

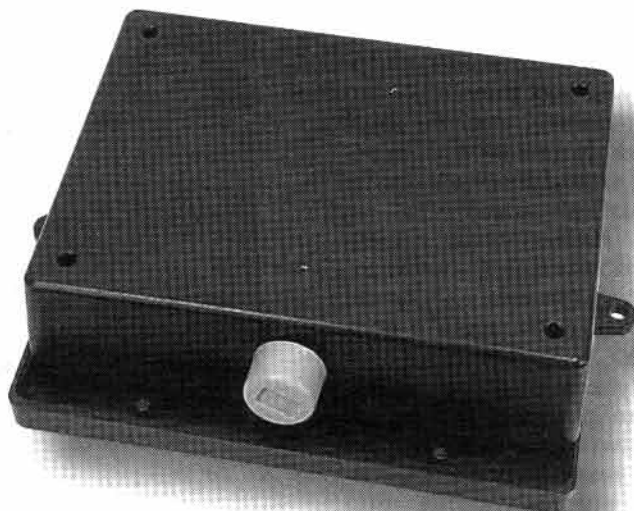
Detektor gazu

kit AVT-307

Doniesienia prasowe z lat 1995-96 dostarczały opinii publicznej częstych relacji z wybuchów gazu w budynkach.

Najtragiczniejszym wybuchem była detonacja w budynku w Gdańsku. Moc jaką dysponował gaz wypełniający piwnice wieżowca, według szacunkowych obliczeń autora, dorównywała sumarycznej mocy silników zamontowanych we wszystkich samochodach Polonez, które były wyprodukowane w FSO przez ostatnie pięć lat.

Jednym z dostępnych sposobów zapobiegania takim tragicznym wypadkom są elektroniczne czujniki gazu - konstrukcję takiego urządzenia przedstawiamy w artykule.

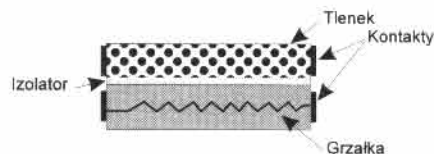


Bardzo dobrym porównaniem dla pomieszczenia wypełnionego wybuchową mieszanką jest komora spalania standardowego silnika spalinowego. Różnicą pomiędzy nimi jest tylko skala objętości. Silnik o pojemności 1,5 litra, zasilany ostatnio bardzo popularną mieszanką propanowo-butanową bez większego trudu rozpędza samochód o masie rzędu 1500kg. Kuchnia o powierzchni 12m² i wysokości 2.5m to objętość 30m³, czyli 30 000 litrów. W momencie wybuchu staje się ona komorą spalania o pojemności dwadzieścia tysięcy razy większą od komory spalania silnika!

Obliczmy więc, jaka siła będzie działać na każdy metr kwadratowy ściany naszej kuchni. Kuchnia ma wymiary 3 na 4 metry, czyli powierzchnia ścian i stropów wynosi 59 m². W wyniku wybuchu ciśnienie działające na ściany pomieszczenia wzrośnie nawet 2-krotnie, czyli na każdy centymetr kwadratowy będzie działać siła 2kG, zaś na każdy metr kwadratowy siła 10000 razy większa, czyli 20 ton. Na całą kuchnię wyniesie ona 1180 ton. Siła nacisku 400kG/m² jest przyjmowana dla stropów w pomieszczeniach magazynowych, gdzie z natury rzeczy te pomieszczenia są wypełnione towarami po sufit. Trzeba mieć jednak na uwadze,

że stropy są przystosowane do przenoszenia obciążeń działających poprzecznie. Ściany natomiast znakomicie wytrzymują naprężenia wzdłużne, natomiast są zdecydowanie słabsze dla obciążeń poprzecznych, a z takimi naprężeniami mamy do czynienia w momencie natarcia na nie fali uderzeniowej wybuchającego gazu. Jeśli nawet przyjmujemy, że stropy i ściany są obliczane na dopuszczalny nacisk 5-krotnie większy, to i tak wytrzymałość ścian budynku jest kilkakrotnie niższa od sił działających w momencie wybuchu. Nie powinny zatem dziwić obrazki dewastacji całego piętra budynku od wybuchu gazu w jednej małej kuchni.

Ten długi wstęp ma uzmysłowić Czytelnikom wagę problemu. Nawet drobnego wycieku gazu nie można bagatelizować. Metan jest gazem bezwonny, lżejszym od powietrza, zbiera się on przy suficie i tam należy spodziewać się jego największego stężenia. Do sieci trafia on wzbogacony mieszankami zapachowymi. Jednak, kiedy wyczuwamy zapach ulatniającego się gazu, jego stężenie przy suficie już dawno przekroczyło wartości bezpieczne. Wtedy iskra od włącznika światła czy niedokładnie przykręconej żarówki, żar palącego się papierosa, a nawet niewielkie wyładowanie elektro-



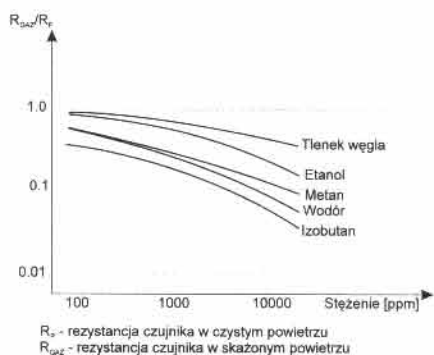
Rys. 1. Schematyczna budowa czujnika gazu.

statyczne na odzieży, może doprowadzić do zapłonu mieszanki powietrzno-metanowej.

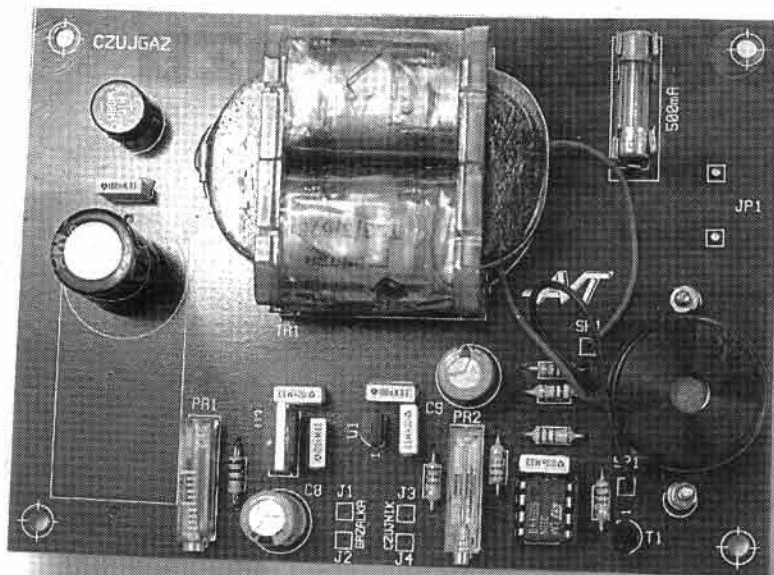
Opracowania naukowe ostatnich lat dostarczyły detektorów gazu kilkakrotnie czulszych od dotychczas stosowanych czujników katalitycznych. Ich zwiększona czułość zapewnia wykrycie stężeń bezpiecznych, ale już podwyższonych.

Schematyczną budowę czujnika pokazano na rys.1. Od dawna znanym zjawiskiem jest zmiana rezystancji rozgrzanej powierzchni tlenku półprzewodnika pod wpływem stężenia tlenu w powietrzu, np. poprzez wytworzenie próżni na tą powierzchnię. Najnowsze opracowania zapewniają wykorzystanie tego zjawiska w stosunku do innych gazów. Badany gaz uwalnia tlen zawarty w tlenku czujnika, dając w efekcie czysty półprzewodnik, który charakteryzuje się mniejszą rezystywnością (rezystancją właściwą) niż tlenek. Im większe stężenie wykrywanego gazu, tym proces wyrwania tlenu ze struktury czujnika zachodzi na coraz większej głębokości, a więc rezystancja czujnika zaczyna spadać zależnie od ilości gazu w powietrzu.

Spadek zawartości gazu w powietrzu daje efekt odwrotny: tlen z powietrza jest pochłaniany, łączy się z półprzewodnikiem i w ten sposób rezystancja rośnie. Wynika z tego, że czujniki tego rodzaju wymagają obecności tlenu



Rys. 2. Charakterystyki przejściowe czujnika AF50.



w mieszaninie gazów, więc ich pierwotnym zastosowaniem jest badanie obecności innych gazów w mieszaninie z powietrzem albo tlenem.

Materiały, z jakich wykonano te detektory zapewniają dużą selektywność, czyli czujniki odróżniają jeden gaz spośród wielu występujących w mieszaninie, znacznie słabiej reagując na gazy pozostałe. Oczywiście są też czujniki uniwersalne, które w podobnym stopniu wykrywają kilka gazów.

Do wad tych czujników należy zaliczyć silną zależność rezystancji rozgrzanej struktury od temperatury oraz od wilgotności względnej powietrza, które dociera do powierzchni czujnika.

Do konstrukcji tego detektora gazu został użyty czujnik AF50 produkcji japońskiej firmy Scimarrec. Oprócz właściwej struktury czujnika, posiada on wbudowaną grzałkę, rozgrzewającą czujnik do temperatury ok. 350°C. W takiej bowiem temperaturze zachodzą procesy dynamicznej wymiany tlenu pomiędzy strukturą czujnika a jego otoczeniem. Czujnik wymaga zasilania grzałki stabilizowanym napięciem 5V. Rezystancja rozgrzanego czujnika w czystym powietrzu wynosi ok. 10kΩ.

Na rys.2 pokazano zależność rezystancji czujnika unormowanej do jego rezystancji w czystym po-

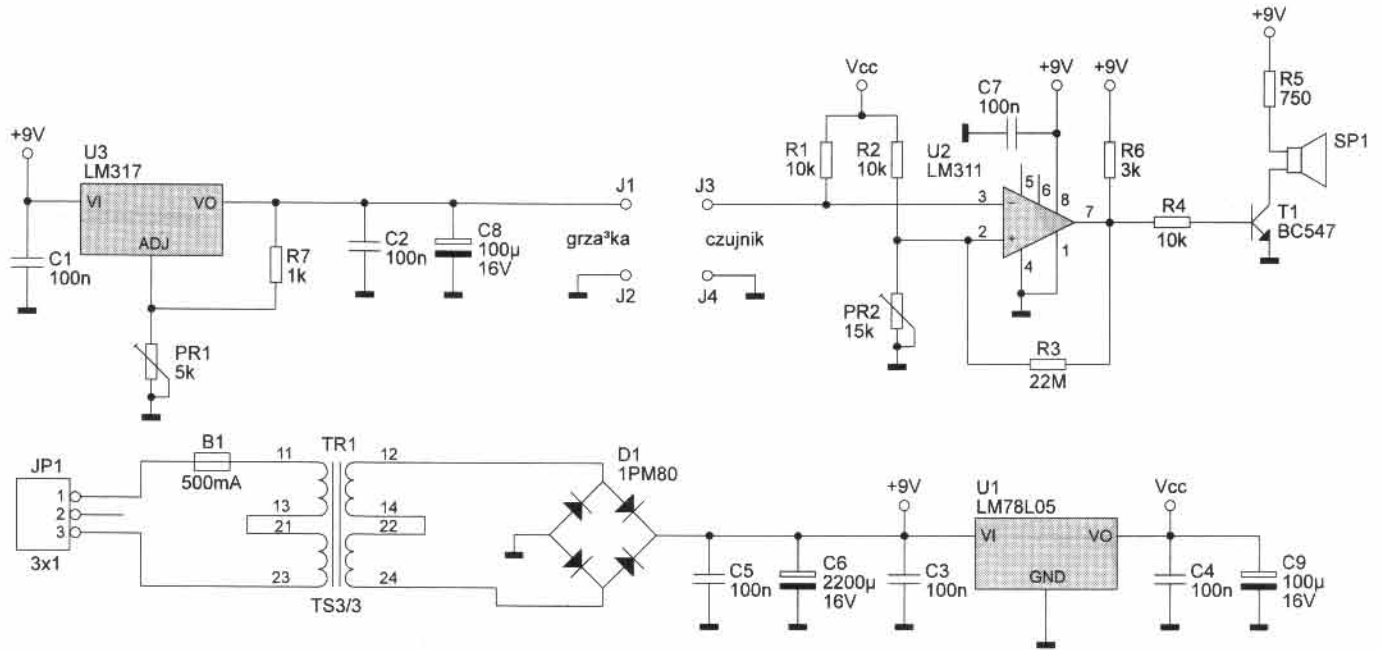
wietrzu. Na tym rysunku pojawiło się kilka krzywych, obrazujących tę zależność w odniesieniu do kilku gazów. Jest to więc czujnik uniwersalny, który pozwala na wykrywanie wielu gazów.

Oś pozioma wykresu została wyskalowana w ppm (1ppm = part per million = 10⁻⁶=0.0001%). Dla informacji, wybuchowe stężenie metanu w powietrzu zawiera się w przedziale 5-15%, czyli 50000-150000 ppm. Minimalna wartość stężenia, jaką można zmierzyć wynosi poniżej 1000ppm, a więc grubo przed wystąpieniem stężeń niebezpiecznych.

Opis układu

Na rys.3 przedstawiono schemat elektryczny detektora gazu. Układ składa się z dwóch części: zasilania czujnika i detektora progowego. Układ zasilania czujnika zapewnia poprawną i stabilną wartość napięcia zasilania grzałki czujnika. Został on zbudowany w oparciu o stabilizator regulowany LM317 (U3). Za pomocą wielobrotowego potencjometru PR2 ustalane jest precyzyjne napięcie 5V dla grzałki czujnika AF50. Drugi stabilizator U1 to układ LM78L05, który wytwarza napięcie odniesienia dla mostka pomiarowego.

Detektor progowy jest zbudowany w oparciu o komparator, ba-



Rys. 3. Schemat elektryczny detektora gazu.

dający stan kierunku nierównoważenia mostka rezystorowego, zbudowanego z rezystorów R1, R2, PR2 i rezystancji czujnika. Rezystory R1 i R2 mają tę samą rezystancję, czyli o kierunku nierównoważenia mostka decyduje relacja pomiędzy wartością rezystancji potencjometru nastawnego PR2 i rezystancją czujnika. Powietrze czyste otaczające czujnik AF powoduje, że jego rezystancja jest duża, większa niż rezystancja PR2. Na wyjściu komparatora U2 panuje napięcie bliskie zeru, co

powoduje zatkanie tranzystora T1. Pod wpływem obecności gazu w powietrzu rezystancja czujnika maleje, proporcjonalnie do jego stężenia. W momencie spadku rezystancji poniżej wartości ustalonej na potencjometrze PR2, na wyjściu komparatora będzie napięcie wysokie, nieco niższe od napięcia zasilania. Tranzystor T1 przejdzie do stanu nasycenia i włączy brzęczyk. Układ detektora pozostanie w tym stanie tak długo, póki rezystancja czujnika gazu nie powiększy się, czyli

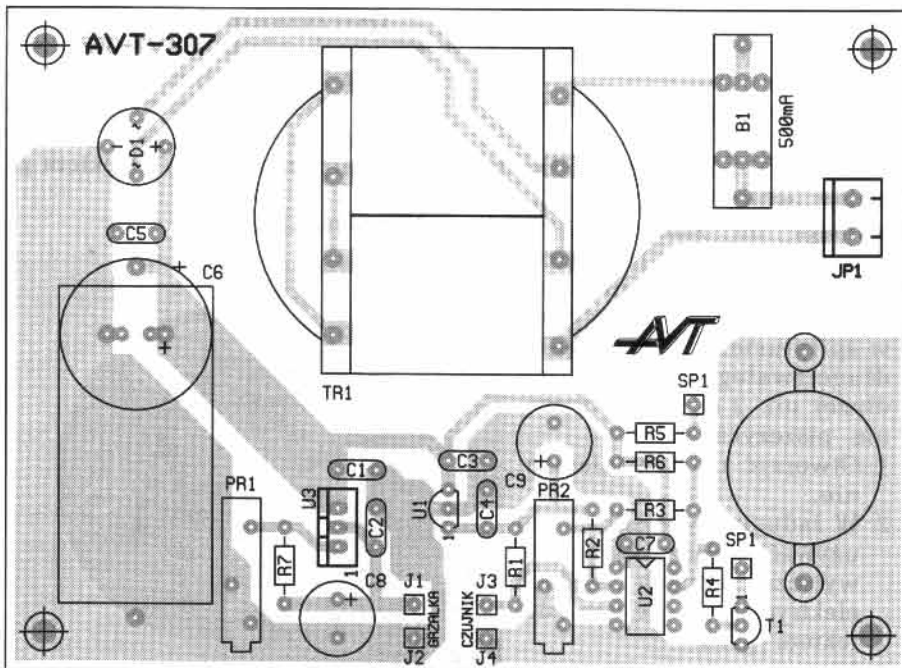
stężenie stanie się niższe od założonego. Rezystor R3 ustala wartość histerezy działania komparatora, zapewniając stabilne przełączenia pomiędzy dwoma stanami komparatora.

Montaż i uruchomienie

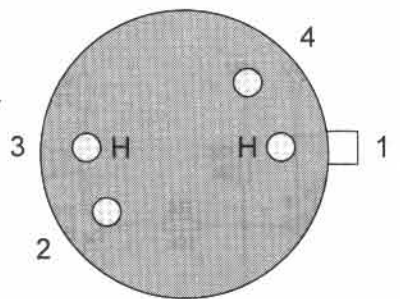
Płytką drukowaną jest przedstawiona na rys.4. Montaż zaczynamy od elementów najmniejszych, transformator zostawiając na sam koniec. Uruchomienie zaczynamy od ustalenia napięcia na wyjściu J1. Wykonujemy to za pomocą potencjometru nastawnego PR1. Napięcie to powinno wynosić $5,00 \pm 0,05V$. Napięcie wyjściowe z układu U1 powinno wynosić ok. 5V.

Następnym etapem uruchomienia jest podłączenie czujnika AF50. Na rys.5 pokazano rozmieszczenie wyprowadzeń czujnika AF50. Dodatkowym oznaczeniem nóżek 1 i 3 jest litera H, sugerująca, że są to wyprowadzenia grzałki (ang. heater). Łatwo to sprawdzić, dołączając do nich omomierz, który wykaże rezystancję około 20Ω. Przerwa w tym obwodzie świadczy o uszkodzeniu grzałki i taki czujnik jest bezużyteczny. Nóżki 2 i 4 mają rezystancję powyżej 20MΩ - czujnik jest zimny. Nóżki 1 i 3 podłączamy do punktów J1 i J2, zaś 2 i 4 do J3 i J4.

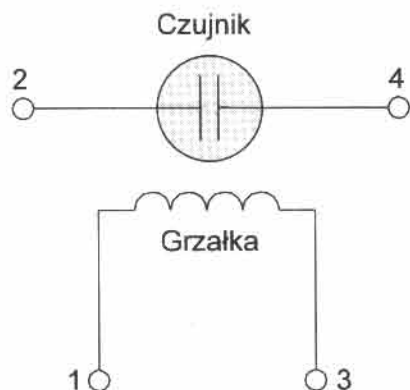
Ze względu na przypadkowe ustawienie PR2 może włączyć się



Rys. 4. Płytką drukowaną detektora gazu.



Widok od strony wyprowadzeń



Rys. 5. Rozmieszczenie wyprowadzeń czujnika AF50.

brzęczyk, skręcamy więc go do takiego poziomu, aby go wyłączyć. Jeśli piszczyk się nie odezwie, można sprawdzić jego działanie zwierając na chwilę (np. wkrętakiem) nóżki 3 i 4 komparatora U2. Brak pisku oznacza niesprawność w obwodzie sygnalizacji (uszkodzony U2, T1 albo sam piszczyk).

Tak uruchomiony układ wkładamy do uprzednio przygotowanego pudełka. W pudełku zostały wykonane dwa otwory, jeden o średnicy 12mm na czujnik i drugi o średnicy 4mm do przeprowadzenia przewodu sieciowego. Czujnik został przyklejony klejem termotopliwym, a przedtem przylutowano do niego cztery krótkie przewody połączeniowe. Otwory w płytce drukowanej są przeznaczone do mocowania płytki z obudową za pomocą wkrętów samogwintujących 2x5x6mm.

Po około 10 minutach od włączenia obudowa czujnika powinna być ciepła i wtedy dokonujemy wstępnej kalibracji detektora gazu. Kalibracja polega tu na pomiarze napięcia na nóżce 3 komparatora U2 i ustawieniu za pomocą PR2 80% odczytanej wartości z kolei

na nóżce 2 komparatora U2. Tak skalibrowany detektor gazu zbliżamy do źródła gazu (np. włączanego na chwilę palnika kuchennej gazowej). Piszczyk powinien się włączyć.

Ostateczna kalibracja detektora gazu wymaga wygrzewania czujnika przez ponad dwie doby. Po tym czasie dokonujemy kalibracji ponownie według tego samego schematu.

Instalacja detektora gazu

Detektor gazu powinien znajdować się w niewielkiej odległości (do 1m) od ewentualnego źródła wycieku gazu (kuchnia, terma, licznik gazowy, piec gazowy). Nie jest polecany montaż detektora w świetle okapu kuchennego ze względu na silny wpływ wilgoci na wskazania czujnika. Instalacja detektora gazu polega na zawieszeniu pudełka na ścianie, przy wykorzystaniu otworu wykonanego w tylnej ściance obudowy i włączeniu go do sieci. Obudowa właściwego czujnika gazu (wystającego z obudowy) nagrzewa się do temperatury 50°C, co jest zjawiskiem naturalnym.

Sprawdzenie działania detektora polega na odkręceniu kurka gazu na czas ok. 5 sekund przy braku przeciągu w pomieszczeniu i odczekaniu 1 minuty. W ciągu 1 minuty powinien włączyć się piszczyk detektora. W czasie eksploatacji detektora dłuższe otwarcie kurka gazu bez jego zapalania może dawać krótkotrwały alarm.

Eksploatacja detektora gazu

Detektor metanu powinien być ciągle włączony do sieci. Nie wymaga on żadnych zabiegów konserwacyjnych. Dopuszcza się czyszczenie obudowy czujnika szmatką umoczoną w spirytusie. W przypadku długotrwałego (trwającego dłużej niż 2 minuty) włączenia piszczyka należy:

1. Otworzyć okna w mieszkaniu.
2. W żadnym wypadku nie używać włączników, nie wyciągać żadnych urządzeń elektrycznych, w tym detektora gazu.
3. Nie używać otwartego ognia, nie wchodzić do po-

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

- R1, R2, R3, R4: 10kΩ
R5: 750Ω
R6: 3kΩ
R7: 1kΩ

PR1: potencjometr wielobrotowy 5kΩ

PR2: potencjometr wielobrotowy 15kΩ

Kondensatory

- C1, C2, C3, C4, C5, C7: 100nF
C6: 2200μF/16V
C8, C9: 100μF/16V

Półprzewodniki

- D1: mostek prostowniczy 1A/50V
T1: BC547
U1: LM78L05
U2: LM311
U3: LM317

Różne

- BT: wkładka bezpiecznikowa 500mA
SP1: 12V brzęczyk piezoelektryczny z wbudowanym generatorem
TR1: TS3/3
przewód sieciowy 190cm z płaską wtyczką

dejrzanego pomieszczenia z zapalonym papierosem.

4. Wezwać pogotowie gazowe, telefon ogólnopolski 992.

Otworzenie okien powinno spowodować spadek stężenia gazu do wartości bezpiecznych i wyłączenie alarmu.

Ostrzeżenie. W wybranych miejscach płytki drukowanej występują napięcia niebezpieczne dla życia. Należy zatem zachować szczególną ostrożność podczas uruchamiania układu detektora gazu.

Mirosław Lach, AVT

