

Dział „Projekty Czytelników” zawiera opisy projektów nadesłanych do redakcji EP przez Czytelników. Redakcja nie bierze odpowiedzialności za prawidłowe działanie opisywanych układów, gdyż nie testujemy ich laboratoryjnie, chociaż sprawdzamy poprawność konstrukcji. Prosimy o nadsyłanie własnych projektów z modelami (do zwrotu). Do artykułu należy dołączyć podpisane oświadczenie, że artykuł jest własnym opracowaniem autora i nie był dotychczas nigdzie publikowany. Honorarium za publikację w tym dziale wynosi 250,- zł (brutto) za 1 stronę w EP. Przesyłanych tekstów nie zwracamy. Redakcja zastrzega sobie prawo do dokonywania skrótów.

Automatyczny regulator klimatyzacji samochodowej (1)

Dodatkowe materiały na CD/FTP:
ftp://ep.com.pl, user: 16732, pass: 630v2nfb



Projekt
195

Utrzymanie stałej temperatury w kabinie samochodu nie jest łatwe, jeśli weźmie się pod uwagę kilka czynników: otwieranie i zamykanie drzwi oraz okien, zmienną temperaturę silnika i co za tym idzie – płynu chłodzącego w obwodzie nagrzewnicy oraz zmienną prędkość jazdy (większy lub mniejszy przewiew kabiny). Prezentowane urządzenie jest udogodnieniem dla posiadaczy starszych pojazdów samochodowych (zarówno bez jak i z klimatyzacją). Zastosowanie regulatora uwalnia ich od czynności związanych z utrzymaniem odpowiedniej temperatury wewnątrz pojazdu oraz dodatkowo ma kilka innych funkcji przydatnych w samochodzie.



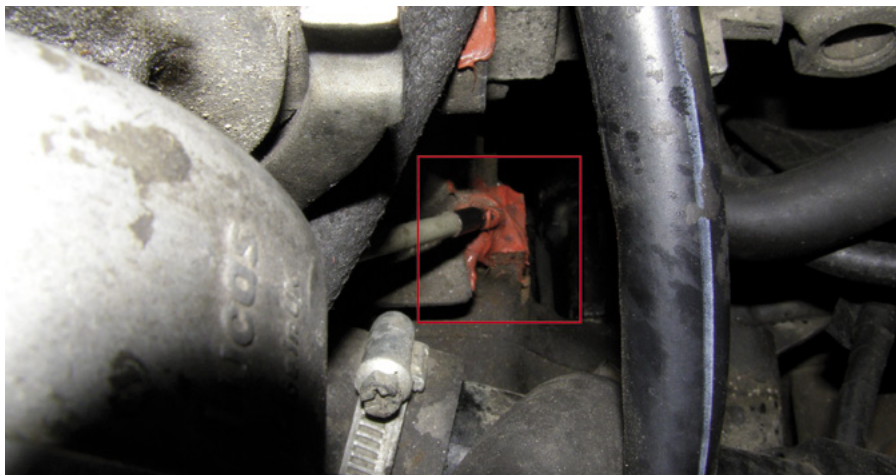
Regulacja temperatury w kabinie wielu pojazdów polega na ręcznym ustawianiu żądanej temperatury „na wycucie”, za pomocą suwaka lub pokrętki, bez skali w stopniach Celsjusza. Biorąc to wszystko po uwagę bierze pokusa, aby wprowadzić jakieś usprawnienia do instalacji ogrzewania pojazdu. Możliwości regulacji są oczywiście ograniczone, gdy nie bierzemy pod uwagę korzystania z klimatyzatora pojazdu. Jeśli jest zamontowany, warto go dołączyć do odpowiedniego wyjścia regulatora i ewentualnie dokonać niezbędnych zmian w programie.

Regulator może pracować w jednym z dwóch głównych trybów : automatycznym AUTO-REG lub sterowanym ręcznie MANU-AL-REG. W trybie AUTO-REG pierwszopla-

nowe zadanie, a więc regulacja temperatury, jest wykonywane z użyciem algorytmu regulacji PI. Regulacja tego typu ma miejsce na dwóch poziomach. Na poziomie pierwszym sterownik reguluje siłą nadmuchu powietrza do wnętrza pojazdu. Powietrze przechodzi m.in. przez nagrzewnicę nagrzewaną gorącym płynem chłodzącym, przy czym o stopniu jego przepływu decyduje stopień otwarcia zaworu elektromagnetycznego - i to jest właśnie drugi poziom regulacji. Służy do utrzymywania stałej temperatury nadmuchu.

Oba zadania realizowane są poprzez zmianę wypełnienia impulsów (PWM) docierających do wentylatora nawiewu oraz zaworu regulacyjnego nagrzewnicy. Zasada jest prosta: im większe zapotrzebowanie na

cieple lub zimne powietrze, tym większe wypełnienie impulsów docierających do wentylatora nawiewu, a co za tym idzie – jego większe obroty. O stopniu wypełnienia decyduje algorytm PI. Podobnie rzecz się ma ze sterowaniem zaworu nagrzewnicy, chociaż tym mechanizmem rządzą jeszcze inne, ciekawe zasady, o czym później. W praktyce okazało się niezbędne wprowadzenie trzeciego poziomu regulacji. Ten poziom zarządza dostarczaniem do pojazdu wyłącznika świeżego (w zasadzie - chłodnego) powietrza z zewnątrz. Jest to konieczne, by osiągnąć cel, którym jest utrzymanie zadanej temperatury w pojeździe przy w miarę stałej, nie za niskiej temperaturze nawiewu w okolicach nóg kierowcy i pasażera (w moim samocho-



Fotografia 1. Czujnik temperatury korpusu silnika

dzie ten kanał ciepłego powietrza jest połączony z kanałami bocznymi mającymi ujścia w okolicach przednich szyb bocznych).

Powietrze nieogrzewane z zewnątrz dostaje się do środka poprzez centralny, górny kanał, którego ujście jest wyposażone w przepustnicę. Stopniem jej otwarcia zarządza poziom trzeci regulatora. Tego poziomu nie uwzględniałem w pierwotnych planach. Ze względu na ograniczoną liczbę wejść/wyjść procesora okazało się konieczne zbudowanie dodatkowego modułu zarządzającego pracą przepustnicy. Tak powstał moduł sterujący silnikiem krokowym sprzęgniętym z mechanizmem przepustnicy i komunikujący się z regulatorem poprzez interfejs I²C. Zasada pracy trzeciego poziomu jest następująca: im większa odchyłka temperatury w pojeździe od zadanej w górę, tym szybciej i bardziej otwiera się przepustnica nawiewu chłodnego powietrza (i odwrotnie).

Jeśli już mowa o sterowaniu za pomocą modułu z silnikiem krokowym, warto by było może zastosować podobny zestaw również na drugim poziomie regulacji. Prawdopodobnie zapewniłoby to mniejsze straty energii oraz bardziej precyzyjny stopień regulacji. Pominęlibyśmy wtedy zawór elektromagnetyczny zastosowany w układzie, który

musi być zasilany w sposób ciągły i do tego ma nieliniową charakterystykę pracy. Niestety, nie odstąpiłem od swoich pierwotnych planów i do regulacji na tym poziomie wykorzystalem właśnie zawór elektromagnetyczny z instalacji grzewczej BMW. Być może nasunie się pytanie: Dlaczego pracą zaworu nagrzewnicy również steruje algorytm PI? Dzieje się tak z dwóch względów:

1. Praca zaworu, jest bardziej „płynna”, co przyczynia się do przedłużenia jego żywotności (trwałość uszczelki).
2. Temperatura nadmuchu jest bardziej stała, niż w wypadku trybu „otwórz/zamknij zawór”, co przyczynia poprawienia komfortu w kabinie auta.

Zatrzymajmy się przy tym poziomie regulacji. Jaką temperaturę nawiewu ma utrzymywać regulator? Ta temperatura jest zależna od wartości wstępnej, wprowadzonej przez użytkownika, a także od aktualnego zapotrzebowania na ciepło. W zależności od tego ostatniego poziomu regulacji, co określony czas (parametr wprowadzany przez użytkownika) do sumowanych wartości jest dodawany lub od nich odejmowany 1°C. Skutkiem tego w czasie grzania, gdy maksymalny nawiew ciepłego powietrza jest niewystarczający, stopniowo, wolno rośnie

temperatura zadana nawiewanego powietrza w celu zminimalizowania uchybu regulacji. Analogicznie, jeśli w kabinie nadmiernie wzrasta temperatura, zadana wartość temperatury nawiewu będzie stopniowo maleć (do wartości wstępnej). Celem opisanego mechanizmu jest to, by w kabinie panowała żądana temperatura z minimalną odchyłką, przy w miarę stałej temperaturze nadmuchu (odczuwamy wtedy w miarę niezmiennie „ciepelko” w okolicach nóg).

Regulator może pracować w trzech trybach: grzania, chłodzenia z klimatyzatorem lub chłodzenia bez klimatyzatora. Wybór trybu grzania lub chłodzenia jest wykonywany automatycznie zależnie od tego, czy odchyłka temperatury wewnętrznej względem zadanej przekroczy wartość histerezy w górę (załączy się tryb chłodzenia), czy w dół (tryb grzania).

Przełączenie na przeciwny tryb następuje dopiero po osiągnięciu przeciwnego, krańcowego punktu odchyłki. Skrócony algorytm regulacji zamieszczono w ramce.

Wentylator nawiewu zmienia obroty według algorytmu PI w zależności od temperatury wewnątrz kabiny, przy czym zależność to może od prędkości pojazdu. Większa prędkość może wymuszać zwiększony napływ powietrza do kabiny. Zatem w przypadku uaktywnienia omawianej funkcji (tryb ręczny, funkcje specjalne), zwiększająca się prędkość pojazdu będzie powodować spadek obrotów wentylatora, zarówno w funkcji chłodzenia jak i grzania. Te zmiany będą proporcjonalne do prędkości w zakresie wyznaczonym przez odpowiednie, krańcowe parametry wprowadzane w trybie programowania.

Wybranie tej opcji będzie wpływać na wentylator tylko w wypadku, gdy wartość temperatury wewnątrz będzie zawierać się w przedziale (\pm (histereza * mnożnik)) w stosunku do temperatury zadanej (tzw. „SLIM”).

W regulatorze przewidziałem też możliwość współpracy z klimatyzatorem samochodowym, choć nie testowałem go w połączeniu z nim. Oto zasada działania regulacji: **** jeśli regulator w trybie chłodzenia i wybrana opcja chłodzenia z „KLIMA” i temperatura wewnątrz wyższa od zadanej i ilość wzrostów temperatury w stosunku do wartości poprzednich osiągnęła wartość progno licznika [ClimDelayCounter]:

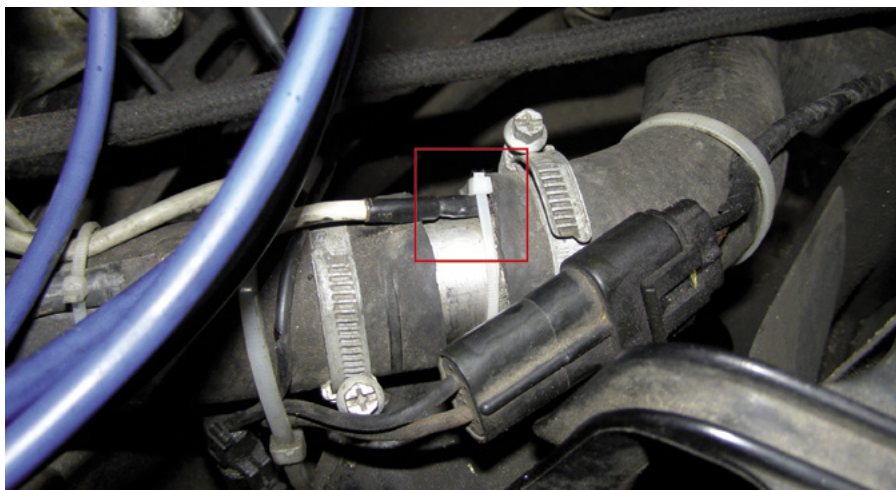
= załącz wyjście „KLIMY”

**** jeśli aktywne wyjście „KLIMY” i temperatura wewnątrz równa lub mniejsza od zadanej

= wyłącz wyjście „KLIMY”

Rozpatrzmy teraz pracę regulatora w trybie grzania i chłodzenia.

Gdy wchodzimy do „zimnego” samochodu, dopiero po kilkusekundowej zwłóce od momentu włączenia zapłonu, po uda-



Fotografia 2. Czujnik temperatury płynu w obiegu chłodnicy

nym rozruchu silnika, gdy temperatura cieczy chłodzącej osiągnie 35 stopni Celsjusza (upłynie trochę czasu), po 20 sekundowym opóźnieniu od tego momentu, uruchamia się wentylator – gwałtownie podnosząc obroty. Otwarty jest całkowicie zawór ciepłej cieczy chłodzącej. Następuje szybkie nagrzewanie wnętrza. Dopiero gdy do osiągnięcia temperatury zadanej brakować będzie (histereza * mnożnik) stopnia, uaktywni się drugi i trzeci poziom regulacji. Teraz zawór będzie pracował tak, by utrzymywać odpowiednią temperaturę nadmuchu. Jeśli będzie duże zapotrzebowanie na ciepło – przy maksymalnych obrotach wentylatora – stopniowo będzie się ona podnosić. W zależności od potrzeby zmieniać się też będzie uchylenie przepustnicy dopuszczającej zimne powietrze. Przepustnica otwierać się będzie dopiero wtedy, gdy temperatura wewnątrz przekroczy wartość (temperatura zadana + histereza). W innym wypadku będzie się zamykać, przy czym im większa różnica między temperaturą zadaną a temperaturą wewnątrz, tym z większą częstotliwością mechanizm przepustnicy będzie wyzwalany. Drugi i trzeci poziom regulacji wyłączy się, jeśli odchyłka temperatury wewnętrznej względem zadanej przekroczy wartość (histereza * mnożnik) stopnia w dół (regulator wejdzie znowu w maksymalne nagrzewanie – zawór całkowicie się otworzy, przepustnica zamknie) lub w górę (maksymalne chłodzenie – przepustnica otworzy się całkowicie, zawór utrzymywał będzie odpowiednią temperaturę nadmuchu lub całkowicie się zamknie).

Gdy wchodzimy do samochodu nagrzanego podczas postoju, dopiero po kilkusekundowej zwłoce od momentu włączenia zapłonu po udanym rozruchu silnika uruchamia się wentylator gwałtownie podnosząc obroty. O tym czy zawór ciepłej cieczy chłodzącej jest otwarty czy zamknięty, decyduje temperatura zewnętrzna oraz ustawiona przez użytkownika wartość wstępna temperatury nadmuchu. Jeśli ta wartość jest wyższa od temperatury zewnętrznej – zawór będzie pracował wg algorytmu PI, jeśli nie – całkowicie zostanie zamknięty. Przepustnica zacznie się zamykać, jeśli



Fotografia 3. Czujnik temperatury i wilgotności w kabinie

temperatura wewnątrz spadnie poniżej wartości (temperatura zadana – histereza). W innym wypadku będzie się otwierać. Teraz następować będzie chłodzenie wnętrza. Oczywiście jego skuteczność może być zerowa w wypadku, gdy nie korzystamy z klimatyzacji.

Algorytm regulacji PI

Regulator PI (Proportional-Integral Controller) składa się z członu proporcjonalnego P o wzmacnieniu Kp oraz całującego I o czasie całkowania Ti. Regulatory typu PI pozwalają na eliminację wolnozmiennych zakłóceń, a takie (wolnozmienna temperatura) występują w kabinie naszego pojazdu.

Regulator proporcjonalno – całkujący charakteryzuje się tym, że jego sygnał wyjściowy jest proporcjonalny do sumy sygnału wejściowego i całki sygnału wejściowego. Jedną część odpowiedzi skokowej regulatora PI jest proporcjonalna (P) do odchyłki regulacji, zaś druga jest całką (I) z odchyłki regulacji po czasie. Innymi słowy regulatory PI wzmacniają i całkują odchyłkę regulacji.

Regulator PI w stanie ustalonym sprawdzi uchyb regulacji do zera. Im jest większe wzmacnienie Kp oraz krótszy czas całkowania Ti, tym szybciej działa regulator, przy jednoczesnym zbliżeniu się do granicy stabilności.

Obsługa w trybie AUTO-REG

Nastawę temperatury wykonuje się za pomocą dwóch klawiszy: klawisza wyboru - [H1...H4] (każdy z zaprogramowaną, przypisaną mu temperaturą zadaną) oraz klawisza akceptacji – [V2]. W sytuacji, gdy zmieniamy temperaturę z większej na mniejszą i odchyłka przekroczy wartość histerezy „w górę”, uaktywni się tryb chłodzenia. Podobnie w drugą stronę: zmiana temperatury zadanej z mniejszej na większą, gdy odchyłka przekroczy wartość histerezy „w dół”, uaktywni tryb grzania.

Regulator ma funkcje specjalne, które uaktywniamy wchodząc do menu funkcji specjalnych (dłużej wciśnięty [V2]), takie jak:

1. Pełne chłodzenie bez klimatyzatora (zawór zamknięty, maksymalne obroty wentylatora) lub pełne chłodzenie z klimatyzatorem (to co powyżej plus załączenie wyjścia przekaźnikowego, pod warunkiem, że jest aktywna funkcja „KLIMY”) – przycisk [H1].
2. Pełne grzanie (zawór całkowicie otwarty, maksymalne obroty wentylatora) – [H2].
3. Nawiew na szybę przednią (zawór sterowany w zależności od temperatury wewnętrznej, maksymalne obroty wentylatora). W tym wypadku zachodzi, niestety, potrzeba odpowiedniego ustawienia regulatorów mechanicznych nawiewu,

Listing 1. Fragment programu odpowiedzialny za uzależnienie czasu grzania od temperatury zewnętrznej

```
// np. glasHeatSetVal = 1; // wprowadzona 1 minuta
// jeśli temperatura na zewnątrz większa od zero stopni
if ( temp_out_val > 0){
    if(flag == 1)
        GlasBackTimer = glasHeatSetVal * 60; //ustawianie czasu dla szyby
        //w sekundach
    else MirrTimer = mirrHeatSetVal * 60; //ustawianie czasu dla lusterka
}

//jeśli temperatura na zewnątrz mniejsza lub równa 0°C
else {
    s16 t = temp_out_val/10; //obcięcie części ułamkowej
    if(t < 0) t = (-t); //wartość bezwzględna
    if(flag == 1) GlasBackTimer = (t +2) * glasHeatSetVal * 60 ; // zwielokrotnianie
    else MirrTimer = (t +2) * mirrHeatSetVal * 60 ;
}

//dla temp_out_val = 5 (0,5 st.C): GlasBackTimer = glasHeatSetVal * 60 // 1 min
//dla temp_out_val = -5 (-0,5 st.C): GlasBackTimer = (0+2) * glasHeatSetVal * 60 // 2 min
//temp_out_val = -11 (-1,1 st.C): GlasBackTimer = (1+2) * glasHeatSetVal * 60 // 3 min
//temp_out_val = -139 (-13,9 st.C): GlasBackTimer = (13+2) * glasHeatSetVal * 60 //15 min
```

Algorytm regulacji

Ustawienie trybu pracy regulatora :

** jeśli regulator został włączony (stacyjka)

**** jeśli temperatura wewnątrz większa niż zadana :

= ustaw tryb chłodzenia

**** jeśli mniejsza :

= ustaw tryb grzania

***** jeśli równa :

***** jeśli temperatura na zewnątrz większa od wewnętrznej :

= ustaw tryb chłodzenia

***** jeśli nie :

= ustaw tryb grzania

** jeśli regulator pracuje ponad 200 ms

**** jeśli różnica między temperaturąadaną a temperaturą wewnątrz przekracza wartość dodatnią histerezy [tempHistSet] (ustawiana przez użytkownika)

= ustaw tryb grzania

** jeśli jest mniejsza od wartości ujemnej histerezy

= ustaw tryb chłodzenia

W dalszej części algorytmu przewidziano następujące sytuacje :

- pełne grzanie lub pełne chłodzenie (wybór użytkownika)
- nawiew na przednią szybę w celu jej odparowania lub odmrożenia (wybór użytkownika choć warto pomyśleć o „automacie”)
- praca klimatyzacji w trybie ręcznym (wybór użytkownika)
- zatrzymanie pracy regulatora (błąd czujnika temperatury wewnętrznej, zatrzymanie silnik pojazdu, ustawianie stałej kalibracji prędkościomierza, nieosiągnięta odpowiednia temperatura płynu chłodzącego w trybie grzania)
- praca regulatora (szczegóły poniżej)

Praca regulatora

Przypadek 1: Różnica temperatur zadanej i wewnątrz pojazdu jest większa od wartości dodatniej: (histereza *mnożnik) (**zbyt niska temperatura wewnątrz**)

- Pierwszy regulacji poziom pracuje wg algorytmu PI (siła nadmuchu rośnie, gdy zimniej lub w miarę upływu czasu).
- Zawór nagrzewnicy otwiera się maksymalnie.
- Moduł przepustnicy otrzymuje polecenie pełnego zamknięcia.

Przypadek 2: Różnica temperatur zadanej i wewnątrz pojazdu jest mniejsza od wartości ujemnej: (histereza *mnożnik) (**zbyt wysoka temperatura wewnątrz**)

- Poziom pierwszy pracuje wg algorytmu PI (siła nadmuchu rośnie, gdy cieplej lub w miarę upływu czasu).
- Jeśli temperatura na zewnątrz mniejsza od wstępnej temperatury zadanej nawiewu (ustawianej przez użytkownika) – drugi poziom pracuje wg algorytmu PI , utrzymując stałą temperaturę nadmuchu – jeśli odwrotnie – zamyka się zawór nagrzewnicy.
- Moduł przepustnicy otrzymuje polecenie pełnego otwarcia.
- Jeśli wybrano opcję chłodzenia z klimatyzacją – załącza się wyjście przekąźnikowe.

Przypadek 3: Temperatura wewnątrz pojazdu mieści się **w granicach** (\pm (histereza * mnożnik) stopnia w stosunku do temperatury zadanej (tzw. „SLIM”):

Ustalanie temperatury nawiewu

** jeśli wentylator pracuje na maksymalnych obrotach :

**** jeśli temperatura wewnątrz niższa od zadanej :

***** jeśli ilość spadków temperatury w stosunku do wartości poprzednich osiągnęła wartość [ActiveIntervSlim] (ustawianą przez użytkownika):

***** jeśli suma wartości nie przekracza temperatury cieczy chłodzącej : zwiększ sumę wartości o jeden stopień (temperaturęadaną nawiewu)

**** jeśli wentylator zatrzymany i temperatura wyższa niż (zadana + histereza) i prędkość pojazdu większa niż 20 km/h lub aktywny tryb chłodzenia i pracujący wentylator lub prędkość pojazdu większa niż 20 km/godz.

***** jeśli ilość wzrostów temperatury w stosunku do wartości poprzednich osiągnęła wartość [ActiveIntervSlim]:

***** jeśli suma wartości większa od wstępnej temperatury zadanej nawiewu = **zmniejsz sumę wartości o jeden stopień** (temperaturęadaną nawiewu)

Praca zaworu nagrzewnicy

- Jeśli pracuje wentylator lub prędkość pojazdu większa niż 20 km/godz., to drugi poziom pracuje wg algorytmu PI (zawór nagrzewnicy); jeśli nie – zawór zamyka się.

Obliczenie szybkości wyzwalania przepustnicy nawiewu na podstawie zaprogramowanego przez użytkownika czasu [throttlPeriodSet] oraz różnicy między temperaturąadaną a temperaturą wewnątrz (im mniejsza, tym dłuższy okres między impulsami wyzwalającymi).

Ustalenie kierunku pracy przepustnicy nawiewu

- w trybie grzania,
 - zamykanie – jeśli temperatura wewnątrz niższa od (zadanej+histereza),
 - otwieranie – jeśli inaczej.
- w trybie chłodzenia:
 - zamykanie – jeśli temperatura wewnątrz niższa od (zadanej-histereza),
 - otwieranie – jeśli inaczej

Praca wentylatora (pierwszy poziom - pracuje wg algorytmu PI)

- w trybie grzania – im chłodniej wewnątrz lub w miarę upływu czasu, tym obroty coraz szybsze,
- w trybie chłodzenia – im cieplej wewnątrz lub w miarę upływu czasu, tym obroty coraz szybsze.

aby skierować maksymalną ilość powietrza na szybę, chyba, że skonstruujemy SERVO (mamy jeszcze do dyspozycji wolne wyjście regulatora lub szynę I²C) – [H3].

4. Dodatkowa funkcja (nieużywana) – [H4].
5. Sterowanie nagrzewem tylniej szyby w trybie AUTO-REG (wyłączenie po czasie zależnym od temperatury zewnętrznej z uwzględnieniem parametru opóźnienia) – [V1].
6. Sterowanie nagrzewem lusterek – podobnie jak wyżej – wyłączenie nastąpi po czasie zależnym od temperatury zewnętrznej z uwzględnieniem parametru opóźnienia. Element grzejny lusterek to folia zwiększająca swą rezystancję w miarę nagrzewania. Jeśli nasze auto nie ma takiego udogodnienia jak podgrzewane lusterka, sami możemy dokonać przeróbki, wklejając folię na ich wewnętrzną stronę – [V2]. Dodatkowo, dla pełniejszej kontroli sterowania, warto wewnątrz lusterka zamocować czerwoną diodę LED („jaśniejszą”). Załączenie podgrzewania powoduje rozjaśnieniem obwódki lusterka, informując nas o załączeniu zasilania elementu grzejącego.
7. Dodatkowe wyjście 1 (nieużywane) – [V3].
8. Dodatkowe wyjście 2 („KLIMA” lub nieużywane) – [V4].

Ograniczniki czasowe nagrzewu lusterek i tylniej szyby

Wspomniany już wcześniej parametr opóźnienia, to czas (w minutach), wprowadzany przez użytkownika w menu programowania. Wprowadzenie 1 minuty, przy dodatniej temperaturze na zewnątrz, oznaczać będzie, że szyba lub lusterka ogrzewane będą przez minutę. Jeśli na zewnątrz jest temperatura zerowa lub ujemna, wprowadzony czas będzie odpowiednio zwielokrotniony (listing 1).

Obsługa w trybie MANUAL-REG

Do funkcji nagrzewania lusterek, szyby, załączenia wyjścia „KLIMY” lub dodatkowych wyjść mamy też dostęp w trybie MANUAL-REG po wejściu do funkcji specjalnych. Funkcje te pozbawione są jednak ograniczników czasowych (przydatne raczej do testowania). W tym trybie nie mamy dostępu do funkcji pełnego grzania lub chłodzenia oraz nawiewu na przednią szybę. Z czterech funkcji specjalnych, niezwiązanych ze sterowaniem wspomnianych wyjść, wykorzystaliśmy tylko jedną – opcja zmiany obrotów wentylatora nawiewu w funkcji prędkości pojazdu – przycisk [H1].

Wyjście „KLIMY” może służyć do innych celów, jeśli w menu programowania dezaktywujemy opcję „KLIMA”. Aby nadać mu inną funkcjonalność, niezbędne będzie dopi-

Listing 2. Fragment programu z adresami czujników temperatury

```
#define DS_SENSORS_COUNT 7 //ilość czujników
//deklaracja tablicy, która wypełni procedura podczas rejestracji :
u08 EEMEM DallasRomCod_EEMEM[DS_SENSORS_COUNT * 8];
//lub :
//deklaracja tablicy, która wypełniamy sami - wpisujemy ręcznie numery
seryjne, które już znamy:
u08 EEMEM DallasRomCod_EEMEM[DS_SENSORS_COUNT * 8] =
{
0X28,0X74,0XAD,0XCE,0x01,0X00,0X00,0X02, //temp_heater_val
0X28,0X71,0XC6,0XCE,0X01,0X00,0X00,0X88, //temp_in_val
0X28,0X4B,0X88,0XCE,0X01,0X00,0X00,0XE1, //temp_out_val
0X28,0X43,0X9D,0XCE,0X01,0X00,0X00,0XEE, //temp_wat1_val
0X28,0XB6,0X22,0X6C,0X01,0X00,0X00,0XF9, //temp_wat2_val
0X28,0XDC,0X7D,0XC7,0X01,0X00,0X00,0X32, //temp_mot_val
0X28,0X6A,0X13,0X66,0X01,0X00,0X00,0X12 //temp_glasb_val
};
```

Listing 3. Niektóre ważniejsze parametry wraz z aktualnymi wartościami wprowadzane w trybie programowania do EEPROM

```
//wzmocnienie PI dla 1-go poziomu regulacji (wentylator nawiewu)
FPgain = 100;
// czas całkowania PI dla 1-go poziomu regulacji
FIgain = 20;
//wzmocnienie PI dla 2-go poziomu regulacji (zawór nagrzewnicy)
VPgain = 390;
// czas całkowania PI dla 2-go poziomu regulacji
VIGain = 4;
//5600 Hz po przeliczeniu: FreqFanValICR=22
//częstotliwość sygnału zasilającego wentylator i zawór
FreqValFanTemp = 22;
//minimalne obroty wentylatora - parametr, podobnie
//jak trzy kolejne, określa procent wypełnienia sygnału
//PWM dla minimum i maksimum
FanByteDownICR = 0;
//maksymalne obroty wentylatora
FanByteUpICR = 100;
//ze względu na nieliniowy charakter pracy zaworu
//elektromagnetycznego konieczność ustawienia limitów
//otwarcia i zamknięcia :
ValveByteDownICR = 45; // minimalne uchylenie zaworu
ValveByteUpICR = 90; // maksymalne otwarcie zaworu
//czas rozruchu wentylatora (w moim przypadku nie zastosowane)
FanInitTime = 0;
//prędkość pojazdu (km/h) przy której następuje
//zwalnianie obrotów wentylatora nawiewu
FanVelDown = 90
//prędkość pojazdu przy której następuje zatrzymanie wentylatora
FanVelUp = 150
//wartości temperatur zadanych, odpowiadających klawiszom [H1- H4]
temp_set_val1 = 150
temp_set_val2 = 175 //17,5 st.C
temp_set_val3 = 190
temp_set_val4 = 200
//25,0 st.C minimalna temperatura nawiewanego powietrza
tempHeatSetVal = 250
//czas nagrzewania się szyby tylnej - ulegający zwielokrotnianiu
//przy zerowej lub ujemnej temperaturze na zewnątrz
glasHeatSetVal = 8;
//czas nagrzewania się lusterek bocznych (podobnie jak wyżej)
mirrHeatSetVal = 10;
//opcja z "KLIMĄ" lub bez
climaOptionFlag = 0;
//opóźnienie załączenia "KLIMY"
ClimDelay = 90;
//70,0 st.C //limit temperatury dla wody w chłodnicy lub
//temperatury silnika - ALARM (komunikat + sygnał dźwiękowy)
tempWatAlarmVal = 70;
//11,5V//limit napięcia zasilającego przed uruchomieniem
//silnika - OSTRZEŻENIE (komunikat + sygnał dźwiękowy)
BattAlarmInitVal = 115;
//limit napięcia zasilającego w trakcie pracy silnika-OSTRZEŻENIE
BattAlarmVal = 120;
(komunikat + sygnał dźwiękowy)
//opcja ze zmieniającymi się obrotami wentylatora nawiewu
//w funkcji prędkości pojazdu
CoolVelocityFlag = 1;
//odcinek drogi (km) wprowadzany w czasie kalibracji,
//potrzebny do obliczania prędkości i dystansu pojazdu
distanceKmRange = 36;
//na powyższy odcinek drogi składać się będzie taka ilość
//zliczonych impulsów
distanceImpulsRange = 225734;
//czas podnoszenia/opuszczania temperatury nawiewu
ActiveIntervSlim = 30;
//limit dystansu jazdy (350 km) dla LPG
//OSTRZEŻENIE (komunikat + sygnał dźwiękowy)
LpgLimit = 350;
//czas odliczany (zwielokrotniany) w trakcie pracy
//przepustnicy nawiewu chłodnego powietrza
throttlPeriodSet = 2;
// histereza (1,0) / mnożnik (2)
HistMult = 102;
```

sanie odpowiedniego fragmentu programu. W trybie MANUAL-REG mamy możliwość sterownia skokowego obrotami wentylatora (podobnie, jak to było w wypadku wyboru

temperatury zadanej w trybie AUTO-REG z tym, że klawisze mają na stałe przypisane prędkości obrotowe: 25/50/75/100%). Tym razem jednak użyć możemy dwóch klawi-

szy akceptacji, decydujących o tym, czy nadmuch ma być realizowany z otwartym, czy zamkniętym zaworem nagrzewnicy ([V1] – nawiew ciepłego powietrza, [V2] – zimnego). Wciskamy któryś z nich, po wciśnięciu klawisza wyboru prędkości obrotów ([H1– H4]). Wciśnięcie wyłącznie któregoś z ostatnich czterech, gdy wentylator pracuje w tym trybie, spowoduje jego wyłączenie.

Obsługa w trybach AUTO i HAND-REG

W obu trybach pracy możemy dokonywać przeglądu kilku parametrów, takich jak: temperatura wewnątrz, na zewnątrz, temperatura płynu chłodzącego w obiegu nagrzewnicy, chłodnicy, korpusie silnika, tylnej szyby, wilgotności w okolicach przedniej (**fotografia 6**) oraz tylnej szyby, napięcia akumulatora oraz prędkości pojazdu. Przeglądu dokonujemy w sposób ręczny lub automatyczny za pomocą przycisku [V4] (dłuższe przytrzymanie sprawi, że po zwolnieniu przycisku, wspomniane parametry będą „przewijane” automatycznie w sposób ciągły).

„Przewijaniu” tych parametrów, podobnie jak przewijaniu parametrów w trybie programowania oraz w sytuacji wystąpienia jakichś alarmów lub komunikatów o załączeniu określonych funkcji specjalnych, towarzy-



Fotografia 4. Czujnik temperatury w obiegu nagrzewnicy

zyć będzie charakterystyczne „turkotanie” (w rytm „przewijania” tekstu), pochodzące z przetwornika piezoelektrycznego.

Wciśnięcie [V2] umożliwia bezpośredni podgląd (w trybie AUTO-REG) lub podgląd, ustawianie i testowanie (w trybie HAND-REG) wyjść: wentylatora, zaworu, przepustnicy chłodnego powietrza oraz poziomu wystawiania panelu LED. Zakres wskazań i wartości ustawianych: 0 – 100%. Wskazania te poprzedzone będą (po wciśnięciu [V2]), wskazaniem trybu pracy regulatora (grzanie lub chłodzenie) a zakończone (po

wciśnięciu [V4]), testem wskaźników LED. Wskazania przewijamy za pomocą [V3]/[V4], a tryb ustawiania wyjść (wyłącznie w trybie HAND-REG) uaktywniamy przyciskiem [V2]. Dzięki temu mamy możliwość kontroli pracy poszczególnych węzłów regulatora jak i panelu komunikacyjnego. Np. w menu diagnostyki wentylatora, jeśli aktywna funkcja jego prędkości względem prędkości pojazdu oraz aktywna funkcja „SLIM”, podejrzec możemy, na górnym wyświetlaczu tę procentową wartość funkcji. Albo w menu diagnostyki przepustnicy, w trybie „SLIM” widzimy

REKLAMA

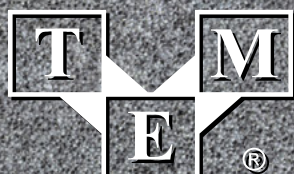


WYŁĄCZNY DYSTRYBUTOR FIRMY TALEMA NA POLSKĘ

PRODUCENT WYSOKIEJ JAKOŚCI KOMPONENTÓW PRZECIWKŁÓCENIOWYCH I TRANSFORMATORÓW

W ofercie firmy znajdują się:

- ✓ dławiki,
- ✓ cewki,
- ✓ transformatory,
- ✓ przekładniki prądowe.



Electronic Components

www.tme.pl

Transfer Multisort Elektronik

93-350 Łódź, ul. Ustronna 41, Polska, tel.: 42 645 55 55, fax: 42 645 55 00, e-mail: tme@tme.pl, www.tme.pl

na górnym wyświetlaczu upływający czas do kolejnego jej wyzwolenia.

Za pomocą przycisku [V1] (dłuższe przytrzymanie) wchodzimy w tryb ustawiania czasu. Krótkie jego wciskanie powoduje przełączanie z trybu AUTO na HAND-REG i odwrotnie. W trybie HAND-REG regulacja temperatury jest wyłączona.

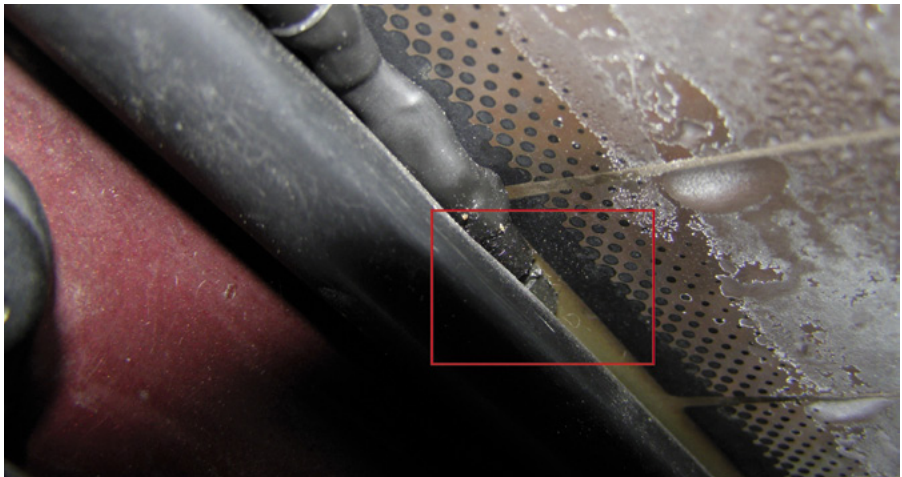
Za pomocą przycisku [V2] (krótkie wciśnięcie) wchodzimy do menu funkcji specjalnych, dłuższe wciśnięcie sprawi, że wejdziemy do menu programowania. Tutaj klawiszami [V3/V4] dokonujemy wyboru grupy parametrów. W grupie 1 ustawić możemy m.in. parametry PI, w grupie 2 – m.in. temperatury zadane dla poszczególnych przycisków [H1–H4]. Grupa 3 umożliwi dokonanie kalibracji czujników temperatury. Za pomocą przycisku [V2] wchodzimy w grupę lub potem uaktywniamy/kończymy edycję. Klawiszami [V3/V4] zmieniamy wartość. Przycisk [V1] służy do wychodzenia z danego menu.

Przycisk [V3] umożliwi nam wejście w podprogram przeglądu czasów i odległości. Za pomocą [V4]/[V3] przeglądamy następujące parametry: czas podróży z postojami, czas aktywnej jazdy, odległość[1], odległość przebytą na LPG, odległość[2]. Wszystkie parametry mogą być zerowane za pomocą [V2] (odległość[2] zerujemy przez dłuższe przytrzymanie przycisku).

Panel LED

Linijka LED odwzorowuje uchyb regulacji (temperatura rzeczywista względem zadanej). Środkowa dioda linijki sygnalizuje załączenie regulacji lub gdy miga (także w trybie HAND – REG) – usterkę (nieprawidłowość na szynie 1-Wire lub I²C, lub inne stany alarmowe). Na prawo od linijki umieszcziliśmy diody obrazujące stan wyjść: wentylatora, zaworu, „KLIMY” lub OUT4, OUT3, nagrzewu lusterek oraz tylnej szyby – odpowiadających przyciskom [V1]...[V4]. Stan pracy i pozycji przepustnicy jest sygnalizowany przez osobną diodę LED umieszczoną w pokrętle przepustnicy (rysunek 8). Na wyświetlaczach 7 – segmentowych widzimy, w trybie AUTO-REG – na górnym: czas lub przewijany naprzemiennie z czasem typ występującego alarmu lub nazwę aktywnej funkcji specjalnej. Na dolnym: temperatura wewnątrz, na zewnątrz oraz wilgotność nad tylną szybą.

Przyciski mają wbudowane diody LED. Zielone podświetlenie przycisku wskazuje na jego aktywność (gotowość do reakcji na wciśnięcie) lub aktywność funkcji, którą on reprezentuje w danym menu lub aktywne wyjście jemu przypisane. Czerwone oznacza, że jest on nieczynny lub dana funkcja lub wyjście jest nie aktywne. Wciśnięcie jakiegokolwiek przycisku, spowoduje zawsze chwilową zmianę koloru jego podświetlenia.



Fotografia 5. Czujnik temperatury tylnej szyby

Kalibracja prędkościomierza

Zadaniem prędkościomierza było w pierwotnym zamierzeniu to, by uwzględniając prędkość pojazdu wpływał na prędkość obrotów wentylatora nawiewu. Potem wykorzystaliśmy go w jeszcze innych procedurach regulacji.

Aby procesor dokonał dokładnych przeliczeń oraz by dostosować je do każdego pojazdu (układu impulsatora lub średnicy kół), niezbędne jest wykonanie procedury kalibracji. Po wejściu w odpowiednie menu potwierdzamy chęć wykonania procedury lub tylko oglądamy ustawione wartości. Gdy uaktywnimy procedurę, procesor w trakcie jazdy będzie zliczał impulsy przychodzące z impulsatora. Z menu możemy wyjść w każdej chwili, możemy też wyłączyć stacyjkę (zarazem regulator) i opuścić samochód. Procedura kalibracji w dalszym ciągu będzie aktywna gdy powrócimy do pojazdu i włączymy stacyjkę. Ważne jest to, byśmy pamiętali o odcinku przejeżdżanej trasy, bowiem w ustalonym przez nas momencie będziemy musieli, akceptując koniec procedury – wpisać tę wartość. Mikrokontroler wykorzystają ją do przeliczeń. Z praktyki wiem, że funkcja kalibracji z powodzeniem zdaje egzamin. Prędkość wskazywana po kalibracji pokrywa się ze wskazywaną przez GPS. Wartości ustalone po kalibracji warto sobie gdzieś zanotować. Gdybyśmy utracili je (wyzerowali) w regulatorze, np. niechcący aktywując procedurę kalibracji, możemy skorzystać z innego udogodnienia nie powtarzając całej procedury. Wchodząc do niej, możemy ustawić sobie wartość naliczonych impulsów korzystając z wewnętrznego timer'a procesora. Klawiszem „góra” zaczynamy/przyspieszamy zliczanie, klawiszem „dół” – zwalniamy/zatrzymujemy. Następnie wpisujemy wartość dystansu odpowiadającego zliczonym impulsom i po potwierdzeniu kończymy procedurę.

Rejestracja czujników temperatury

Aby był możliwy pomiar temperatury za pomocą jednej magistrali 1-Wire, konieczne jest wprowadzenie do pamięci procesora unikalnych numerów seryjnych poszczególnych

czujników. Możemy je wpisać do programu, zaprogramować EEPROM, a następnie podłączyć czujniki w odpowiednie miejsca w pojeździe lub skorzystać z odpowiedniej procedury rejestracji. Ta możliwość istnieje pod warunkiem zastosowania w regulatorze procesora o większej pamięci programu np. ATmega64 lub zrezygnowania z innych, istniejących procedur. Tworzenie programu zaczynałem od tej procedury, potem z niej zrezygnowałem na rzecz innych (**listing 2**).

W trakcie rejestracji zachęceni będziemy do kolejnego podłączania czujników w odpowiednie miejsca w pojeździe, pamiętając następnie o ich kolejnym rozłączeniu. Po podłączeniu czujnika wymagane jest potwierdzenie. Gdy procedura wygeneruje odpowiednią komendę, czujnik obecny na szynie odpowie podając swój numer seryjny. Jeśli nie figuruje on w tablicy numerów seryjnych, zostaje do niej dołączony. Teraz procedura oczekuje na odłączenie czujnika od magistrali, podłączenie kolejnego czujnika i ponowne potwierdzenie tych operacji. Brak czujnika, podłączenie tego, który został już przydzielony, obecnie co najmniej dwóch na magistrali będzie sygnalizowana odpowiednim komunikatem i wstrzyma rejestrację. W ostatnim etapie rejestracji deklarujemy, czy będziemy dokonywać pomiarów wilgotności. Po zakończeniu procedury podłączamy wszystkie czujniki. Możemy teraz odczytywać wartości poszczególnych punktów pomiarowych.

Czujniki

Temperatura jest mierzona w 7 punktach (**fotografia 1...5**). Czujniki temperatury płynu chłodzącego (w obwodzie nagrzewania reduktora LPG oraz za termostatem – w obiegu chłodnicy) zostały zamocowane na specjalnych, złączkach wciśniętych w rozcięte węże instalacji. W korpusie silnika czujnik temperatury został wciśnięty w wywiercony otwór, a następnie zabezpieczony silikonem przed wypadnięciem. Czujnik temperatury zewnętrznej konieczne trzeba umieścić z dala od źródeł ciepła (silnik, rura wydechowa).



Fotografia 6. Czujnik wilgotności przedniej szyby²

Czujnik temperatury wewnętrznej znajduje się za listwą wykończeniową nad tylną szybą. Czujnik temperatury nawiewu umieściłem w kanale nawiewnym w okolicach nóg. Czujnik temperatury tylnej szyby, podobnie jak pozostałe (nieostrzegalne dla oczu pasażerów) musi oczywiście ściśle przylegać do szyby. Czujniki wilgotności znajdują się nad przednią i tylną szybą. Czujniki temperatury szyby oraz wilgotności są związane z funkcją automatycznego ogrzewania szyby, która jeszcze nie jest zaimplementowana. Do pomiaru wilgotności względnej powietrza w pojeździe służy moduł SY-HS-230A. Zakres zmian wilgotności 10...90% (przy 25°C) odpowiada napięciu wyjściowemu modułu 0,58...2,87 V.

Wilgotnościomierz szyby przedniej to czujnik SYH-1 (nie jest zasilany napięciem przemiennym). By pomiar był dokładny, czujnik musi być włączony w odpowiedni obwód lub zamieniony na moduł SY-HS-230A, ale w tym celu jest konieczna zmiana w programie.

Regulator został tak skonstruowany, aby zachować dotychczasowy sposób sterowania ogrzewaniem pojazdu. Nawiew można załączyć skokowo, włącznikiem 4-pozycyjnym. Temperaturę wody nagrzewnicy można regulować suwakami przepustnicy. Jest to możliwe dzięki konstrukcji zaworu. Zawór niezasilony pozostaje otwarty. Przepustnicę nawiewu powietrza z zewnątrz można ustawiać ręcznie za pomocą pokrętki. Takie rozwiązanie umożliwia zachowanie funkcjonalności regulacji temperatury w razie np. awarii regulatora. Podobnie ma się rzecz z podgrzewaniem tylnej szyby – można je załączyć włącznikiem.

Na listingu 3 zamieszczono fragment programu zawierający niektóre ważniejsze parametry, które są stałe i zapisywane w pamięci Flash procesora wraz z programem sterującym.

Moduł sterowania przepustnicą

Do sterowania unipolarnym silnikiem krokowym sterującym przepustnicą zastosowano scalony, 8-kanalowy driver oparty na tranzystorach Darlingtona. Obciążalność każdego kanału wynosi 500 mA. Wykorzystując wszystkie kana-

ły i łącząc je równolegle po dwa, zwiększono ich wydajność prądową. Diody D6...D9 tworzą zabezpieczenie przed przedostaniem się do części sterującej napięcia z instalacji pojazdu.

Sygnal sterujący silnikiem to logiczna 1 „krążąca” na 4 wyprowadzeniach portu PD. Trafia ona w odpowiedniej kolejności na wejścia drivera powodując ruch obrotowy silnika. Jak można wywnioskować, podczas jego pracy, w każdym cyklu jest wykorzystywane tylko 25% wszystkich uzwojeń. Taki sposób sterowania nosi nazwę sterowania falowego, pełnokrokowego. Oczywiście, taki sposób sterowania sprawia, że nie wykorzystujemy maksymalnego momentu obrotowego silnika. Nie musimy tego robić: oszczędzamy energię, a silnik radzi sobie z wyznaczonym zadaniem. Ponadto, jak wynika z analizy programu, silnik nie jest zasilany w sposób ciągły, ale impulsowo. Wykonuje tylko skok, względnie serię skoków w celu uchylenia przepustnicy.

O kącie otwarcia przepustnicy decyduje o tym m.in. wartość napięcia podawana z potencjometru sprzężonego z jej kołem zębatym. Aby to dokładniej pojąć, prześledźmy dla przykładu podprogram otwierania przepustnicy – funkcja : [u08 open (u08 range)]. Znajdujemy tam pętlę, w której następuje przesunięcie w rejestrze procesora wspomnianej już „jedynki logicznej”, zapamiętanie aktualnej wartości napięcia z potencjometru, przepisanie bajtu z rejestru na wyjście procesora i odczekanie jakiegoś czasu na wykonanie ruchu silnikiem krokowym. Teraz nadchodzi czas na analizę pobranej właśnie próbki napięcia. Jeśli jej wartość jest wystarczająco większa od poprzedniej (rozpatrujemy tutaj zakres wyjściowy A/C tzn. 0...1024) to oznacza, że przepustnica otworzyła się w wystarczającym stopniu. Jeśli miała wykonać jeden skok, następuje wyjście z pętli. Jeśli miała otworzyć się całkowicie, wyjście z pętli następuje dopiero po wykonaniu wystarczającej ilości skoków do momentu osiągnięcia napięcia bliskiego 5 V z potencjometru (wartość A/C bliska 1024).

W podprogramie przewidziano też sytuacje awaryjne: blokada mechanizmu lub znaczne

jego opory, problem z silnikiem lub jego zasilaniem. Sytuacje takie są rozpoznawane wtedy, gdy różnica wartości wspomnianych wcześniej próbek jest zbyt mała (mechanizm nie zmienił położenia lub w niewielkim stopniu) i gdy nastąpi przepełnienie licznika [counterA]. Licznik ten zlicza nieudane próby ruchu mechanizmu. Jego przepełnienie skutkuje ustawieniem flagi błędu i migotaniem na czerwono diody LED w pokrętle przepustnicy. O tym fakcie oczywiście „dowie się” też regulator temperatury.

Sterownik reaguje na kilka komend wydawanych przez regulator:

- „otwórz lub zamknij o jeden stopień”,
- „otwórz lub zamknij całkowicie”,
- „zeruj”,
- „kalibruj”,
- „ustawiaj”.

Funkcja „kalibruj” umożliwia policzenie liczby skoków przepustnicy od zamknięcia do otwarcia, a następnie zapamiętanie ich w EEPROM. Następnie przepustnicy jest zamykana (przycisk [H1]). Tę procedurę wykonujemy właściwie raz. Normalnie, gdy chcemy przetestować pracę przepustnicy, w trybie MANUAL-REG wchodzimy do wspomnianego menu i za pomocą [V2] uaktywniamy edycję, w wyniku czego następuje wydanie przez regulator komendy „zeruj” (całkowite zamknięcie przepustnicy – pozycja „0”).

Teraz po wpisaniu zadanego stopnia otwarcia i potwierdzeniu za pomocą [V2], komendą „set” – wydawaną przez regulator, możemy ustawiać przepustnicę na określony procent otwarcia. Pomysł sterowania nie do końca zdaje egzamin. W całym zakresie jej pracy występują zmienne opory, co skutkuje niedokładnością jej pozycjonowania. Nie szukałem innego rozwiązania, bo i tak ustawianie „procentowe” wykorzystywane jest tylko w celu testowania przepustnicy.

Pomiędzy sterownikiem a regulatorem, poza komendami, następuje jeszcze wymiana innych danych. Sterownik przekazuje informacje o swoim statusie i ewentualnych błędach w nim powstałych. Regulator wysyła bajt sterujący intensywnością świecenia diody LED w pokrętle oraz wyjściami sterownika. Daje nam to możliwość poszerzenia liczby wyjść całego układu. Stąd też widoczne na schemacie tranzystory, w tym dwa przewidziane do sterowania przekaźników. Dwukolorowa dioda LED sygnalizuje stan pracy sterownika. Normalnie w spoczynku, gdy nie występuje żaden błąd, świeci na żółto. W wypadku błędu (zablokowanie, brak komunikacji z regulatorem) pulsuje na czerwono. Otwieranie lub zamykanie sygnalizowane jest błysnięciem – odpowiednio, na zielono lub czerwono (dioda świeci ciągle w trakcie otwierania lub zamykania na „full”). W zależności od oświetlenia wewnątrz kabiny, zmienia się przy tym intensywność jej świecenia.

Grzegorz Sipiara
dzesek@wp.pl