

Silesian University of Technology
Faculty of Energy and Environmental Engineering

Politechnika Śląska
Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki
Instytut Maszyn i Urządzeń Energetycznych

Standardizing transducers
Przetworniki pomiarowe i standaryzujące

Metrology laboratory
Laboratorium miernictwa

(M-XIV)

Opracował: dr inż. Włodzimierz Ogulewicz

1. The aim of laboratory

The expected objective of the laboratory is the introduction to standardizing transducers, preparing the processing characteristics and calculation of the regression coefficients uncertainties.

//Cel ćwiczenia:

Celem ćwiczenia jest poznanie pomiarowych przetworników standaryzujących, wyznaczenie funkcji przetwarzania (proste regresji) i niepewności współczynników regresji.

2. Theoretical information

2.1. Transducers

Transducer is an instrument for processing (with specified accuracy and according to specified physical law) the measuring signal. The measuring signal contains the values of physical quantities and the relationships between those quantities. The transducer may be a stand-alone device or may be a part of the measuring equipment. The carriers of information in input and output signals are numbers. The transducer model consists of the signal carrier (physical quantities e.g. voltage, pressure) and the signal content (the value of voltage or pressure).

//Przetwornik pomiarowy jest narzędziem służącym do przetwarzania (z określoną dokładnością i według określonego prawa) sygnału pomiarowego, tj. sygnału zawierającego informację o wartościach fizycznych i związkach między nimi. Przetwornik pomiarowy może być samodzielnym urządzeniem pomiarowym lub stanowić jego część. Sygnał przetwarzany (wejściowy) i przetworzony (wyjściowy) przenoszą informację w postaci liczb. W ogólnym modelu przetwornika pomiarowego rozróżnia się nośniki i treści sygnału; nośnikami są wielkości fizyczne (wielkości nośne), np. napięcie elektryczne, ciśnienie, zaś treściami są liczby odpowiadające wartościom wielkości nośnych, np. określona wartość napięcia czy ciśnienia.

There are four basic types of the transducers:

- analog transducer (a/a) – both signals (input and output) are analog signals e.g. voltage converter (converts high voltage to low voltage) or the transducer that converts pressure signal to electric current;
- analog-digital (a/d) – transmitting the input analog signal to output digital signal e.g. electric current transducer with digital output signal with binary code;
- digital-analog (d/a) – reverse to a/d transducer;
- digital-digital (d/d) – both signals (input and output) are digital signal e.g. input binary code signal to output decimal code signal.

//Zależnie od postaci sygnałów rozróżnia się przetworniki pomiarowe:

- *Analogowe (a/a) – przetwarzające sygnał wejściowy analogowy na sygnał wyjściowy również analogowy (np. przekładnik napięciowy transformujący napięcie wysokie na niskie, przetwornik pomiarowy ciśnienia na prąd elektryczny);*

Standardizing transducers *//Przetworniki pomiarowe i standaryzujące*

- *Analogowy-cyfrowe (a/c) – przetwarzające sygnał wejściowy analogowy na sygnał wyjściowy cyfrowy (np. przetwornik pomiarowy prądu elektrycznego na sygnał cyfrowy w kodzie dwójkowym; przetwarzanie analogowo-cyfrowe);*
- *Cyfrowo-analogowe (c/a) – przetwornik pomiarowy o działaniu odwrotnym niż przetwornik pomiarowy a/c.*
- *Cyfrowo-cyfrowe – przetwarzające sygnał wejściowy cyfrowy na sygnał wyjściowy też cyfrowy (np. przetwornik pomiarowy sygnału w kodzie dwójkowym na sygnał w kodzie dziesiętnym).*

The significant group of transducers are size scale transmitters which do not change the physical nature and the waveform of the signal. Size scale transmitters consists of non-electric transducers (e.g. lever, mechanical transmission) and electric transducers e.g. voltage to current transducer. Transducers may be distinguished between passive (energy used in the process comes from the source of the input signal) and active (energy comes also from the external source).

//Wśród przetworników pomiarowych analogowych ważną grupę stanowią przetworniki skali wielkości, które nie zmieniają natury fizycznej ani kształtu przebiegów czasowych nośnika sygnału; dzieli się je na nieelektryczne (z reguły mechaniczne, np. dźwignia, przekładnia mechaniczna) i elektryczne (np. przetwornik pomiarowy napięcia na napięcie, prądu na prąd, a także napięcia na prąd i prądu na napięcie). Rozróżnia się też przetworniki skali wielkości: pasywne, które całą energię zużywaną w procesie przetwarzania czerpią ze źródła sygnału wejściowego (np. dzielniki napięcia, przekładniki prądu), i aktywne, które czerpią energię również spoza źródła sygnału wejściowego (np. przetworniki pomiarowe ze wzmacniaczami operacyjnymi w sprzężeniu zwrotnym).

Most of the transducers are electric transducers with at least one electric signal (input or output). There are transducers with electric signal processed to electric signal (e.g. AC voltage to DC current) or transducers with non-electric signal processed to electric signal (e.g. photo-electric, thermo-electric or resistance transducers). Transducers, like sensors, may be distinguished between generation and parametric transducers.

//Większość przetworników pomiarowych stanowią przetworniki pomiarowe elektryczne, czyli takie, w których przynajmniej jeden z sygnałów (wejściowy lub wyjściowy) jest sygnałem elektrycznym; dzielą się one na: przetworniki pomiarowe sygnałów elektrycznych na elektryczne (np. napięcia przemiennego na natężenia prądu stałego) i przetworniki pomiarowe sygnałów nieelektrycznych na elektryczne (np. przetworniki fotoelektryczne, termoelektryczne, rezystancyjne, położenia itp.). Przetworniki pomiarowe, podobnie jak czujniki, można również podzielić na generacyjne i parametryczne.

The standardizing transducer has normalized output signal. Normalized signals allow to cooperate with secondary devices and appear in two common options:

- current: 0-5 [mA], 0-10 [mA], 0-20 [mA], -5-5 [mA], 1-5[mA], 2-10 [mA], 4-20 [mA];
- voltage: 0-10 [mV], 0-50 [mV], 0-100 [mV], 0-1 [V], 0-5 [V], 0-10 [V], -10-10 [V], 1-5 [V], 2-10 [V], 4-20 [V].

The measuring-control equipment contains also transmission outputs:

Standardizing transducers //Przetworniki pomiarowe i standaryzujące

- frequency: 1-10 [kHz];
- impulse: 0-5 V standard TTL;
- digital (interface): RS 232C, RS 485, RS 422A (kod ASCII)(9600 bps);

alarm outputs:

- contact: 2A/3A/5A/10A 240V AC;

SSR voltage outputs:

- e.g. 20mA/24V DC, 20mA/32V DC 15.

The most frequently used transducer output signals:

- current signal: 0/4 – 20 [mA] (600Ω);
- voltage signal: 0 – 10 [V] (2mA) DC.

//Pod pojęciem przetwornika (pomiarowego) standaryzującego rozumiemy przetwornik posiadający znormalizowany sygnał wyjściowy. Standardowe sygnały wyjściowe (tzw. wyjścia analogowe (liniowe) do współpracy z urządzeniami wtórnymi = wyjścia regulacyjne) mogą być:

- prądowe: 0-5 [mA], 0-10 [mA], 0-20 [mA], -5-5 [mA], 1-5[mA], 2-10 [mA], 4-20 [mA];
- napięciowe: 0-10 [mV], 0-50 [mV], 0-100 [mV], 0-1 [V], 0-5 [V], 0-10 [V], -10-10 [V], 1-5 [V], 2-10 [V], 4-20 [V].

UWAGA: W aparaturze kontrolno pomiarowej występują ponadto wyjścia transmisyjne:

- częstotliwościowe: 1-10 [kHz];
- impulsowe: 0-5 V standard TTL;
- cyfrowe (interface): RS 232C, RS 485, RS 422A (kod ASCII)(9600 bps);

wyjścia alarmowe:

- stykowe (przełącznikowe): 2A/3A/5A/10A 240V AC;

wyjścia napięciowe do SSR:

- np. 20mA/24V DC, 20mA/32V DC 15.

Do najczęściej stosowanych standardów sygnałów wyjściowych przetworników pomiarowych należą:

- sygnał prądowy: 0/4 – 20 [mA] (600Ω);
- sygnał napięciowy: 0 – 10 [V] (2mA) prądu stałego (DC).

2.2. Transducers used in the laboratory exercise

1. Position transducer APY-11 is oriented to work with potentiometric position transmitters (used in servomotors, mechanical measuring equipment etc.) The APY-11 transducer converts linearly the position (from 0% to 100%) of the position transmitter ($R_{MIN}=1-100 \Omega \pm 10\%$, $R_{MAX}=0-30 \text{ k}\Omega \pm 10\%$) to the standard DC current signal (0-5 mA).

//1. Przetwornik pomiarowy położenia APY-11 przeznaczony jest do współpracy z potencjometrycznymi nadajnikami położenia (montowanymi w siłownikach,

Standardizing transducers //Przetworniki pomiarowe i standaryzujące

mechanicznych przyrządach pomiarowych itp.). Przetwornik APY-11 przetwarza liniowo położenie (od 0% do 100%) suwaka nadajnika potencjometrycznego ($R_{MIN}=1-100 \Omega \pm 10\%$, $R_{MAX}=0-30 k\Omega \pm 10\%$) na standardowy sygnał prądu stałego o wartości 0-5 mA. (dokumentacja techniczno-ruchowa do wglądu u prowadzącego zajęcia).

2. Transducer APR-313 is used with thermometric sensors combined in temperature measuring systems (e.g. Pt 100). The APR-313 transducer converts the change of the resistance (from $\Delta R_{MIN}=10\Omega$, to $\Delta R_{MAX}=300\Omega$) to the basic resistance ($R_0=0-300\Omega$) to the standard DC current signal (4-20 mA). The APR-313 is the double-wire transducer – it is connected with the signal receiver and the power source with voltage $U_z=12-36 V$ in series.

//2. Przetwornik pomiarowy APR-313 przeznaczony jest do współpracy z czujnikami termometrycznymi stosowanymi w układach pomiarowych temperatur (np. Pt 100). Przetwornik APR-313 przetwarza liniowo zmiany rezystancji od $\Delta R_{MIN}=10\Omega$ do $\Delta R_{MAX}=300\Omega$ dla rezystancji początkowej ($R_0=0-300\Omega$) na standardowy sygnał prądu stałego o wartości 4-20 mA. Przetwornik APR-313 jest przetwornikiem dwuprzewodowym (od strony zacisków wyjściowych) czyli współpracuje z odbiornikiem sygnału, połączonym w szereg ze źródłem zasilania prądu stałego o napięciu $U_z=12-36 V$.

3. Alternating voltage transducer PU is oriented to constant processing of root-mean-square value of the net frequency alternating voltage for the proportional, standard direct current signal. The PU transducer converts linearly the alternating voltage from 0 to 100/220/380/500 V with the frequency 30...50...4000 Hz for standard d.c. signal with values 0-5 mA ($R_{obc}=0-2000 \Omega$) and 0-20 mA ($R_{obc}=0-500 \Omega$).

//3. Przetwornik pomiarowy napięcia przemiennego typ PU przeznaczony jest do ciągłego przetwarzania wartości skutecznej napięcia przemiennego o częstotliwości sieciowej na proporcjonalny standardowy sygnał stałoprądowy. Przetwornik PU przetwarza liniowo napięcie przemiennie od 0 do 100/220/380/500 V przy częstotliwości napięcia 30...50...4000 Hz na standardowy sygnał prądu stałego o wartości 0-5 mA ($R_{obc}=0-2000 \Omega$) i 0-20 mA ($R_{obc}=0-500 \Omega$) w zależności od wykonania.

4. Nominal voltage transducer PU_N is oriented to constant processing of root-mean-square value of the variation of the net frequency nominal voltage for the proportional, standard direct current signal. PU_N transducer converts linearly the alternating voltage variation from 198 V to 242 V with the voltage frequency 30...50...4000 Hz for the standard d.c. signal 0-20 mA ($R_{obc}=0-500 \Omega$).

//4. Przetwornik pomiarowy napięcia znamionowego typ PU_N przeznaczony jest do ciągłego przetwarzania wartości skutecznej wahań napięcia znamionowego o częstotliwości sieciowej na proporcjonalny standardowy sygnał stałoprądowy. Przetwornik PU_N przetwarza liniowo zmiany napięcia przemiennego od 198V do 242V przy częstotliwości napięcia 30...50...4000 Hz na standardowy sygnał prądu stałego o wartości 0-20 mA ($R_{obc}=0-500 \Omega$).

Standardizing transducers //Przetworniki pomiarowe i standaryzujące

5. Alternating current transducer PI is oriented to constant processing of the root-mean-square value of the current intensity for the proportional, standard d.c. signal. The PI transducer is used in the a.c. nets with sinusoidal and deformed waveform. The PI transducer converts linearly the alternating current intensity from 0 to 5 mA with the frequency 20...50...2000 Hz for the standard d.c. signal with values 0-5 mA ($R_{obc}=0-2000 \Omega$) and 0-20 mA ($R_{obc}=0-500 \Omega$).

//5. Przetwornik pomiarowy natężenia prądu przemiennego typ PI przeznaczony jest do ciągłego przetwarzania wartości skutecznej natężenia prądu przemiennego na proporcjonalny, standardowy sygnał stałoprądowy. Przetwornik może być stosowany w sieciach prądu przemiennego o przebiegach sinusoidalnych lub odkształconych. Przetwornik PI przetwarza liniowo natężenie prądu przemiennego od 0 do 5 A przy częstotliwości 30...50...2000 Hz na standardowy sygnał prądu stałego o wartości 0-5 mA ($R_{obc}=0-2000 \Omega$) lub 0-20 mA ($R_{obc}=0-500 \Omega$) w zależności od wykonania.

3. The exercise

3.1. The measuring systems schemes

The exercise is performed sequentially on five measuring systems. The schemes of the systems are presented on following figures.

//Ćwiczenie wykonuje się kolejno na pięciu stanowiskach pomiarowych. Schematy układów pomiarowych przedstawiono na kolejnych rysunkach.

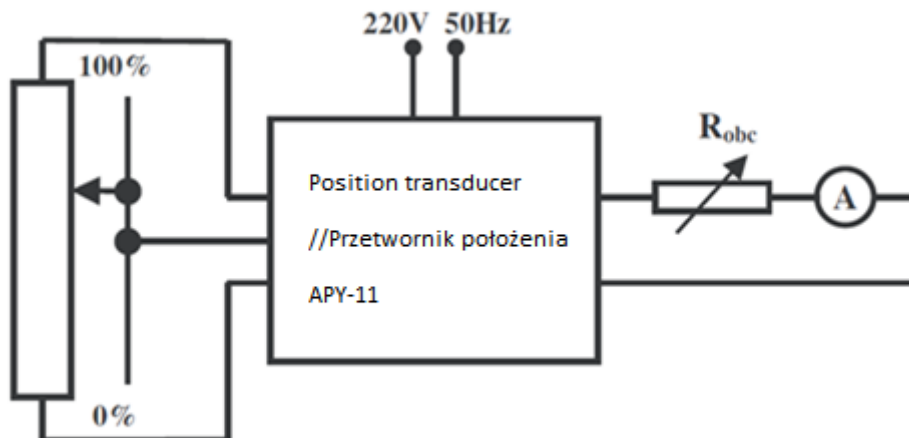


Fig. 1. The scheme of the APY-11 system

//Rys. 1. Układ pomiarowy badania przetwornika APY-11

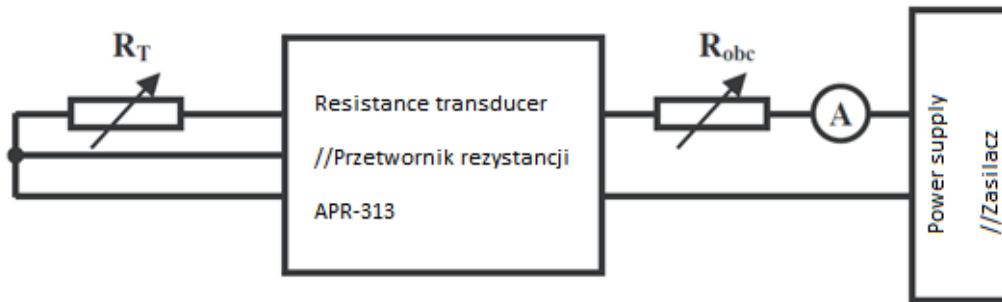


Fig. 2. The scheme of the APR-313 system

//Rys. 2. Układ pomiarowy badania przetwornika APR-313

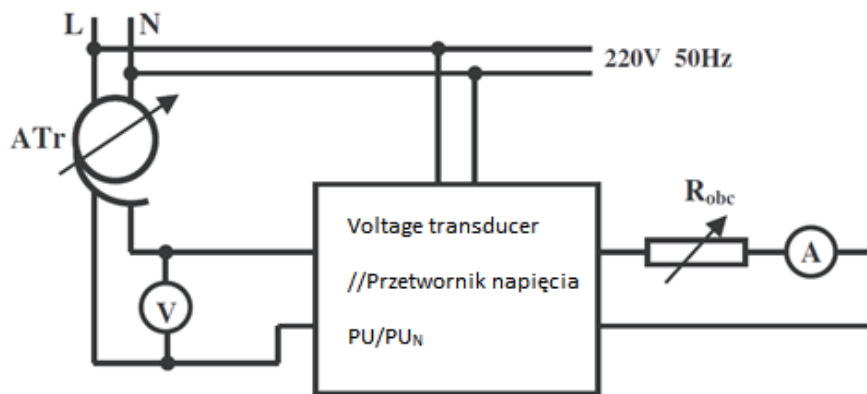


Fig. 3. The scheme of the PU/PU_N system

//Rys. 3. Układ pomiarowy badania przetwornika PU i PU_N

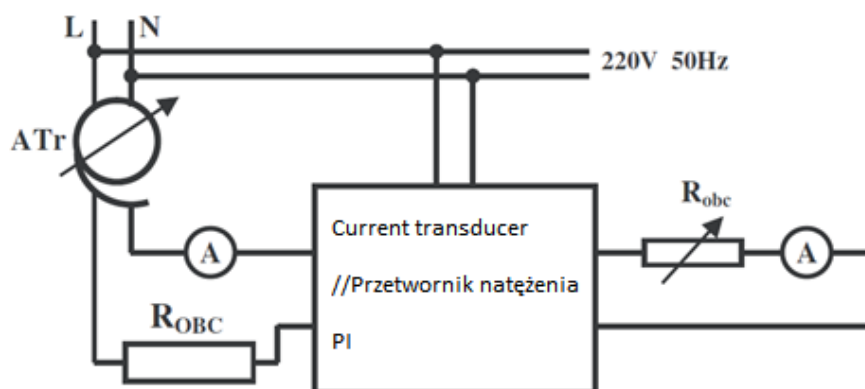


Fig. 4. The scheme of the PI system

//Rys. 4. Układ pomiarowy badania przetwornika PI

4. The course of the exercise

1. Note the technical data of the investigated transducers: range of the input and output values, processing accuracy, operating conditions.
2. Prepare the measuring system according to the figures 1-4 and report readiness to carry out the exercise.
3. Make measurements of the inputs and outputs with the transducers.
4. The results should be noted systematically in the measurement table (presented in appendix).

Przebieg ćwiczenia

- //1. Zaznajomić się z danymi technicznymi badanych przetworników pomiarowych. Zanotować zakres wartości wielkości wejściowych i wyjściowych, dokładności przetwarzania, wartości wielkości wpływowych i warunki normalnej eksploatacji.
- //2. Zestawić układ pomiarowy według rysunków 1-4 i zgłosić prowadzącemu ćwiczenia gotowość do włączenia zasilania układu.
- //3. Dokonać pomiarów wartości wielkości wejściowych i wyjściowych (wartości wielkości wejściowych podaje prowadzący zajęcia).
- //4. Wyniki pomiarów należy sukcesywnie notować w tabeli pomiarowej (przedstawionej w załączniku do instrukcji).

5. The measurement results development

1. Prepare the processing characteristics of the investigated transducers.
2. Prepare the regression line.
3. Calculate correlation coefficient and regression coefficients.
4. Calculate measurement uncertainties of the regression coefficients.

Opracowanie wyników

- //1. Wykreślić charakterystyki przetwarzania badanych przetworników pomiarowych.
- //2. Wyznaczyć proste regresji.
- //3. Wyznaczyć współczynniki korelacji i współczynniki regresji liniowej.
- //4. Określić niepewność współczynników regresji liniowej przetworników.

6. The report

The report should contain:

- front page (title of the exercise, number of the section, names of the students, date of the laboratory class);
- transducers technical data;
- the measurement system schemes;
- results tables;
- diagrams of the characteristics mentioned in section 4;
- calculated coefficients of correlation, regression functions and uncertainties of the regression coefficients;
- comments and conclusions

//Sprawozdanie powinno zawierać:

- *Stronę tytułową (nazwę ćwiczenia, numer sekcji, nazwiska i imiona ćwiczących oraz datę wykonania ćwiczenia).*
- *Dane techniczne przetworników i narzędzi pomiarowych.*
- *Schematy układów pomiarowych*
- *Tabele wyników pomiarowych ze wszystkich stanowisk.*
- *Wykresy charakterystyk wymienionych w punkcie 4.*
- *Wyznaczone współczynniki korelacji, funkcje regresji liniowych i niepewności współczynników regresji liniowej*
- *Uwagi i wnioski (dotyczące przebiegu charakterystyk, ich odstępstw od teoretycznych prostych przetwarzania, ewentualnych rozbieżności między danymi przez producenta dokładnościami przetwarzania a wyliczoną niepewnością itp.).*