

Przetworniki pomiarowe o standaryzowanym wyjściu

Cel ćwiczenia

Poznanie typowych układów pracy przetworników pomiarowych o wyjściu prądowym. Wyznaczenie i analiza charakterystyk przetwarzania i obciążenia przetworników U/I oraz R/I. Analiza ograniczeń wynikających z maksymalnej rezystancji obciążenia oraz czasu przetwarzania przetworników, w potencjalnych zastosowaniach.

1. Wstęp

Unifikacja sygnału wyjściowego w systemach kontrolnych i pomiarowych jest stosowana w celu umożliwienia stosowania w celu zapewnienia odpowiedniej jakości niezawodności przesyłania danych oraz umożliwienia stosowania osprzętu różnych producentów. Popularnymi standardowymi sygnałami wyjściowymi są:

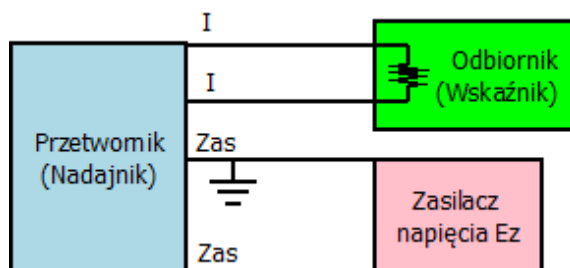
- Sygnały napięciowe: $(0 \div 5V)$, $(- 10V \div 10V)$, $(1 \div 5 V)$,
- Sygnały prądowe - pętle prądowe: $(0 \div 5mA)$, $(4 \div 20mA)$, $(10 \div 50mA)$,
- Sygnały pneumatyczne: $(3 \div 15 \text{ Psig})$,

Przetworniki oparte o sygnał napięciowy są wystarczające w wielu środowiskach, to na ogół bardziej korzystne jest przekazywanie sygnału prądowego. Na przykład, nieodłączną wadą stosowania napięcia do przekazywania sygnałów w środowisku przemysłowym jest fakt, że napięcie spada wraz długością przewodu pomiarowego wskutek wzrostu rezystancji (ogólniej impedancji szeregowej) linii. Oczywiście można używać urządzeń o wysokiej impedancji wejściowej dla uniknięcia straty sygnału. Jednak urządzenia te są wrażliwe na zakłócenia wywoływane przez: pobliskie silniki, linie transmisyjne czy wszechobecne fale radiowe. Ponadto urządzenia odbiorcze o wysokiej impedancji wejściowej są bocznikowane przez równoległe pojemności linii transmisyjnych, przez co ich czas odpowiedzi jest dłuższy, a przy pomiarach wartości zmieniających się szybko w czasie może dochodzić do sytuacji kiedy właściwa wartość sygnału pomiarowego nie zostanie osiągnięta.

Przetwornik U/I

Przetworniki sygnału napięcia na prąd współpracują z sensorami i układami pomiarowymi o wyjściu napięciowym takimi jak termoożniwa oraz wszelakie sensory transformatorowe i mostki pomiarowe. Przetworzenie sygnału napięciowego odbywa się dwustopniowo, układ pomiarowy mierzy napięcie wejściowe układu (z zakresu $0 - U_{\text{max}} V$), a następnie po obróbce i

kondycjonowaniu sygnału (np. separacji galwanicznej) zostaje on przetworzony w sygnał prądowy i przedstawiony na wyjściu przetwornika w formie sygnału 0 - 5 mA. Modelując przetwornik można stwierdzić, że na wyjściu znajduje się źródło prądowe o wydajności determinowanej przez napięciowy sygnał wejściowy. W ćwiczeniu wykorzystywany jest uniwersalny przetwornik Lumen P9 który realizuje typową pętlę prądową 4 przewodową. Oznacza to że zasilanie jest całkowicie odseparowane od sygnału pomiarowego. Struktura takiej pętli przedstawiona jest na rysunku 1

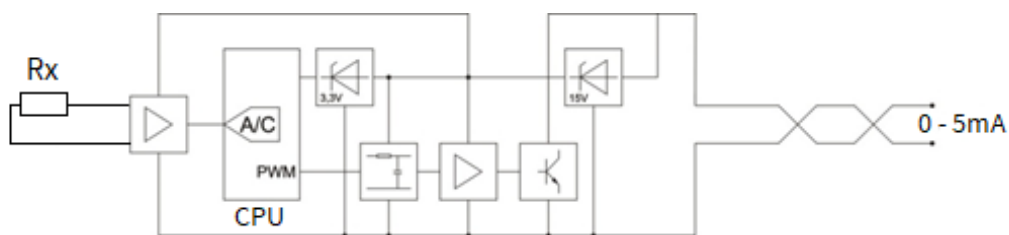


Rys. 1. Struktura funkcjonalna układu z czteroprzewodową pętlą prądową

Przetwornik R/I

Przetworniki rezystancji na prąd stosuje się głównie w układach pomiarowych z termorezystorami. Choć jest możliwe wykorzystanie ich do innych przetworników rezystancyjnych np.: potencjometrycznych przetworników przesunięcia

Struktura przetwornika R/I przedstawiona jest na rysunku 2. Zmiana rezystancji termorezystora przekształcana jest na spadek napięcia w stopniu wzmacniacza sygnału i w tej formie podawana na wejście przetwornika A/C wbudowanego w mikrokontroler STM32 produkcji firmy STM Microelectronics. Mikrokontroler wykonuje linearyzację charakterystyki i zwraca wynik pomiaru w formie sygnału PWM. Sygnał o zmiennej szerokości impulsów (PWM) podany jest na układ całujący RC i na wejście wzmacniacza operacyjnego. Następnie sygnał trafia na bazę tranzystora wykonawczego, który ustala wartość prądu płynącego w obwodzie.



Rys. 2 Struktura przetwornika rezystancji na prąd na przykładzie HCC-356

2. Przebieg ćwiczenia

Zadaniem studentów jest samodzielne zestawieni układów pomiarowych oraz wykonanie pomiarów i zebranie charakterystyk zgodnie z programem ćwiczenia, jak również 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 wartości początkowych obciążenia oraz napięć zasilających w obwodzie pomiarowym.

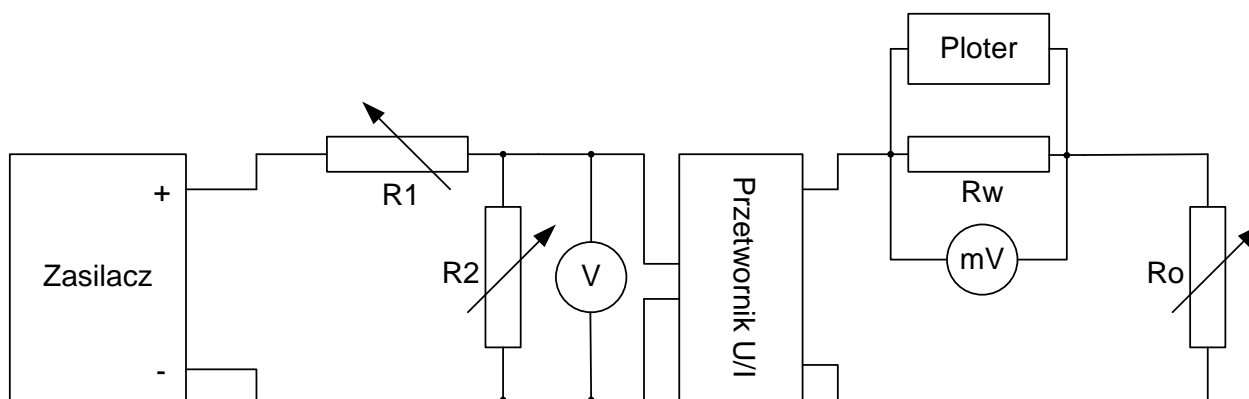
2.1 Stanowisko pracy

Do realizacji ćwiczenia przeznaczone jest stanowisko wyposażone w:

- Przetwornik napięcia na prąd
- Przetwornik rezystancji na prąd
- Stabilizowany zasilacz laboratoryjny
- Multimetr laboratoryjny – 2 szt.
- Ploter / Oscyloskop
- Rezystor dekadowy – 4 szt.
- Rezystor wzorcowy – 1szt.
- Komputer PC z oprogramowaniem pozwalającym na przedstawienie wyników pomiarów w sposób graficzny oraz wspomagającym wykonanie sprawozdania końcowego.
- Instrukcje wykonania ćwiczenia

2.2 Badanie przetwornika napięcia na prąd U/I

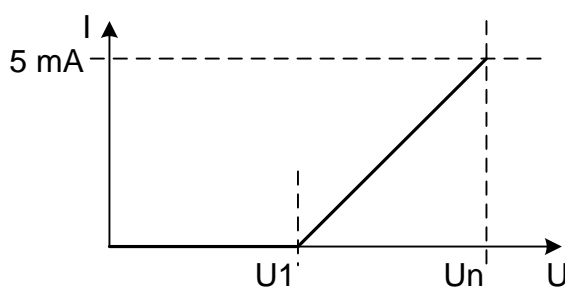
Przetwornikiem badanym w ćwiczeniu jest przetwornik napięcia na zunifikowany sygnał prądowy. W ćwiczeniu przetworniki ten pracuje w układzie pomiarowym przedstawionym na rysunku 3. W celu ułatwienia badań, na komputerze znajdującym się na stanowisku laboratoryjnym zainstalowano oprogramowanie wspomagające wyznaczenie badanych parametrów.



Rys. 3. Układ pomiarowy do badania przetwornika

2.3 Wyznaczenie zakresu przetwarzania

Pierwszym parametrem, który należy wyznaczyć jest przedział przetwarzania. Jak zostało wspomniane wyżej badanym przetwornikiem jest przetwornikiem napięcia na unifikowany sygnał prądowy z zakresu od 0 do 5 mA. Wyznaczenie przedziału przetwarzania sprowadza się do zmierzenia napięcia wejściowego U_1 , którego wartość powoduje „zauważalny” przepływ prądu w obwodzie wyjściowym przetwornika. oraz wyznaczenie napięcia wejściowego U_n które powoduje przepływ prądu o wartości równej 5mA w obwodzie wyjściowym przetwornika. Wartości te obrazuje rysunek nr 4.



Rys. 4. Przedział przetwarzania badanego przetwornika

Oprogramowanie wspomagające prace przy badaniu parametrów przetwornika ma postać arkusza kalkulacyjnego z odpowiednim interfejsem graficznym. Uruchomienie następuje za pośrednictwem ikony umieszczonej na pulpicie.

O ile prowadzący nie zaleci inaczej w celu wyznaczenia przedziału przetwarzania należy:

- a) Ustawić wartość rezystora R_1 na maksimum, R_2 na 200Ω ;

- b) Ustawić wartość rezystora $R_o = 200\Omega$;
- c) Ustawić napięcie zasilania $U_z = 10V$;
- d) Dzielnikiem R1/R2 ustalić wartość U_1 – przy tej wartości napięcia prąd skokowo wzrasta z poziomu nanoamperów do poziomu mikroamperów (uwaga pomiar prądu dokonywany jest pośrednio poprzez pomiar napięcia na rezystorze wzorcowym);
- e) Po wyznaczeniu U_1 dzielnikiem R1/R2 ustawić takie napięcie wejściowe, aby prąd płynący w obwodzie wyjściowym był równy dokładnie 5mA.
- f) Wprowadzić dane do arkusza kalkulacyjnego

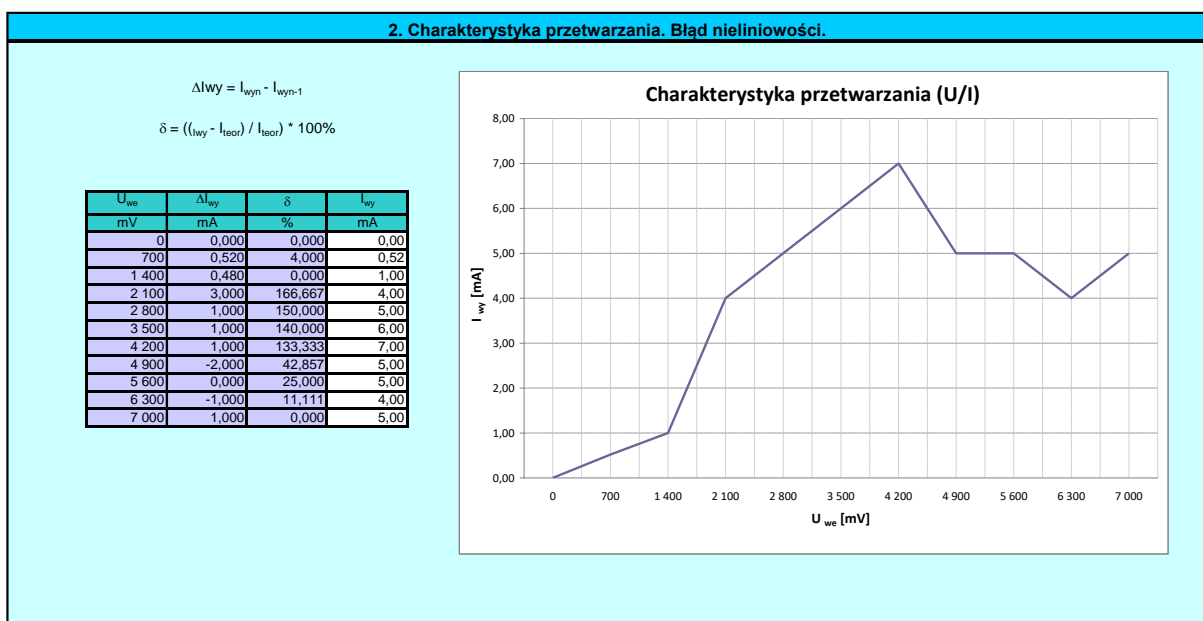
Uwaga: dokładne wyznaczenie przedziału przetwarzania jest koniecznym warunkiem uzyskania miarodajnych wyników w dalszej części ćwiczenia tak, więc punkt ten należy wykonać z należytą starannością

Po wyznaczeniu i wpisaniu wartości napięć U_1 i U_n należy przejść do dalszej części ćwiczenia.

2.3 Wyznaczenie charakterystyki przetwarzania i błędu nieliniowości przetwornika

Następnym punktem realizowanym w ćwiczeniu jest zebranie podstawowej charakterystyki przetwarzania $I_{wy} = f(U_{wej})$.

Panel wspomagający wyznaczenie charakterystyki przetwarzania, oraz wyznaczenie błędy nieliniowości badanego przetwornika przedstawiony jest na rysunku nr 5.



Rys. 5. Panel wspomagający wyznaczenie charakterystyki przetwarzania

W celu wyznaczenia charakterystyki $I_{wy}=f(U_{wej})$ należy:

- a) dzielnikiem rezystancyjnym R1/R2 (schemat na rys. 1) ustawić odpowiednią wartość napięcia wejściowego (zgodnie z tabelą umieszczoną na panelu rys.4). Podane wartości napięcia winny być ustawione z możliwie największą dokładnością;
- b) Po każdorazowym ustawieniu napięcia wejściowego, obliczyć wartość prądu I_{wy} na podstawie wskazania miliwoltomierza mV2. Wartość prądu wstawić do tabeli;
- c) Pomiarów wykonać dla wszystkich wartości napięcia U_{we} .
- d) Wydrukować charakterystykę przetwarzania
- e) Wydrukować charakterystykę błędu nieliniowości

Po wydrukowaniu charakterystyki przejść do dalszej części ćwiczenia.

Problemy:

1. Co na podstawie zebranych charakterystyki można powiedzieć o badanym przetworniku?
2. Czy charakterystyka przetwarzania jest zgodna z oczekiwaniami – jeśli nie, pomiary należy powtórzyć.
3. Od czego zależy błąd nieliniowości – w jaki sposób go zminimalizować.
4. Czy istnieją inne sposoby przedstawiania błędu nieliniowości, jeśli tak to jakie?

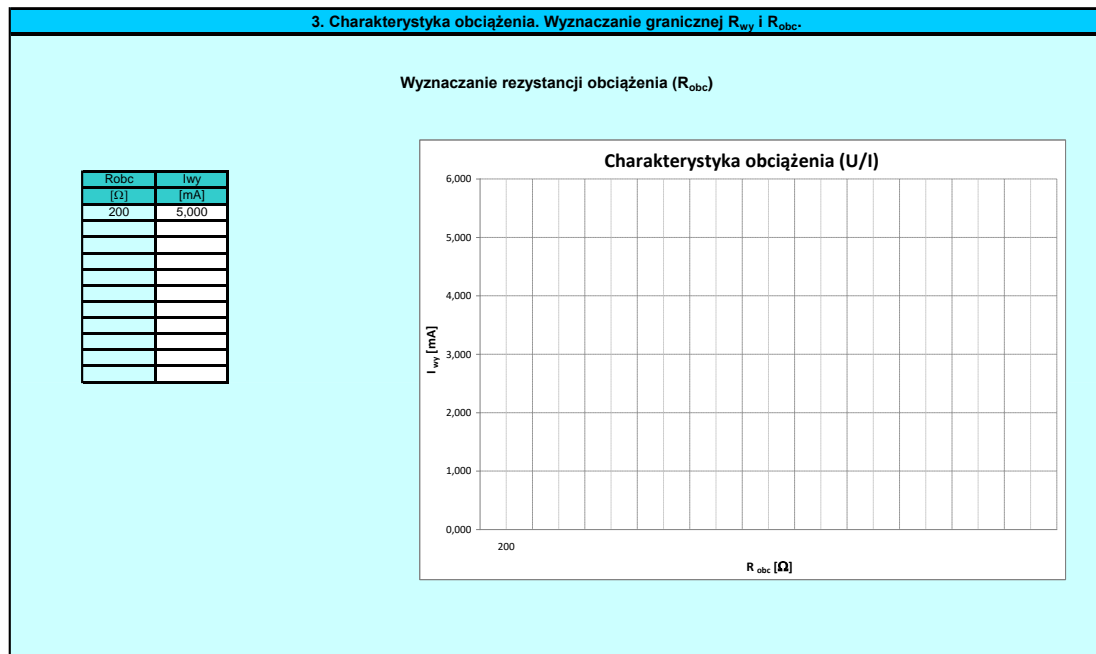
2.4 Wyznaczenie charakterystyki obciążenia

Do wyznaczenia charakterystyki obciążenia przygotowany jest panel przedstawiony na rysunku 6.

W celu wyznaczenia charakterystyki obciążenia należy:

- a) Ustawić znamionową wartość rezystancji obciążenia $R_o=200\Omega$;
- b) Za pomocą dzielnika R1/R2 ustawić napięcie wejściowe, powodujące przepływ prądu w obwodzie wyjściowym przetwornika $I_{wy} = 5\text{mA}$;
- c) Sukcesywnie zwiększać rezystancję obciążenia za pomocą rezystora R_o ;
- d) Aktualną wartość prądu I_{wy} notować w tabeli umieszczonej w panelu;
- e) Zmian rezystancji obciążenia dokonać w przedziale od 200Ω do 5000Ω .
- f) Wydrukować charakterystykę

Po analizie charakterystyki przejść do następnej części ćwiczenia.



Rys. 6. Panel wspomagający wyznaczenie charakterystyki obciążenia.

Problemy :

1. Jakie informacje niesie charakterystyka $I_{wy}=f(R_{obi})$;
2. Czym jest graniczna rezystancja obciążenia w odniesieniu do przetwornika U/I.

2.5 Wyznaczenie rezystancji wyjściowej badanego przetwornika U/I

Wciśnięcie klawisza *wyznaczenie R_{wy}* spowoduje otworzenie okna wspomagającego wyznaczenie rezystancji wyjściowej. W celu wyznaczenia rezystancji wyjściowej przetwornika należy

- Ustawić rezystancję obciążenia $R_{obc}=200\Omega$;
- Za pomocą dzielnika $R1/R2$ ustawić napięcie wejściowe przetwornika, powodujące przepływ prądu w obwodzie wyjściowym $I_{wy}=5mA$;
- Podstawić aktualnie ustawione wartości R_{obc} , oraz I_{wy} do wzoru na rezystancję wyjściową;
- Zwiększając rezystancję obciążenia R_{obc} doprowadzić do minimalnej ale powtarzalnej zmiany, natężenia płynącego prądu wyjściowego I_{wy} ;
- Podstawić aktualne wartości do wzoru na rezystancję wyjściową;

Wyznaczona wartość R_{wy} zostanie automatycznie wstawiona do panelu głównego

Problemy:

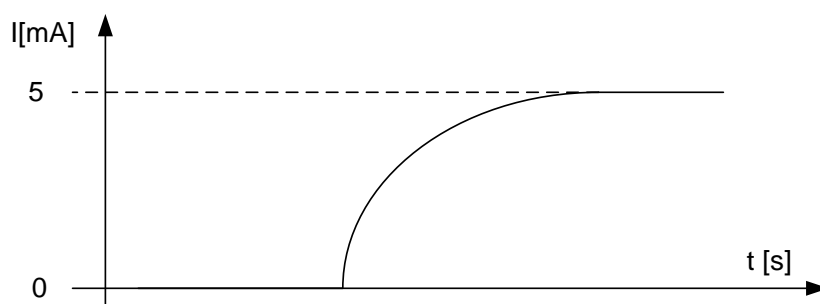
1. Jaka teoretycznie powinna być rezystancja wyjściowa badanego przetwornika

2.6 Wyznaczenie stałej czasowej przetwornika

W celu wyznaczenia stałej czasowej przetwornika należy:

- Ustawić rezystancję obciążenia $R_{obc}=200\Omega$;
- Ustawić dzielnik $R1/R2$ w taki sposób aby przy przekręceniu jednego zakresu uzyskać skok napięcia wejściowego od wartości $U1$ do U_n ;
- Włączyć oscyloskop i ustawić go w pomiar pojedynczego impulsu
- Ustawić dzielnikiem $R1/R2$ napięcie wejściowe $U_{we} = U1$;
- Ustawić dzielnikiem $R1/R2$ napięcie wejściowe $U_{we} = U_n$;
- Na podstawie uzyskanego wykresu wyznaczyć stałą czasową.

Przykładowy przebieg odpowiedzi przetwornika na skok napięcia wejściowego przedstawiony jest na rysunku 7



Rys. 7. Odpowiedź skokowa przetwornika U/I

Problemy:

- Co to jest stała czasowa, jak się ją definiuje i w jaki sposób można ją wyznaczyć?
- Z jakimi realnymi sensorami może współpracować badany przetwornik ze względu na swoją stałą czasową?

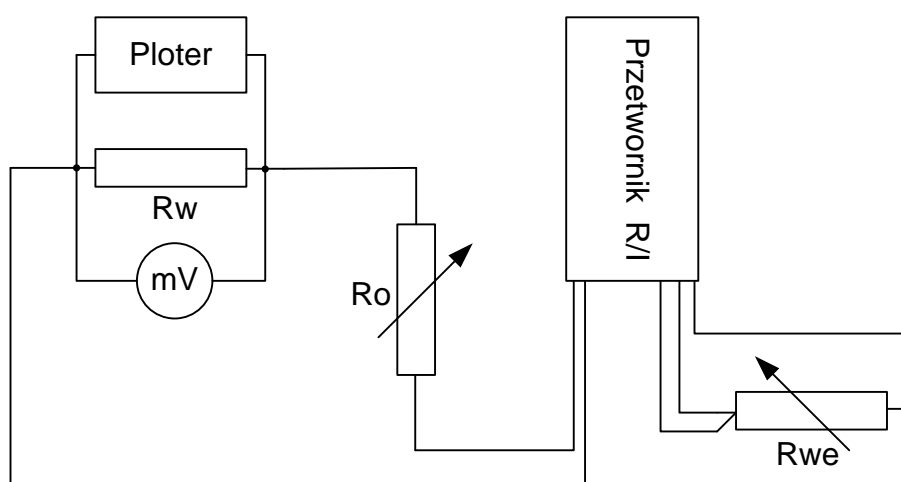
Wykres odpowiedzi skokowej oraz wyznaczoną stałą czasową przetwornika umieścić w sprawozdaniu.

3. Badanie przetwornika rezystancji na prąd R/I

W celu zbadania parametrów przetwornika R/I należy dokonać następujących zmian w układzie pomiarowym:

- Wyłączyć zasilacz
- Odłączyć wyjście przetwornik U/I od obciążenia

- c) Podłączyć wyjście prądowe przetwornika rezystancji na prąd R/I do obciążenia zgodnie z schematem przedstawionym na rys 8.
- d) Przełączyć zakładkę w arkusz kalkulacyjny
- e) Wykonać pomiary i charakterystyki analogicznie do badań przetwornika U/I



Rys. 8. Schemat układu pomiarowego do badania przetwornika R/I

Problemy

1. Do jakiego typu sensorów przeznaczony jest przetwornik.
2. Wy tłumaczyć sposób podłączenie rezystancji wejściowej do przetwornika.
3. Omówić parametry dynamiczne obu przetworników i wskazać przykładowe zastosowania.

3. Sprawozdanie

W sprawozdaniu powinny znaleźć się:

- Schematy układów pomiarowych;
- Wyniki pomiarów;
- Wydrukowane charakterystyki;
- Odpowiedzi na pytania zawarte w instrukcji;
- Wnioski własne i spostrzeżenia.

Po wykonaniu sprawozdania należy wyłączyć przyrządy pomiarowe i komputer, oraz rozłączyć układ pomiarowy. Sprawozdanie przekazać prowadzącemu zajęcia laboratoryjne.