzone pomiary. Instrukcja obsługi znajduje się przy stanowisku pomiarowym.*

## **4. Calculations //Obliczenia**

### **For parametric sensor:**

For small temperature changes  $\Delta t$  approximation is used:

$$\Delta R = R_0 \cdot \alpha \cdot \Delta t,$$

where:

- $\Delta R$  - change of resistance (step),
- $R_0$  - the reference resistance for  $0^\circ\text{C}$ , equal to  $100\Omega$ ,
- $\alpha$  - thermal resistance change factor,
- $\Delta t$  - red temperature resistance.

Based on the obtained measurements, the  $\alpha$  factor should be determined.

### **// Dla czujnika parametrycznego:**

*Dla niewielkich zmian temperatur  $\Delta t$  stosuje się przybliżenie:*

$$\Delta R = R_0 \cdot \alpha \cdot \Delta t,$$

gdzie:

- $\Delta R$  - zmiana rezystancji (krok)
- $R_0$  - rezystancja odniesienia dla  $0^\circ\text{C}$  wynosi  $100\Omega$
- $\alpha$  - współczynnik termicznej zmiany rezystancji z temperaturą
- $\Delta t$  - odczytany przyrost temperatury.

*Na podstawie wykonanych pomiarów należy wyznaczyć współczynnik  $\alpha$ .*

## Termometry rezystancyjne

W termometrach rezystancyjnych wykorzystuje się zjawisko zmiany rezystancji czynnego elementu wraz ze zmianą temperatury. Dla czystych metali występuje wzrost rezystancji wraz ze wzrostem temperatury.

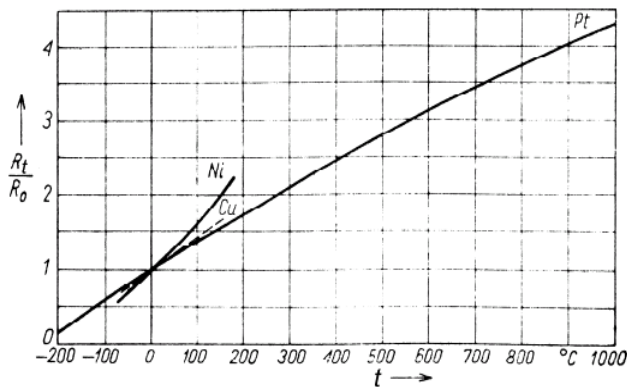
Dla półprzewodników mamy zjawisko odwrotne. Dla wąskiego zakresu temperatur zmianę rezystancji materiału ze zmianą temperatury można opisać następującą zależnością:

$$R_t = R_0[1 + \alpha(t - t_0)]$$

gdzie:  $R_t$  – rezystancja czujnika w temperaturze  $t$ ,  $R_0$  – rezystancja czujnika w temperaturze odniesienia,  $\alpha$  – współczynnik termicznej zmiany rezystancji z temperaturą.

Wartość współczynnika  $\alpha$  dla metali jest najczęściej dodatnia, a dla półprzewodników ujemna. Pomiar temperatury przy użyciu czujników rezystancyjnych można wykonać za pomocą każdego układu przeznaczonego do pomiaru rezystancji.

Na rysunku 6 przedstawiono zależność stosunku rezystancji  $R_t$  do rezystancji  $R_0$  w temperaturze  $0^\circ\text{C}$  w funkcji temperatury dla platyny, niklu i miedzi.



Rys.6. Stosunek rezystancji  $R_t$  w temperaturze  $t^\circ\text{C}$  do rezystancji  $R_0$  w temperaturze  $0^\circ\text{C}$  w funkcji temperatury dla platyny, niklu i miedzi

### For generating-voltage sensor:

For set voltage values that simulate the operation of the thermocouple, determine the coefficient  $k$  from the dependence:

$$\Delta U = k \cdot \Delta t,$$

### Dla czujnika generacyjnego-napięciowego:

Dla nastawianych wartości napięcia, symulującego działanie termoelementu, wyznaczyć współczynnik  $k$  z zależności:

$$\Delta U = k \cdot \Delta t,$$



## **5. Report // Sprawozdanie**

The report shall include:

- title page (name of exercise, section number, names of students, date of exercise),
- theoretical description of the laboratory (what is done, what methods are used and for what purpose),
- tables of received measurement results,
- graph of received dependencies,
- remarks and conclusions about the course of the laboratory, the results obtained and the course of the obtained graphs.

*// Sprawozdanie powinno zawierać:*

- *stronę tytułową (nazwę ćwiczenia, numer sekcji, nazwiska i imiona ćwiczących oraz datę wykonania ćwiczenia),*
- *opis teoretyczny wykonywanego laboratorium, (co zostało wykonane, jakimi metodami oraz w jakim celu),*
- *tabele otrzymanych wyników pomiarów,*
- *wykres otrzymanych zależności,*
- *uwagi oraz wnioski dotyczące przebiegu laboratorium, otrzymanych wyników oraz przebiegu otrzymanych wykresów.*