



LABORATORIUM
MIERNICTWA ELEKTRYCZNEGO

BADANIE PRZETWORNIKA MOCY O ELEKTRYCZNYM SYGNALE WYJŚCIOWYM

BADANIE PRZETWORNIKA MOCY O ELEKTRYCZNYM SYGNALE WYJŚCIOWYM

1. Cel ćwiczenia:

Zapoznanie się z pomiarowymi zastosowaniami przetworników mocy

Wprowadzenie:

Zgodnie z definicją mocy czynnej:

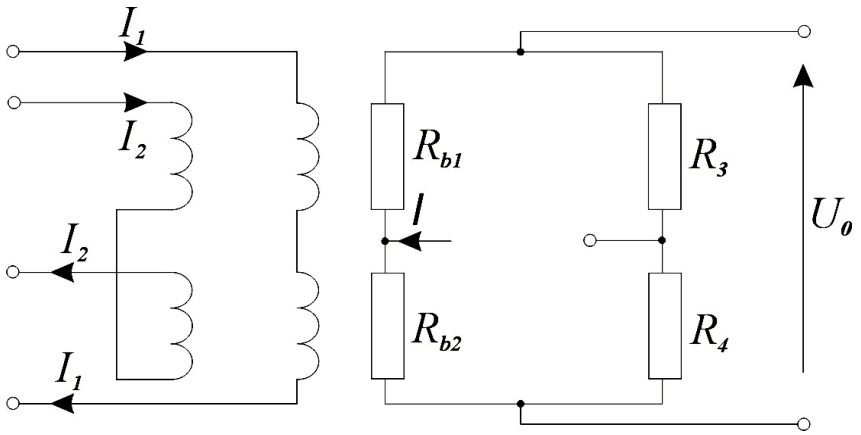
$$P = UI\cos\varphi$$

Do pomiaru można zastosować watomierz elektrodynamiczny, ferrodynamiczny lub elektroniczne.
Z właściwościami metrologicznymi tych przyrządów studenci zapoznali się w I semestrze trwania laboratorium. Stosowane w energetyce przetworniki o elektrycznym sygnale wyjściowym są następujące:

- hallotronowe;
- termoelektryczne;
- z kwadraturami półprzewodnikowymi;
- działające na zasadzie modulacji;
- magnetorezystorowe.

Powszechne zastosowanie w praktyce pomiarowej znalazły przetworniki działające na zasadzie modulacji i magnetorezystorowe.

Na stanowisku pomiarowym badania dotyczyć będą przetwornika zbudowanego na bazie magnetorezystorów typu PP 51. Jego zasadę działania przedstawiono na rys.1.



Rys.1. Schemat mnożnika magnetorezystorowego.

W układzie tym, magnetorezystory R_{b1} i R_{b2} znajdują się w szczelinach odpowiednio uformowanego obwodu magnetycznego. Cewki wzbudzające, w które jest wyposażony ten obwód, zasilane prądami I_1 i I_2 powodują, że indukcja wypadkowa w jednej ze szczelin jest sumą B_1 i B_2 wywołanej przez prądy I_1 i I_2, w drugiej zaś szczelinie natomiast indukuje się B_1 i B_2, które odejmują się.

W związku z tym:

$$R_{b1} = R_0\left[1+\lambda(B1+B2)^2\right]$$
$$R_{b2} = R_0\left[1+\lambda(B_1+B_2)^2\right]$$

gdzie: λ – magnetyczny współczynnik oporu (rezystancji).

Magnetorezystory R_{b1} i R_{b2} łącznie z rezystorami R_3 i R_4 tworzą mostek niezrównoważony. Napięcie U_0 występujące w przekątnej tego mostka, związane ze zmianami rezystancji R_{b1} i R_{b2} określa zależność:

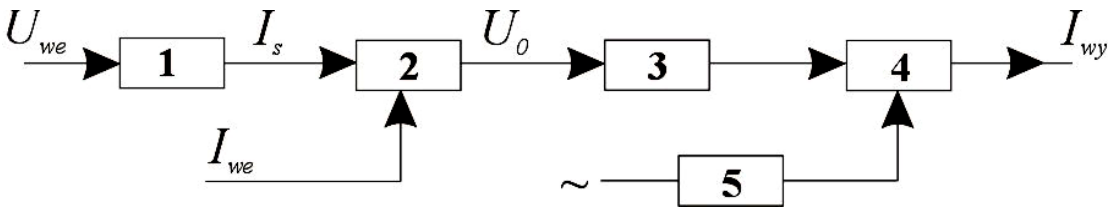
$$U_0 = \frac{1}{2}R_0\lambda I B_1 B_2$$

Jeżeli założy się, że obwód magnetyczny przedstawionego układu jest tak wykonany, że indukuje B_1 i B_2 są proporcjonalne do wartości prądów I_1 i I_2 oraz prąd zasilania mostka $I = const$, wówczas:

$$U_o = C_o I_1 I_2$$

Równanie powyższe jest analogiczne jak równanie przetwarzania watomierza elektrodynamicznego.

Układ blokowy przetwornika mocy typu PP 51 przedstawiono na *rys.2*.



Rys.2. Układ blokowy przetwornika mocy prądu 1-fazowego.
1 – układ wejściowy, 2 – mnożnik, 3 – filtr, 4 – wzmacniacz, 5 – zasilacz, U_{we} – napięcie wejściowe, I_{we} – prąd wejściowy, I_{wy} – prąd wyjściowy.

Układ wejściowy *1* zawierający transformator dopasowuje napięcie wejściowe do parametrów wejściowych mnożnika *2* w taki sposób, że przez mnożnik płynie prąd I_s proporcjonalny do U_{we}. Mnożnik jest wykonany z magnetorezystorów mostek czteroramienny. Napięcie U_0 jest proporcjonalne do iloczynu wartości chwilowych napięcia U_{we} i prądu I_{we}. Sygnał wyjściowy mnożnika jest napięciem stałym pulsującym.

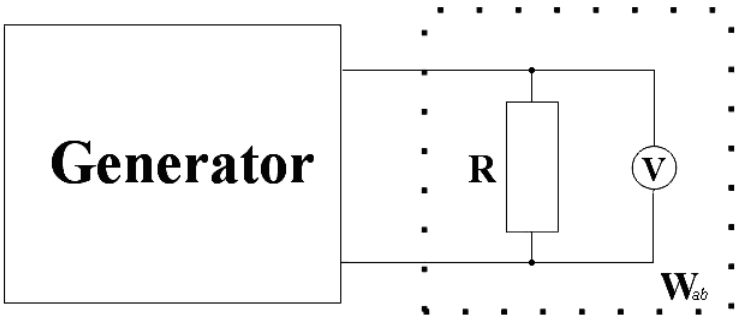
Po wygładzeniu przez filtr *3* napięcie to steruje wzmacniacz *4*.

Wielkością wyjściową przetwornika jest prąd stały I_{wy}, praktycznie niezależny od zmian oporu obciążenia.

POMIARY MOCY METODĄ ABSORPCYJNĄ

Podczas badania generatorów elektronicznych, wzmacniaczy itp. zachodzi często potrzeba zmierzenia mocy, jaką może wydać dane źródło obciążone określoną impedancją. W tym celu na czas pomiaru zastępuje się rzeczywiste obciążenia układem lub przyrządem pomiarowym całkowicie absorbującym moc oddawaną przez źródło.

Przykład zasady pracy tego typu przyrządu przedstawiono na *rys. 3*. Woltomierz mierzący spadek napięcia na znanej rezystancji R można wyskalować bezpośrednio w watach.



Rys.3. Zasada pomiarów watomierzem absorpcyjnym.

Moc oddawaną przez badane źródło określa wtedy wzór:

$$P_g = \left(\frac{U^2}{R} + \frac{U^2}{R_v} \right) \left(1 + \pm \delta_g^0 P \right)$$

w którym: U – wskazania woltomierza, R_v – rezystancja woltomierza.

Jeżeli $R_v >> R$ to:

$$P_y = \frac{U^2}{R} \left(1 \pm \delta_g^0 P \right)$$

Na takiej zasadzie pracują mierniki mocy źródłowej wyjściowej, pozwalające na wyznaczenie maksymalnej mocy oddawanej przez źródło.

Błąd graniczny pomiaru mocy $\delta_g^0 P$ wyznacza się jako:

$$\delta_g^0 P = \pm \left(2 \left| \delta^0 U \right| + \left| \delta^0 R \right| \right)$$

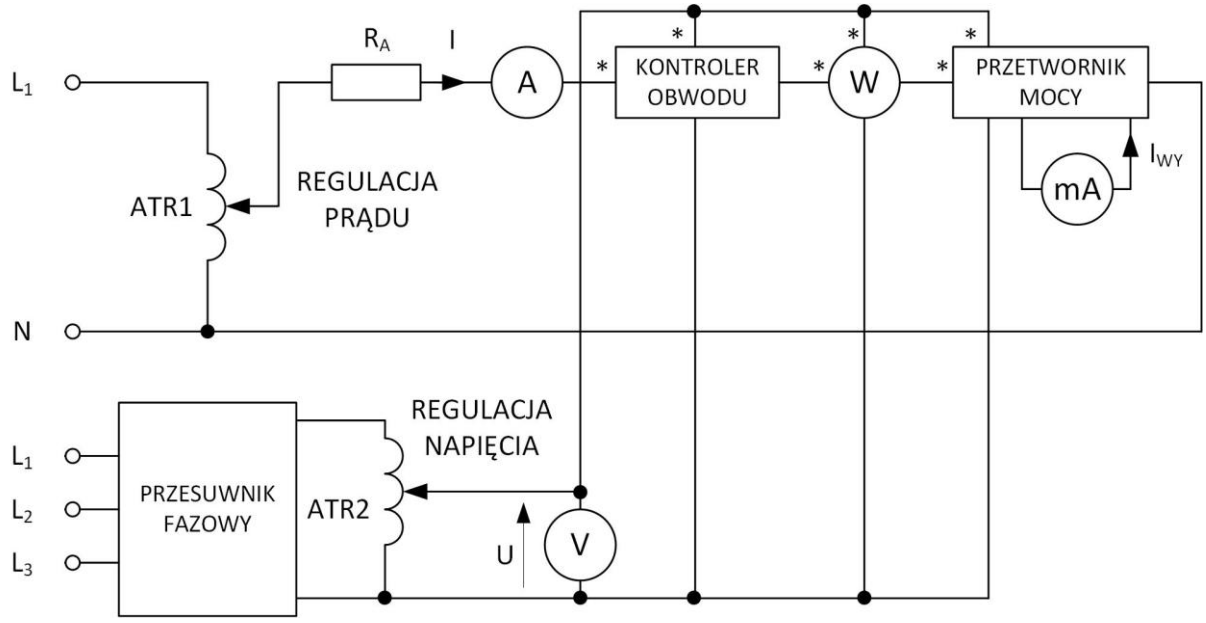
gdzie: $\delta^0 U$ – błąd względny pomiaru napięcia $\delta^0 R$ – klasa użytego rezystora

2. Program ćwiczenia:

a) Wyznaczyć charakterystykę przetwarzania przetwornika typu PP 51.

$$I_{wy} = f(P) \quad \text{dla} \quad \begin{cases} \cos\varphi = 1 \\ \cos\varphi = 0{,}5 \end{cases}$$

Charakterystykę tą wyznaczyć w układzie pomiarowym przedstawionym na *rys.4.*



Rys.4. Układ pomiarowy do wyznaczania charakterystyki $I_{wy} = f(P)$.
ATR1, ATR2 – autotransformator, W – watomierz.

Błąd nieliniowości

Dla każdej charakterystyki doświadczalnej należy obliczyć współczynnik równania linii prostej aproksymującej charakterystykę doświadczalną. Do obliczania wartości tych współczynników wyznacza się z warunków na minimum sumy kwadratów odchyleń trzymanych z pomiarów od założonej zależności y=f(x).

Przy ustalonych wartościach $x_1, x_2, \ldots, x_i, \ldots, x_n$ wielkości X wykonano pomiary wielkości Y i otrzymano odpowiednio wyniki $y_1, y_2, \ldots, y_i, \ldots, y_n$, przy czym niedokładność pomiaru wszystkich wartości x_i była jednakowa. Odpowiadające parom liczb x_i, y_i punkty P_i w prostokątnym układzie współrzędnych (rys. 5) będą się układały wokół pewnej prostej.

Dla charakterystyki liniowej o równaniu $y = a_0 + a_1 x$ suma kwadratów odchyleń wyników wynosi

$$\sum_{i=1}^{n} \Delta_i^2 = \sum_{i=1}^{n} [y_i - (a_0 + a_1 x_i)]^2$$

gdzie:

n – liczna wyznaczonych doświadczalnie punktów charakterystyki,
x_i – zmierzona wartość wielkości wejściowej,
y_i – zmierzona wartość wielkości wyjściowej.

Badanie minimum tej funkcji polega na przyrównaniu do zera jej pochodnych cząstkowych względem a_0 i a_1

$$\frac{\partial \sum_{i=1}^{n} \Delta_i^2}{\partial a_0} = 0 \qquad \text{i} \qquad \frac{\partial \sum_{i=1}^{n} \Delta_i^2}{\partial a_1} = 0$$

z tych dwóch wyrażeń oblicza się współczynniki a_0 i a_1

$$a_0 = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_i}{n} - a_1 \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$$

$$a_1 = \frac{n \sum_{i=1}^{n} x_i\, y_i - (\sum_{i=1}^{n} x_i)(\sum_{i=1}^{n} y_i)}{n \sum_{i=1}^{n} x_i^2 - (\sum_{i=1}^{n} x_i)^2}$$

Błąd nieliniowości określony jako maksymalne odchylenie rzeczywistej charakterystyki przetwarzania od charakterystyki idealnej w postaci linii prostej (prostej najmniejszych kwadratów) występujący w zakresie pomiarowym oblicza się ze wzoru

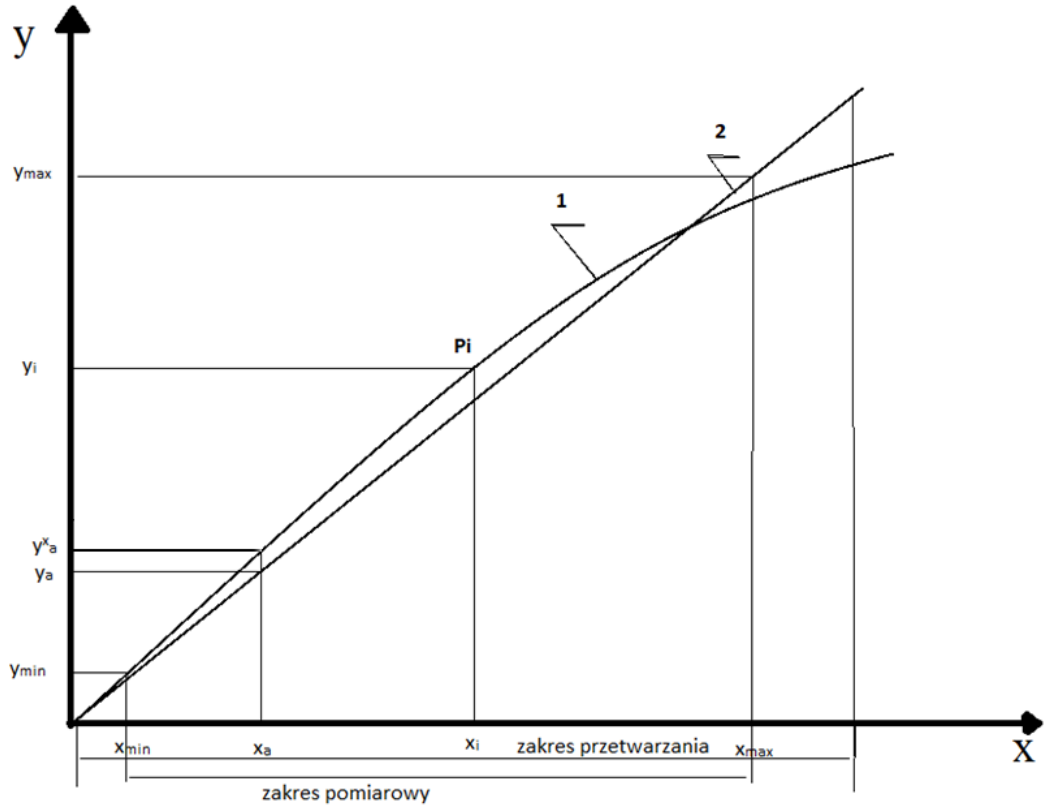
$$\delta y = \frac{(y_a - y_a^n)max}{y_{max} - y_{min}}$$

przy czym:

$(y_a - y_a^n)_{max}$ – maksymalne odchylenia charakterystyki rzeczywistej od prostej wyznaczonej,

$y_{max} - y_{min}$ – zakres wielkości wyjściowych odpowiadający zakresowi pomiarowemu.

Błąd nieliniowości dla przetwornika liniowego jest równoważny jego klasie dokładności.



Rys. 5. Rzeczywista 1 i pożądana 2 (linearyzowana) charakterystyka czujnika pomiarowego.

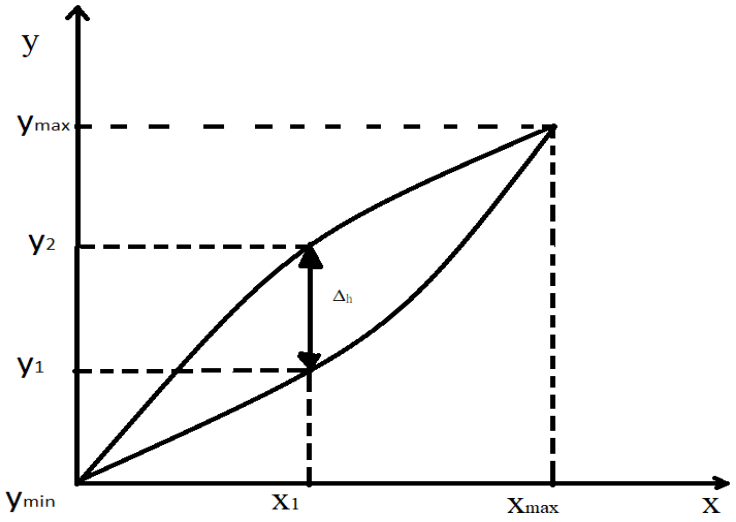
Jeżeli założona funkcja y=f(x) jest wielomianem wyższego rzędu lub jest linia prostą lecz zależy nam na szybkim wyznaczeniu współczynników prostej, to do obliczeń stosuje się zwykle programy komputerowe.

Błąd histerezy

Błąd histerezy Δ_h określany jako różnica między wartością y_i otrzymaną dla wartości x_i wielkości wyjściowej, przy jej powolonym zwiększaniu, a wartością y_2 otrzymaną dla tej samej wartości x_1 przy powolnym zmniejszaniu wielkości wejściowej (rys. 6).

Błąd histerezy δ_h względny określa się jako stosunek błędu histerezy $\Delta_h=(y_1 - y_2)max$ do przedziału wartości wielkości wyjściowej odpowiadającej zakresowi pomiarowemu:

$$\delta_h = \frac{(y_1 - y_2)max}{y_{max} - y_{min}}$$



Rys. 6. Wyznaczanie błędów histerezy z charakterystyki przetwarzania

Na podstawie sporządzonych charakterystyk należy wyznaczyć zakres pomiarowy, stałą przetwarzania, błąd nieliniowości, błąd histerezy.

a) Pomiary mocy oddawanej przez generator metodą absorpcyjną.

1. Zmierzyć moc oddawaną przez generator przy stałej amplitudzie różnych częstotliwościach napięcia oraz kilku wybranych wartościach rezystancji obciążonej.
2. Zmierzyć miernikiem mocy wyjściowym moc oddawaną przez generator w takich samych warunkach jak w punkcie *1*.

3. Literatura:

- Chwaleba A., Poniński M., Siedlecki A., Metrologia elektryczna, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne.
- Czajewski J., Podstawy metrologii elektrycznej, Oficyna Wydawnicza PW.