

Model mikroprocesorowego urządzenia do kontroli szczelności instalacji gazowych z wykorzystaniem czujnika półprzewodnikowego

W publikacji zaprezentowano wyniki prac nad konstrukcją modelu mikroprocesorowego, przenośnego urządzenia do kontroli szczelności instalacji gazowych. W urządzeniu zastosowano tani, półprzewodnikowy czujnik gazów palnych oraz mikrokontroler sterujący urządzeniem. Urządzenie posiada możliwość kalibracji, programowania poziomów alarmowych oraz odczytu wskazań. Przeprowadzono badania urządzenia w celu weryfikacji poprawności jego działania oraz oceny niepewności pomiarów.

1. WSTĘP

Metan jest bardzo ważnym surowcem energetycznym, między innymi ze względu na możliwość pozyskiwania go z odnawialnych źródeł. Bardzo ważna dla bezpieczeństwa jest kontrola metanu, stąd potrzeba pomiarów jego stężenia [1]. Ważna ze względów ekologicznych jest też rejestracja skażenia atmosfery na skutek wydzielania się metanu. Istnieje wiele technik pomiaru stężenia gazów palnych, jednak wśród technologii tych pomiarów coraz większą rolę odgrywają czujniki półprzewodnikowe, ze względu na stosunkowo niską cenę, bardzo długi czas życia, małe gabaryty i energooszczędność [2]. Mierniki stężenia metanu mają bardzo szerokie zastosowanie, zarówno w gospodarstwach domowych, jak i w przemyśle, kopalniach, biogazowniach czy oczyszczalniach ścieków oraz platformach wiertniczych [1]. Z powyższych stwierdzeń wynika, że projektowanie i udoskonalanie urządzeń do pomiarów śladowych stężeń metanu w oparciu o nowoczesne technologie to bardzo ważne i przyszłościowe zadanie.

2. BUDOWA MODELU URZĄDZENIA POMIAROWEGO

Celem pracy było zbudowanie modelu przenośnego urządzenia do kontroli szczelności instalacji

gazowych [3]. Zadaniem przyrządu jest wykrywanie śladowych stężeń metanu będącego głównym składnikiem paliwa obecnego w instalacjach gazowych. Urządzenie powinno także z określoną dokładnością mierzyć ilość metanu w powietrzu oraz alarmować przekroczenie wartości dopuszczalnych. Przyrząd powinien posiadać możliwość kalibracji, powinien też charakteryzować się szybkim czasem odpowiedzi oraz być zasilany bateryjnie.

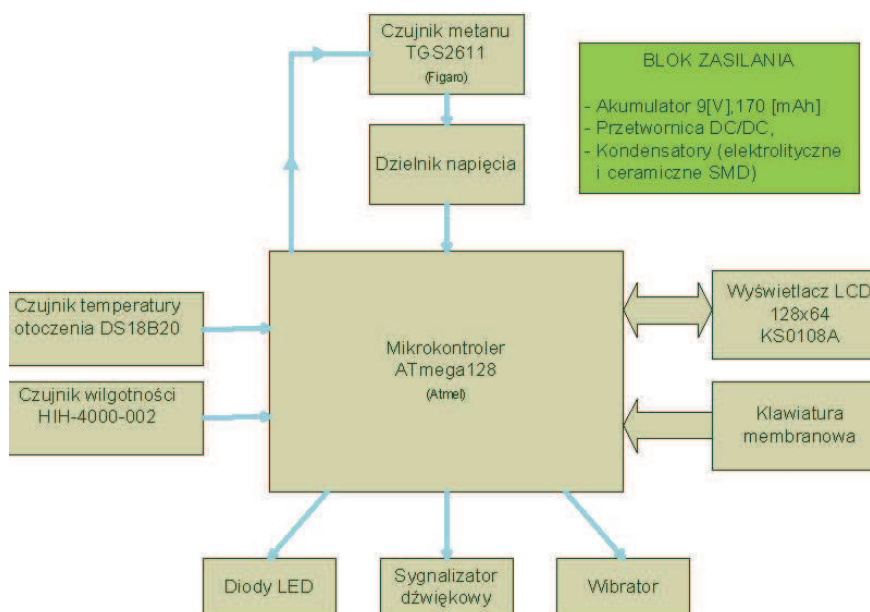
2.1. Schemat blokowy modelu urządzenia

Na rysunku 1 przedstawiono schemat blokowy modelu urządzenia. Na schemacie zawarta jest część cyfrowa oraz analogowa.

2.2. Część cyfrowa urządzenia

W skład części cyfrowej modelu urządzenia wchodzi:

- Mikroprocesor – główny element części cyfrowej urządzenia. Wybrano mikrokontroler ATmega128L [4]. Na wybór procesora złożyło się wiele czynników takich jak: powszechność zastosowań, niska cena, niski pobór mocy, duża liczba programowalnych linii I/O, wystarczająca ilość pamięci flash, EEPROM, interfejs SPI oraz JTAG oraz wewnętrzne przetworniki A/C.



Rys. 1. Schemat blokowy modelu urządzenia pomiarowego

- Wyświetlacz – do prezentacji wyników pomiarów. Użyto wyświetlacza LCD o rozdzielczości 128×64 punkty [5]. Jego zalety to: niska cena, dobra rozdzielczość, łatwy do oprogramowania interfejs równoległy oraz stosunkowo mały pobór mocy (technologia FSTN).
- Klawiatura – potrzebna do komunikacji z użytkownikiem oraz sterowania funkcjami urządzenia. Wybrano membranową matrycową klawiaturę, bardzo wygodną w implementacji w układzie elektronicznym.
- Sygnalizacja alarmów – w celu sygnalizacji alarmów związanych z przekroczeniem progów stężenia gazu bądź związanych ze stanem wyczerpania baterii zastosowano następujące formy: wizualną, dźwiękową, wibracyjną.
- Czujniki pomocnicze – do kontroli warunków środowiskowych tj. temperatury i wilgotności. Do pomiaru temperatury użyto czujnik DS18B20 [6], natomiast pomiar wilgotności zrealizowany został z użyciem czujnika wilgotności HIH4000 [7].

2.3. Część analogowa urządzenia

W skład części analogowej modelu urządzenia wchodzi:

- Czujnik – jest to półprzewodnikowy, grubowarstwowy rezystancyjny czujnik do pomiaru metanu TGS2611, wykorzystujący warstwę SnO₂ [8]. Czujnik firmy FIGARO jest dostępny w dwóch wersjach: z filtrem czaroitowym oraz bez filtra. Na rysunku 2 pokazano wygląd zewnętrzny czujnika (w wersji bez filtra).

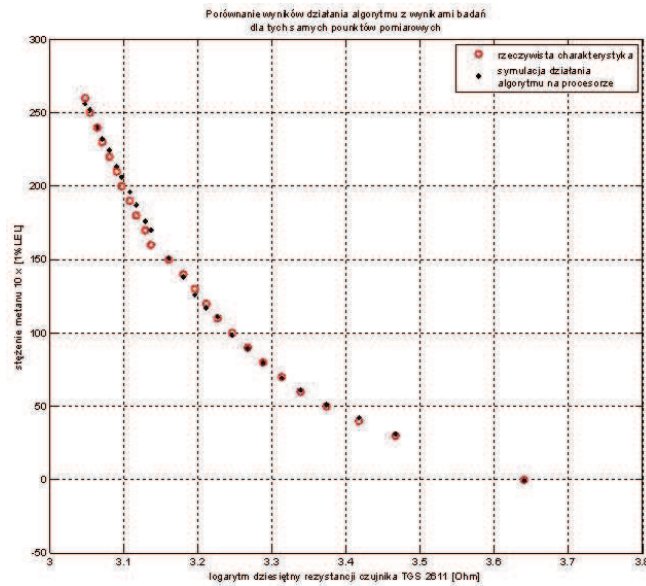


Rys. 2. Czujnik FIGARO TGS2611 [8]

- Układ pomiarowy czujnika. W układzie tym zastosowano dzielnik napięcia oparty na rezystorach precyzyjnych. W przypadku doboru rezystorów bardzo ważne było, aby miały one jak najmniejszą nieliniowość oraz były jak najmniej podatne na wpływ zmian temperatury. Wartości rezystorów w dzielniku zostały tak dobrane, aby uzyskać dobrą rozdzielczość w zakresie pomiaru metanu 0-30% LEL. Napięcie mierzone jest za pomocą przetwornika A/C, w który wyposażony jest mikroprocesor [4].

3. BADANIA URZĄDZENIA I KALIBRACJA

Badania miały na celu sprawdzenie zmian rezystancji czujnika TGS2611 od stężenia metanu w mieszaninie. Dane zarejestrowano wykonanym przyrządem. Wyniki tego badania pozwoliły na poznanie charakterystyki czujnika oraz wyznaczenie równania



Rys. 3. Charakterystyka przetwarzania czujnika TGS2611

przetwarzania. Na rysunku 3 pokazano zależność rezystancji czujnika od stężenia metanu (charakterystyka rzeczywista oraz jej model).

W celu wyznaczenia modelu użytecznego do kalibracji zlogarytmowano wartości przedstawiające rezystancję czujnika. Przybliżono otrzymaną w ten sposób charakterystykę równaniem trzeciego stopnia. Wartości stężenia gazu pomnożono przez 10 tak, aby z użyciem liczb całkowitych uzyskać rozdzielczość 0,1%LEL. Kalibrację przyrządu dokonuje się poprzez rozwiązanie układu dwóch równań trzeciego stopnia, gdzie dwa współczynniki przy wyższych potęgach są stałe, natomiast pozostałe współczynniki są odpowiedzialne za przesunięcie i nachylenie krzywej kalibracji.



Rys. 4. Widok panelu czołowego urządzenia

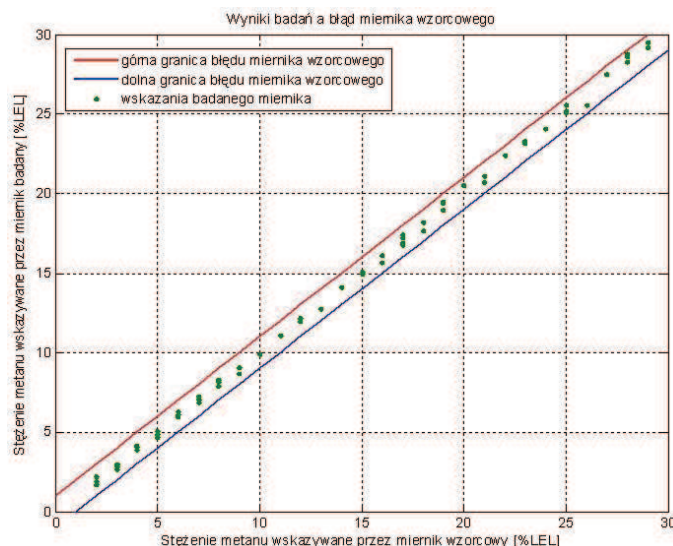
4. PANEL KONTROLNY URZĄDZENIA

Na rysunku 4 zaprezentowano graficzny opis przedniego panelu projektowanego urządzenia.

Wyłącznik zasilania służy zarówno do włączania urządzenia, jak i doprowadzenia energii z ładowarki do baterii. Wyświetlacz LCD służy do prezentacji wyników pomiaru oraz komunikacji z użytkownikiem. Złącze głowicy pomiarowej służy do przykręcenia przewodu pomiarowego zakończonego czujnikami. Klawiatura służy do obsługi menu urządzenia oraz wprowadzania wszelkich zmian konfiguracji. Dwie diody sygnalizują alarmy świetlne. Alarm akustyczny jest zrealizowany przy pomocy tzw. buzzera. Złącze zasilania służy do podłączenia zasilacza zewnętrznego. Wykonano również wloty powietrza w obudowie dla prawidłowej pracy czujnika wilgotności.

5. TESTY I ANALIZA NIEPEWNOŚCI

Przy pomiarze urządzeniem można wyróżnić następujące źródła niepewności: niepewność czujnika i układu kondycjonowania, niepewność związana z przyjętym torem pomiarowym, niepewność związana z rozdzielczością przetwornika A/C oraz miernikiem wzorcowym. Niepewność rozszerzona ze standardowym współczynnikiem rozszerzenia 2 wynosi: 1,84[%LEL] [9]. Na rysunku 5 pokazano wyniki pomiarów urządzeniem z uwzględnieniem błędu miernika wzorcowego.



Rys. 5. Wyniki badań urządzenia

Wyznaczono także czas odpowiedzi oraz relaksacji urządzenia, który wynosił w obu przypadkach około 10 [s]. Sprawdzono także zachowania się czujnika w przypadku obniżonego stężenia tlenu w mieszance. Zbadano, że do ok. 12% O_2 czujnik pracuje prawidłowo. Urządzenie poddano licznym testom mającym na celu określenie jego selektywności. Okazało się, że badany miernik ma bardzo niską selektywność i reaguje na wiele palnych gazów niezawierających cząsteczek metanu (np. dezodoranty, rozpuszczalniki, opary alkoholu, benzyny).

6. PODSUMOWANIE

Czujnik firmy Figaro TGS2611 z powodzeniem został zastosowany w urządzeniu pomiarowym, mimo iż producent przewiduje go tylko do detektorów progowych gazów palnych. Niewątpliwą wadą czujnika TGS2611 jest silna nieliniowość jego charakterystyki, co wiąże się z problemami podczas oprogramowania urządzenia pomiarowego. Czujnik posiada bardzo dużą czułość dla śladowych stężeń gazu szczególnie poniżej stężeń 1% [LEL]. Okazuje się także, że jest możliwy pomiar wyższych stężeń metanu z użyciem tego czujnika bez ryzyka uszkodzenia go (powyżej 30% LEL). Czujnik TGS2611 charakteryzuje się niską selektywnością, reaguje w różny sposób na wiele gazów palnych. Czas odpowiedzi i relaksacji czujnika jest krótki. Wyznaczona ocena niepewności pomiarowej czyli 6,13% zakresu jest jedynie zgrubną oceną i jej wartość silnie zależy od niepewności miernika wzorcowego. Zbudowany miernik trzeba kalibrować z użyciem dwóch dowolnych stężeń metanu, różnych od zero-

wego, należących do zakresu pracy miernika. Urządzenie posiada również rozbudowany system alarmowy, pozwalający na ustawianie alarmów reagujących na obecność metanu oraz niskiego stanu baterii. Przedstawiony miernik jest jedynie modelem urządzenia i wymaga wielu poprawek, mimo to spełnia wszystkie przedstawione mu wymagania metrologiczne. Wykonany model urządzenia zgodnie z jego zadaniem przeznaczony jest do pracy w strefach zagrożonych wybuchem. Aby urządzenie było dopuszczone do pracy w takich warunkach, musiałoby przejść procedurę atestacji. Jednak ze względu na edukacyjny charakter projektu urządzenie nie zostało poddane testom iskrobezpieczeństwa, a co za tym idzie, nie może być ono dopuszczone do pracy w strefach zagrożonych wybuchem [10].

Literatura

1. Barczyński A.: „Możliwości wykorzystania biogazu w systemie dystrybucyjnym”. *Czysta Energia*, 2(88), /2009.
2. Pisarkiewicz T.: „Mikrosensory gazów” Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH Kraków 2007.
3. Dziendziel A.: „Mikroprocesorowe urządzenie do kontroli szczelności instalacji gazowych.”. Praca dyplomowa magisterska (promotor: dr inż. T. Grychowski) GLIWICE 2011.
4. Dokumentacja techniczna: Atmega128L Datasheet, Atmel, 2011.
5. Dokumentacja techniczna: Graphic Type FSTN Dot Matrix LCD Module Specification, Jinghua, 2011.
6. Dokumentacja techniczna: DS18B20 Datasheet, Dallas Semiconductor, 2007.
7. Dokumentacja techniczna: HIH-4000-002 Datasheet, Honeywell, 2006.
8. Dokumentacja techniczna: Technical Information for TGS2611, FIGARO, 2004.
9. Norma: EA-04/02 Wyrażanie niepewności pomiaru przy wzorcowaniu, 2002. Wydanie polskie przygotowane w Zakładzie Metrologii Ogólnej Głównego Urzędu Miary, Warszawa, 2001.
10. PN-EN 61779-1-5: Elektryczne przyrządy do wykrywania i pomiaru gazów palnych. Warszawa 2002.

Artykuł został zrecenzowany przez dwóch niezależnych recenzentów.