

AKADEMIA GÓRNICZO – HUTNICZA
Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki
Katedra Elektroniki

Laboratorium Techniki Sensorowej

Ćwiczenie nr 4

Półprzewodnikowe czujniki gazów

OPIS STANOWISKA

Prowadzący:
Dr inż. Wojciech Maziarz

Strona internetowa laboratorium:

<http://layer.uci.agh.edu.pl/pl/dydaktyka/lab-sens/sensory.html>

„Wybrane sensory gazu. Multimedialny przewodnik”

http://oen.dydaktyka.agh.edu.pl/dydaktyka/automatyka/c_sensory_gazu/

1. Część doświadczalna

Celem ćwiczenia jest badanie własności półprzewodnikowych grubowarstwowych czujników gazów typu FIGARO serii TGS 800/813/822 i podobnych, zasilanych standardowo stałym napięciem 5V.

Badana będzie czułość detektorów na gazy lub pary w mieszaninie z powietrzem. W układzie możliwe jest również badanie wpływu wilgoci na odpowiedzi czujników, badanie ich czułości poprzecznej oraz ich charakterystyk temperaturowych.

Jak wiadomo z części teoretycznej, rezystancyjne półprzewodnikowe czujniki gazów zbudowane są z **podłoża** – najczęściej ceramicznego, w które wbudowany jest **grzejnik** zapewniający odpowiednią temperaturę pracy sensora oraz **warstwy aktywnej/gazoczułej**, której parametry zależą od składu atmosfery gazowej wokół czujnika. W przypadku czujników rezystancyjnych parametrem zależnym od składu atmosfery gazowej jest rezystancja warstwy gazoczułej.

W idealnym przypadku chcielibyśmy, aby zmiana rezystancji warstwy była liniowa i zależna tylko i wyłącznie od koncentracji konkretnego gazu. W rzeczywistości reakcje zachodzące na powierzchni warstwy są aktywowane termicznie (mamy więc zależność od temperatury), a zmiany rezystancji mogą być powodowane nie tylko zmianami koncentracji konkretnego gazu, ale zmianami wilgotności otoczenia, prędkości przepływu gazów, ich koncentracji, temperaturą otoczenia, gazami znajdującymi się w otoczeniu sensora o podobnej budowie chemicznej itp.

Oznacza to, że chcąc zbadać wpływ jednego z powyższych parametrów na odpowiedź sensora, pozostałe powinny być w przybliżeniu stałe – na tyle, na ile potrafimy je ustabilizować.

Ćwiczenie składa się z kilku etapów, do których należy:

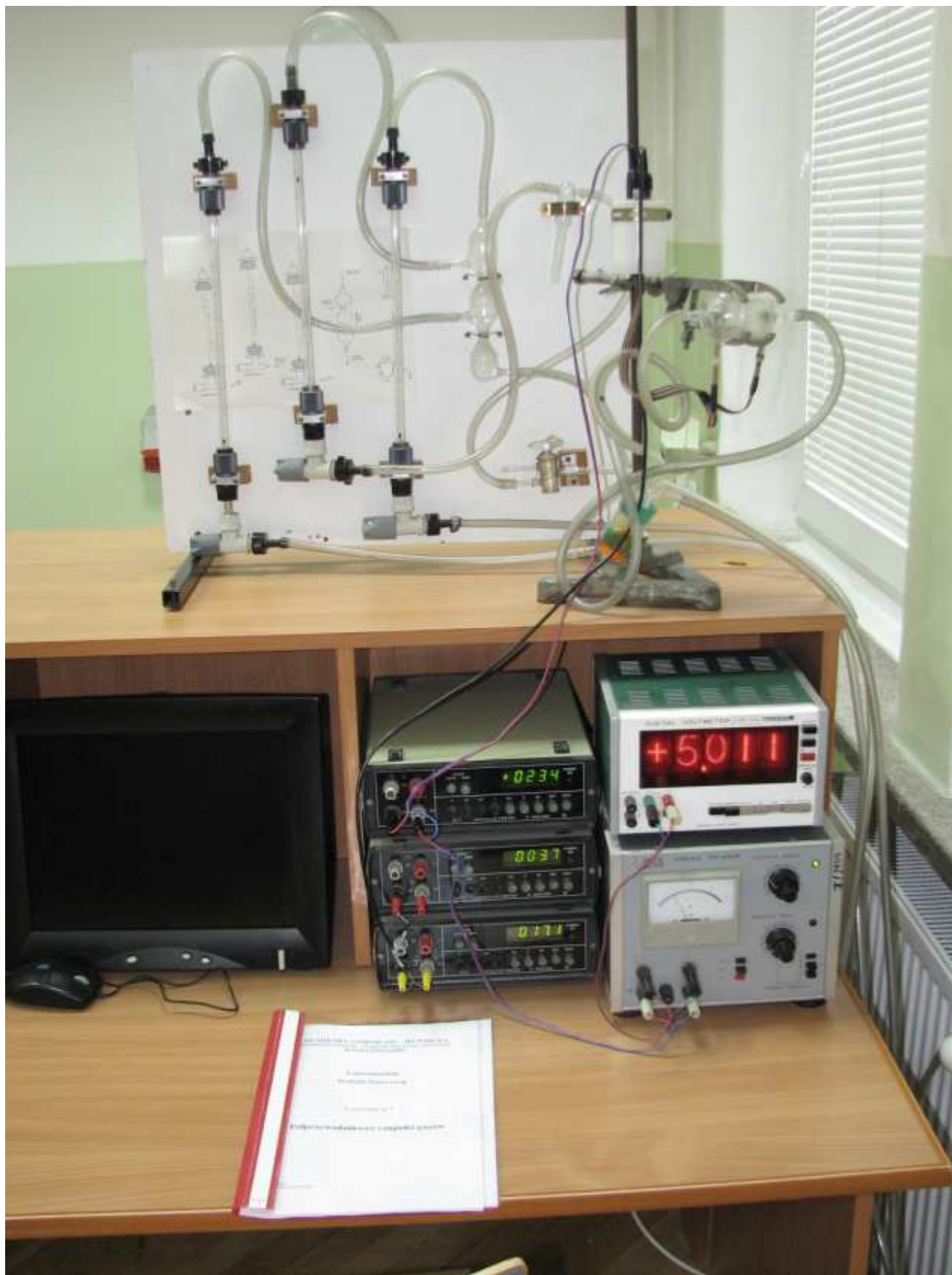
- pomiar odpowiedzi czujników w zależności od temperatury (stała wilgotność, prędkość przepływu gazu oraz jego koncentracja)
- pomiar odpowiedzi czujników w zależności od koncentracji gazu (stała wilgotność oraz temperatura czujników)
- pomiar odpowiedzi czujników w zależności od prędkości przepływu gazu (stała temperatura pracy czujnika, stała wilgotność i koncentracja gazu).

1.1. Opis aparatury pomiarowej

Używana w ćwiczeniu aparatura składa się z dwóch części: układu zasilania i pomiarowego oraz z układu dozowania gazów zamontowanego na tablicy. Wygląd stanowiska przedstawiono na rys. 1.

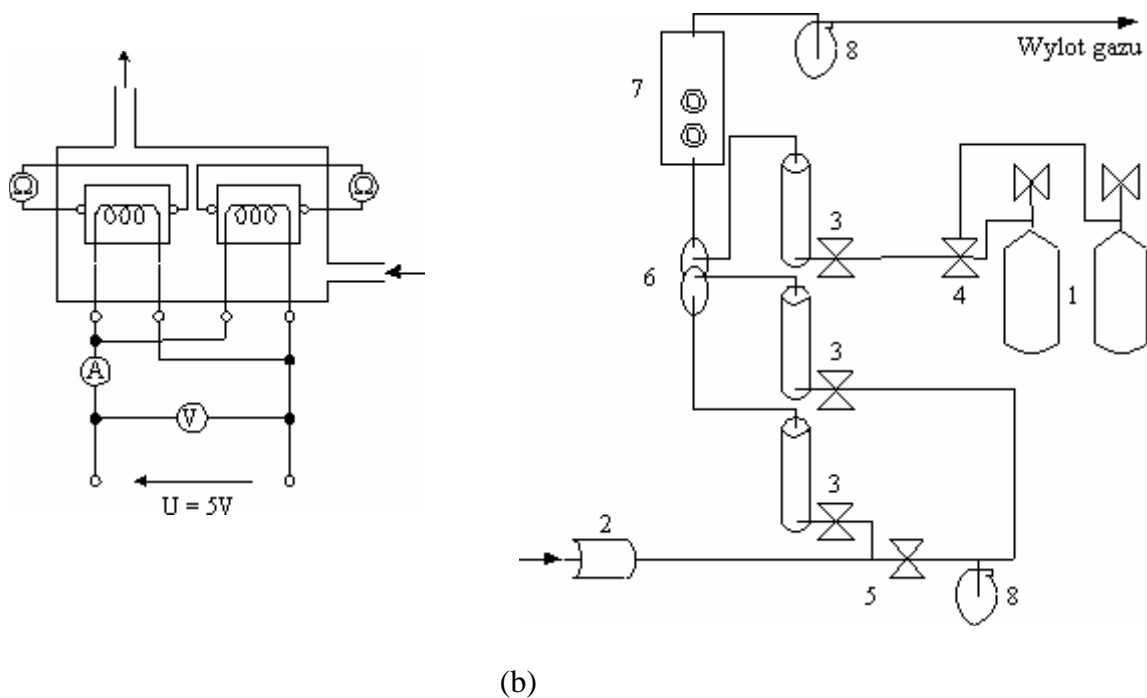
Układ dozowania gazów (przedstawiony na rys.1b) składa się z:

1. Butli z badanym gazem (gazami)
2. Pompki podającej gaz nośny (odniesienia) - powietrze
3. Rotametrów z zaworami dozującymi
4. Zaworu sterującego
5. Zaworu odcinającego
6. Mieszalnika gazów
7. Komory pomiarowej
8. Dwóch płuczek: podającej pary etanolu i końcowej płuczki kontrolnej



Rys. 1 Stanowisko pomiarowe do badania czujników gazów – widok ogólny

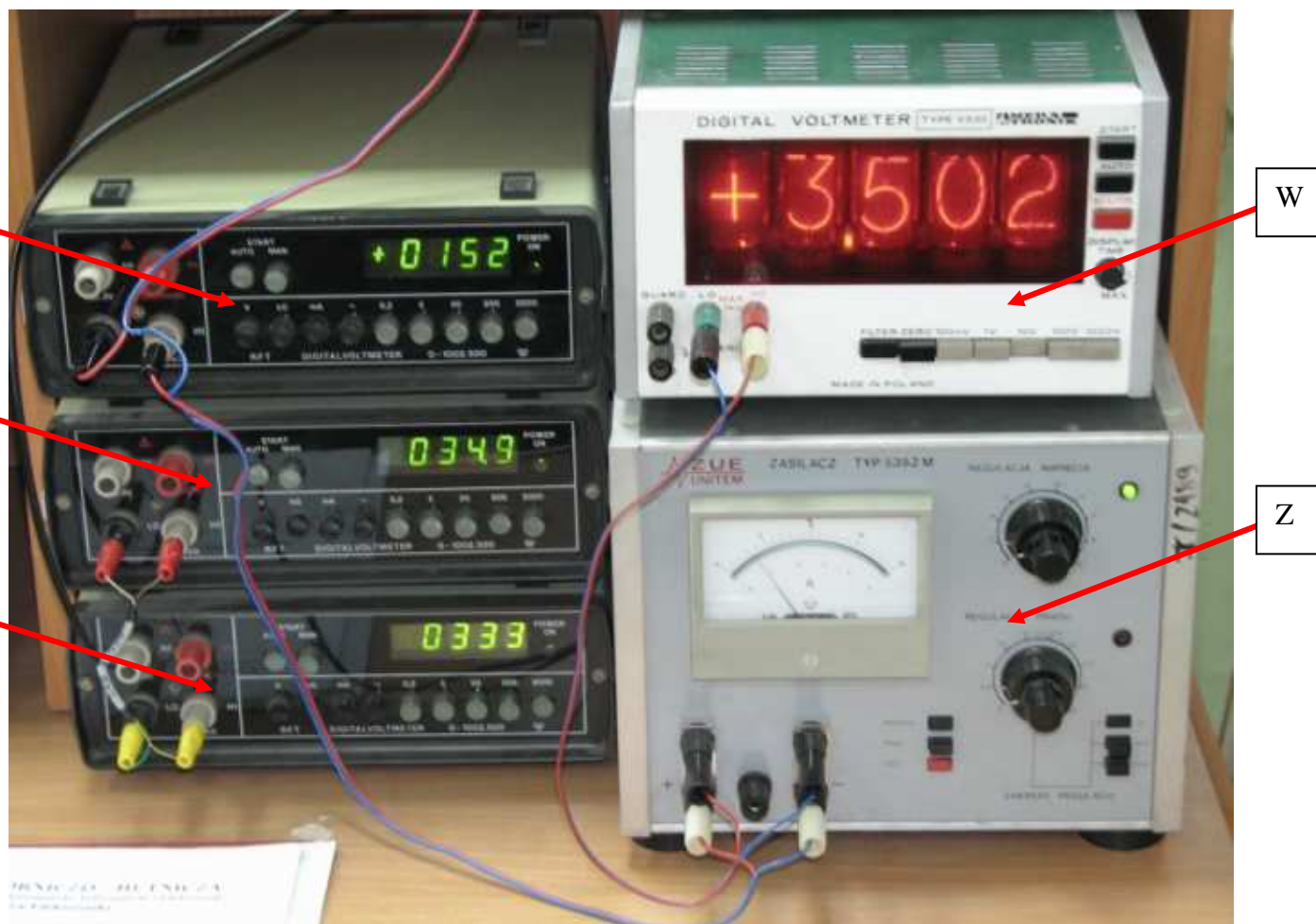
Kolejne rysunki pokazują schemat układu pomiarowego (rys. 2a i b), butlę gazową (rys. 3), przyrządy pomiarowe (rys. 4) oraz instalację gazową wykorzystywaną w ćwiczeniu (rys. 5).



Rys.2. Schemat aparatury pomiarowej: a) elektryczny układ zasilający i pomiarowy, b) układ dozowania gazów.

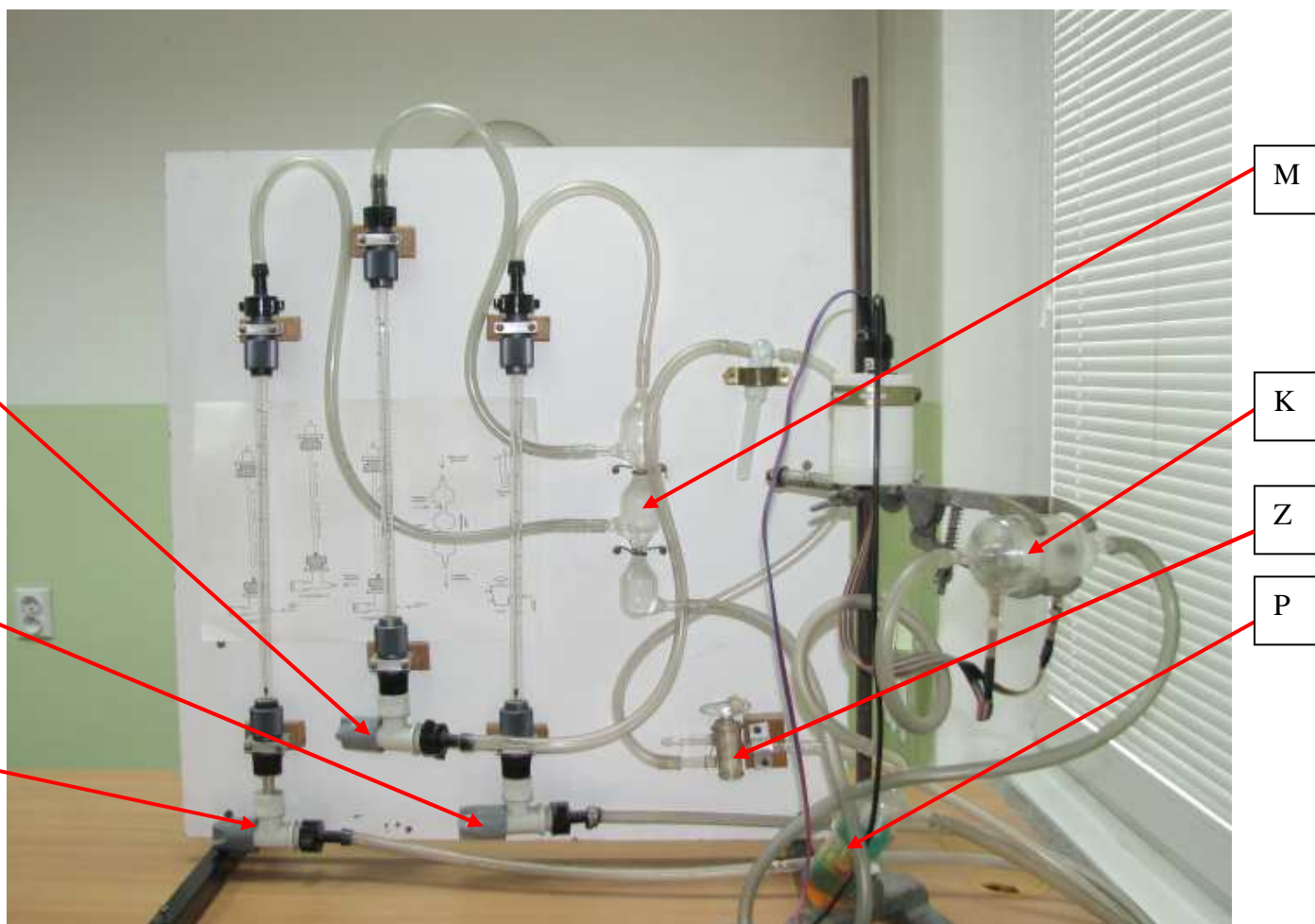


Rys. 3 Butla z gazem używana podczas badania czujników gazów – widoczny zawór odcinający gaz oraz reduktor ciśnienia gazu



Rys. 4 Urządzenia używane w ćwiczeniu. Oznaczenia: A – amperomierz, W – woltomierz, Z – zasilacz, M1 i M2 – mierniki rezystancji (omomierze).

Uwaga! A, M1 oraz M2 są multimetrami ogólnego zastosowania, „skonfigurowanymi” odpowiednio do pomiaru prądu i rezystancji – sprawdź przed pomiarem, czy przypadkowo nie została zmieniona funkcja przyrządu



Rys. 5 Instalacja gazowa wykorzystywana w ćwiczeniu. Widoczne są rotametry wraz z zaworami używane do określania przepływu gazów. Oznaczenia: R1 – regulacja przepływu gazu badanego z butli, R2 – regulacja przepływu powietrza, R3 – regulacja przepływu par alkoholu, M – mieszalnik, K – komora czujników, P – płuczka, Z - zawór używany podczas pomiaru odpowiedzi na pary alkoholu

1.2. Wykonanie pomiarów

W czasie wykonywania pomiarów należy stosować się do poniższych uwag:

1. W zależności od badanych gazów i zastosowanych czujników, w ćwiczeniu może być używana mieszanka zawierająca tlenek węgla. Jest to gaz silnie trujący, tak że nawet stosowane stężenia - do 200 ppm (200 cząsteczek CO na milion cząsteczek mieszanki) mogą spowodować częściowe zatrucie organizmu. W związku z tym wymagana jest daleko idąca ostrożność w postępowaniu się butlami z gazem. Po każdym pomiarze należy bezwarunkowo zamknąć butle CO pozostawiając przepływ powietrza dla przepłukania komory pomiarowej.
2. W innej wersji ćwiczenia stosowany jest gaz propan-butan, który jest gazem palnym, a w dużym stężeniu w powietrzu jest gazem wybuchowym. Z tego też względu **bezwzględnie należy przestrzegać uwag prowadzącego ćwiczenie i zaleceń BHP omawianych na zajęciach wstępnych.**

3. Badane czujniki są wyposażone w grzejniki przystosowane do napięcia zasilania 5 V. Nie należy przekraczać tej wartości, gdyż może to spowodować uszkodzenie grzejnika, a zatem i całego elementu pomiarowego (czujnika).
4. Na podstawie odczytanych wartości napięcia i natężenia prądu grzejnika należy obliczyć jego moc, a korzystając z załączonej krzywej cechowania grzejnika wyznaczyć temperaturę czujnika wykorzystując załączoną krzywą kalibracji grzejników (Rys.17). UWAGA przy obliczeniach mocy: grzejniki czujników są połączone równolegle - mierzony jest więc prąd całkowity płynący przez oba grzejniki!
5. Szybkość przepływu gazów przez komorę powinna być w zasadzie stała i dopuszczalne są jedynie niewielkie wahania szybkości przepływu nie powodujące zafałszowania wskazań czujników. Skład mieszanki zmienia się poprzez zmianę stosunku szybkości przepływu gazu odniesienia (powietrza) - V_0 odczytywanej na rotametrze 2 (R2), do szybkości przepływu mieszanki zawierającej badany gaz lub pary - V_g odczytywanej na rotametrze 1 lub 3. Regulacje szybkości przepływu należy przeprowadzać możliwie szybko i delikatnie - małymi ruchami zaworów.
6. W przypadku badania wpływu par etanolu na odpowiedzi czujników, do małej płuczki zamocowanej na tablicy nalać ok. 1 cm³ etanolu i przełączyć zaworem **5** na rys.1b (Z na rys. 5) przepływ powietrza, włączając płuczkę w układ dozujący. Po każdym pomiarze odcinać dopływ powietrza do płuczki tym samym zaworem.

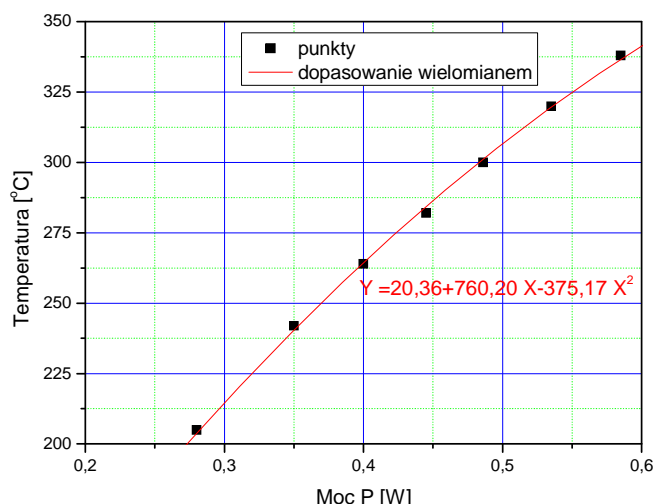
Jako dodatkowe ćwiczenie poleca się zbadać wpływ szybkości przepływu gazów (lub zmian szybkości) na odpowiedź czujników.

I. Wyznaczanie charakterystyk temperaturowych czujników

W tej części ćwiczenia należy dla jednej, zadanej przez prowadzącego wartości koncentracji gazu wyznaczyć zależność czułości definiowanej jako R_0/R (gdzie R_0 wartość rezystancji czujnika w gazie odniesienia - powietrzu) w funkcji temperatury czujnika. W tym celu trzeba:

1. Zestawić odpowiedni obwód pomiarowy. Zasilanie - regulowany zasilacz stabilizowany w zakresie 0 - 5 V. Pomiar zacząć od napięcia 3.5 V. Ustalić przepływ gazu odniesienia na 30 l/h.
2. Następnie po ustaleniu się rezystancji czujników (R_{01} i R_{02}) zanotować wartości prądu i napięcia grzejników i po obliczeniu mocy, na podstawie krzywej cechowania (Rys.17) wyznaczyć temperaturę czujnika.
3. Ustalić odpowiedni skład mieszanki gaz-powietrze (zadany przez prowadzącego). Zmierzyć czas od momentu wprowadzenia mieszanki do komory do chwili ustabilizowania się rezystancji czujników. Zanotować wartości rezystancji R_1 i R_2 dla tej temperatury grzejników. Następnie wyłączyć przepływ gazu i zwiększyć szybkość przepływu powietrza do wartości początkowej, przepłukując komorę pomiarową czystym powietrzem.
4. Powtórzyć cykl pomiarowy - punkty 2 i 3 (dla tego samego składu mieszanki) zwiększając napięcie zasilania grzejników co ok. 250 mV aż do wartości 5 V. Proszę pamiętać o konieczności ustabilizowania się wartości rezystancji R_0 po każdorazowym wzroście mocy grzejników przed kolejnym wprowadzeniem gazów! Każdorazowo należy zapisać nowe wartości R_0 , R_1 i R_2 .

Tabela I.	
Punkty pomiarowe	
P(W)	T(°C)
0,0	20
0,28	205
0,35	242
0,40	264
0,445	282
0,486	300
0,535	320
0,585	338



Rys. 17 krzywa cechowania grzejnika czujnika Figaro serii TGS 800

5. Na podstawie pomiarów zrobić dla obu czujników wykresy: $R_0/R(T)$ oraz $t(T)$ gdzie: T - temperatura czujnika, t - czas odpowiedzi (stabilizacji rezystancji) czujników.

6. Zapisać wnioski.

II. Wyznaczanie charakterystyk czujników w funkcji koncentracji gazów (lub par)

W tej części ćwiczenia, dla napięcia zasilania 5 V, zmieniając skład mieszanki gazowej w komorze (tzn. stosunek szybkości przepływu gazu odniesienia do szybkości przepływu badanego gazu), wyznaczyć zależność czułości R_0/R w funkcji koncentracji danego gazu - C_g [% lub ppm]. Wartość C_g obliczamy z proporcji na podstawie zmierzonych wartości V_g i V_0 .

1. Przed rozpoczęciem pomiarów w gazach ustalić i zanotować wartości R_{01} i R_{02} czujników zmierzone przy przepływie czystego powietrza ($V_0 = 30$ l/h, $V_g = 0$ l/h).

2. Otworzyć przepływ badanego gazu na $V_g = 5$ l/h, zmniejszając jednocześnie przepływ powietrza do $V_0 = 25$ l/h. Obserwując zmiany rezystancji czujników odczekać aż staną się one (prawie) stabilne - co zwykle zajmuje max. kilka minut. Zanotować wartości R_1 i R_2 dla danego składu mieszanki.

3. Po pomiarze należy **KONIECZNIE** komorę przepłukać powietrzem - zamykając przepływ gazu i zwiększając przepływ powietrza aż do powrotu do stabilnej wartości rezystancji R_0 . Powrót do wartości początkowych może trwać nawet 10 min., należy jednak cierpliwie wyczekać aż rezystancja ustabilizuje się. **Jeżeli opór czujników różni się od początkowych wartości, to wówczas przed następnym wprowadzeniem mieszanki gazowej należy zapisać te nowe wartości R_0 .**

4. W następnym cyklu zwiększamy przepływ gazu o kolejne 5 l/h, zmniejszając odpowiednio szybkość przepływu powietrza - tak, aby całkowita szybkość przepływu gazów $V_0 + V_g = 30$ l/h. Dalej postępujemy jak w pkt. 2 i 3 dochodząc do maksymalnej szybkości przepływu badanego gazu $V_g = 25$ l/h. UWAGA ! zawsze pozostawiamy przepływ powietrza co najmniej 5 l/h. W innym przypadku czujnik może zostać trwale „zatruty” i straci swoje własności gazoczułe.

5. Dodatkowo, dla kilku wartości koncentracji gazu można wykonać pomiary dynamiczne - zapisując np. co 10 s zmieniające się wartości rezystancji po wprowadzeniu gazu. *Na tej podstawie wykreślić dynamiczne krzywe odpowiedzi czujników $R(t)$ na zmiany składu gazu.*

6. Zapisać wnioski.

III. Wyznaczanie charakterystyk czujników w funkcji prędkości przepływu gazów (lub par)

1. Jako pomiar dodatkowy - dla napięcia zasilania 5 V można zbadać wpływ szybkości przepływu na czułość i czas odpowiedzi czujników dla danego składu mieszanki gazowej. Jako minimalną wartość szybkości przepływu przyjąć 10 l/h i zmieniać ją w kolejnych pomiarach co 5 l/h. Proszę pamiętać, że jest to sumaryczna szybkość przepływu całej mieszanki gazowej.

2. *Na podstawie wyników pomiarów zrobić dla obu czujników wykresy R_0/R (C_g), gdzie: C_g – koncentracja gazu (ppm lub %), t - czas odpowiedzi (stabilizacji rezystancji) czujników. Oszacować wielkość popełnionych błędów pomiarowych oraz wyciągnąć wnioski na temat parametrów pracy czujników.*

1.3. Opracowanie wyników pomiarów

Sprawozdanie powinno zawierać:

1. Schemat ideowy wykorzystanego układu pomiarowego.
2. Krótki opis przeprowadzonych pomiarów.
3. Odpowiednie tabele z wynikami pomiarów dla każdego czujnika. Dla pierwszej części ćwiczenia:

U [V]	I [mA]	P [W]	T [⁰ K]	R ₀₁ [kΩ]	R ₀₂ [kΩ]	R ₁ [kΩ]	R ₂ [kΩ]	R ₀₁ / R ₁	R ₀₂ / R ₂	t [s]

Dla drugiej części ćwiczenia:

V _g [l/h]	V ₀ [l/h]	C _g [%]	R ₀₁ [kΩ]	R ₀₂ [kΩ]	R ₁ [kΩ]	R ₂ kΩ]	R ₀₁ / R ₁	R ₀₂ / R ₂	t [s]

4. Wykonać dla obu czujników odpowiednie wykresy omówione przy opisie pomiarów.

5. Na podstawie sporządzonych wykresów zapisać wnioski z przeprowadzonych pomiarów oraz oszacować wielkość błędów.