

# KONCEPCJA STEROWNIKA DO SILNIKA O ZAPŁONIE ISKROWYM DLA IDENTYFIKACJI TOKSYCZNOŚCI SPALIN W FAZIE ZIMNEGO ROZRUCHU I NAGRZEWANIA

Katarzyna GROCHOWSKA, Kazimierz LEJDA<sup>1</sup>

W artykule przedstawiono wstępny projekt sterownika do silnika o zapłonie iskrowym, przeznaczonego do badania emisji składników toksycznych w czasie zimnego rozruchu i nagrzewania.

## 1. WSTĘP

Współcześnie dąży się do jak największego ograniczenia emisji składników toksycznych w pojazdach. Względy ekologiczne spowodowały, iż cykle jezdne zaczęły uwzględniać fazę rozruchu i nagrzewania się silnika. Wysoka emisja składników toksycznych w tym okresie pracy silnika sprawiła, że aktualnie prowadzi się badania nad zmniejszeniem ich emisji. W artykule została przedstawiona koncepcja sterownika służącego do badań emisji składników toksycznych przez modyfikację parametrów eksploatacyjnych silnika spalinowego o ZI w fazie zimnego rozruchu i nagrzewania.

## 2. CZUJNIKI I ELEMENTY WYKONAWCZE W SILNIKU 1.6 MPI

Sterownik jest przeznaczony do silnika 1.6 MPI posiadającego seryjne oprzyrządowanie. W tabeli 1. przedstawiony jest wykaz elementów wykonawczych i czujników zastosowanych w silniku 1.6 MPI i sposób ich podłączenia do sterownika.

Tabela 1. Wykaz elementów oprzyrządowania silnika 1.6 MPI

Lp.	Element	Liczba sztuk	Liczba pinów	Zastosowane gniazdo
ELEMENTY WYKONAWCZE				
1.	Wtryskiwacz	4	2	XLR3
2.	Cewka dwubiegunowa	2	4	NC-4PIN
3.	Silnik krokowy	1	4	NC-4PIN
CZUJNIKI				
4.	Czujnik położenia przepustnic	1	3	XLR3
5.	Czujnik temperatury cieczy chłodzącej	1	2	NC-812
6.	Czujnik temperatury powietrza w układzie dolotowym	1	2	NC-812
7.	Czujnik ciśnienia bezwzględnego w układzie dolotowym	1	3	XLR3
8.	Czujnik prędkości obrotowej wału korbowego/położenia wału korbowego	1	3	NC-803
9.	Sonda lambda	1	1	BNC

Do sterownika doprowadzone są chwilowe wartości z czujników, takie jak: kąt położenia przepustnicy, prędkość obrotowa wału korbowego, położenie wału korbowego, temperatura i ciśnienie powietrza zasilającego, temperatura cieczy chłodzącej silnik, współczynnik nadmiaru powietrza. Wartości te stanowią sygnały wejściowe sterownika. W procesorze sterownika

<sup>1</sup> Mgr inż. Katarzyna Grochowska, Prof. dr hab. inż. Kazimierz Lejda (Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza, Zakład Pojazdów Samochodowych i Silników Spalinowych)

generowane są sygnały wychodzące (wzmacniane przez układy wzmacniające), wysyłane do elementów wykonawczych: wtryskiwaczy, dwubiegunowych cewek zapłonowych oraz silnika krokowego.

Na rys. 1. przedstawiono stanowisko do badania emisyjności silnika o ZI w czasie zimnego rozruchu w wyniku modyfikacji parametrów wtrysku i zapłonu.



Rys. 1. Widok stanowiska silnika 1.6 MPI do badania wpływu modyfikacji parametrów wtrysku i zapłonu na emisję składników toksycznych w czasie zimnego rozruchu silnika o ZI

### 3. INTERFEJS STEROWNIKA

Interfejs graficzny sterownika do badania wpływu modyfikacji parametrów zapłonu i wtrysku na emisję składników toksycznych w czasie zimnego rozruchu silnika o ZI (rys. 2.) został wykonany w programie Delphi XE.

Na początku pracy użytkownik w oknie „USTAWIENIA POCZĄTKOWE KOMUNIKACJI” wybiera port komunikacyjny, a następnie zatwierdza jego wybór przyciskiem „Zatwierdź”. Na etykiecie z prawej strony tego przycisku wyświetla się wówczas wybrany port. W wypadku wystąpienia błędów pojawia się okno z informacją o powstałym błędzie i z jego numerem.

W kolejnym oknie możliwe jest sterowanie silnikiem krokowym. Wykonuje się to poprzez wpisanie do okienka edycyjnego wartości wybranych stopni obrotu. Zatwierdzenie następuje poprzez przycisk „Zatwierdź”. Aktualne ustawienie kątowe w stopniach podane jest z prawej strony okna „SILNIK KROKOWY”.

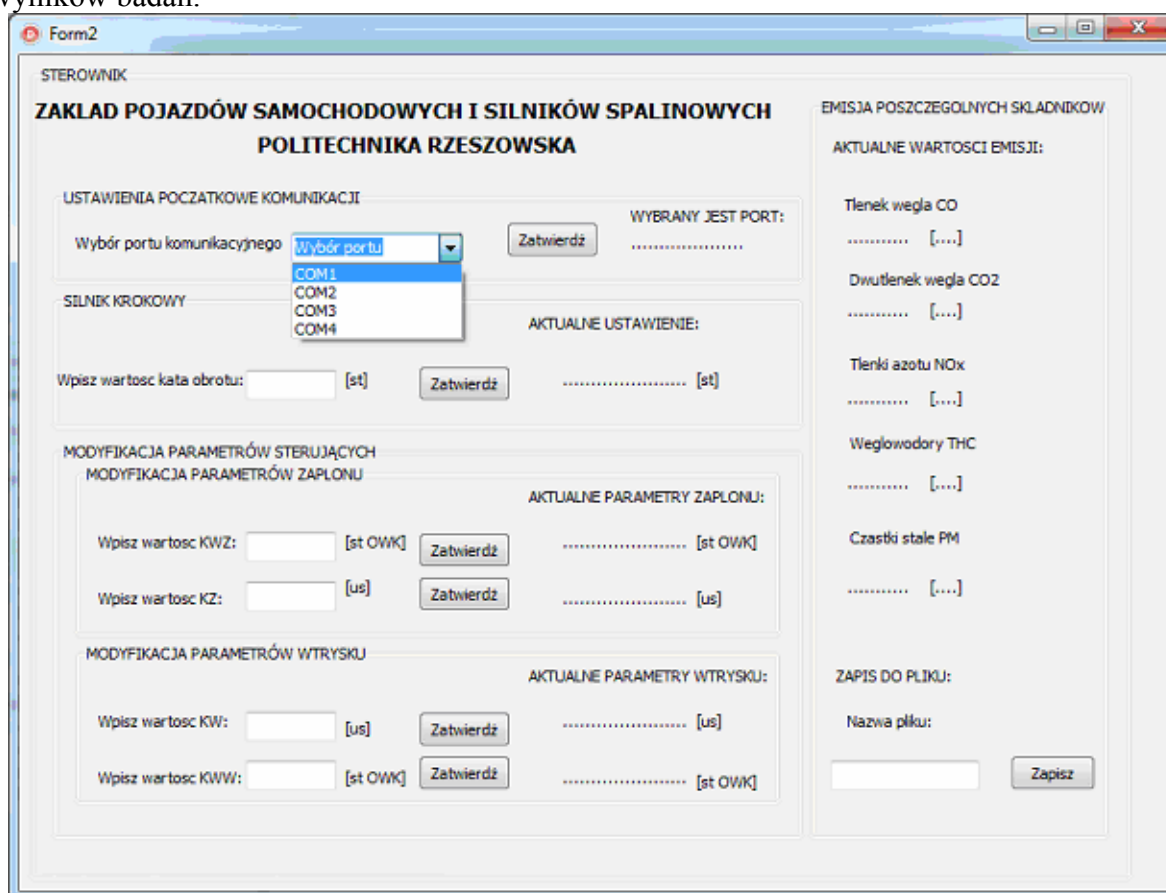
Modyfikacji parametrów sterujących zapłonu i wtrysku dokonuje się w oknie „MODYFIKACJA PARAMETRÓW STERUJĄCYCH” przedstawionym na rys. 2. Dla parametrów zapłonu możliwa jest modyfikacja kąta wyprzedzenia zapłonu KWZ oraz czasu zapłonu KZ. Pierwszą wartość zmieniamy wpisując w odpowiadające mu okno edycyjne

wartości kąta wyprzedzenia zapłonu w stopniach obrotu wału korbowego [st. OWK], natomiast drugą – poprzez wpisanie wartości czasu zapłonu w mikrosekundach w oknie edycyjnym poniżej [us]. Obydwie wartości zatwierdzamy naciśnięciem przycisku „Zatwierdź”. Kiedy parametry zostaną zastosowane przy sterowaniu wówczas pojawiają się w prawej części okna jako aktualne parametry zapłonu.

Analogicznie zadaje się parametry wtrysku: kąt wyprzedzenia wtrysku KWW w stopniach obrotu wału korbowego [st. OWK] oraz czas wtrysku KW podawany w mikrosekundach [us].

W prawej części interfejsu znajduje się okno „EMISJA POSZCZEGÓLNYCH SKŁADNIKÓW”. Wyświetlane są w nim aktualne wartości emisji badanych składników, takich jak: tlenek węgla CO, dwutlenek węgla CO<sub>2</sub>, tlenki azotu NO<sub>x</sub>, węglowodory THC, cząstki stałe PM. Obok wyświetlanych wartości znajdują się w nawiasach kwadratowych jednostki, które w celu ułatwienia badań mogą być modyfikowane.

Na dole okna znajduje się okienko edycyjne i przycisk „ZAPISZ”, umożliwiający zapis do pliku. W okienku edycyjnym użytkownik wpisuje nazwę pliku wraz z rozszerzeniem. Plik ten zostaje zapisany w lokalizacji określonej w programie. Zapis aktualnych wartości poszczególnych związków chemicznych emitowanych przez silnik wraz z aktualnie wybranymi jednostkami, wartości parametrów sterujących dla zadanych przez użytkownika parametrów zapłonu i wtrysku oraz chwilowych wartości pobranych z czujników silnika, pozwala na późniejszą analizę wykonanych badań i ich dokumentację. Dane te mogą być w ten sposób łatwo wyeksportowane do programów graficznych, co umożliwi zobrazowanie wyników badań.

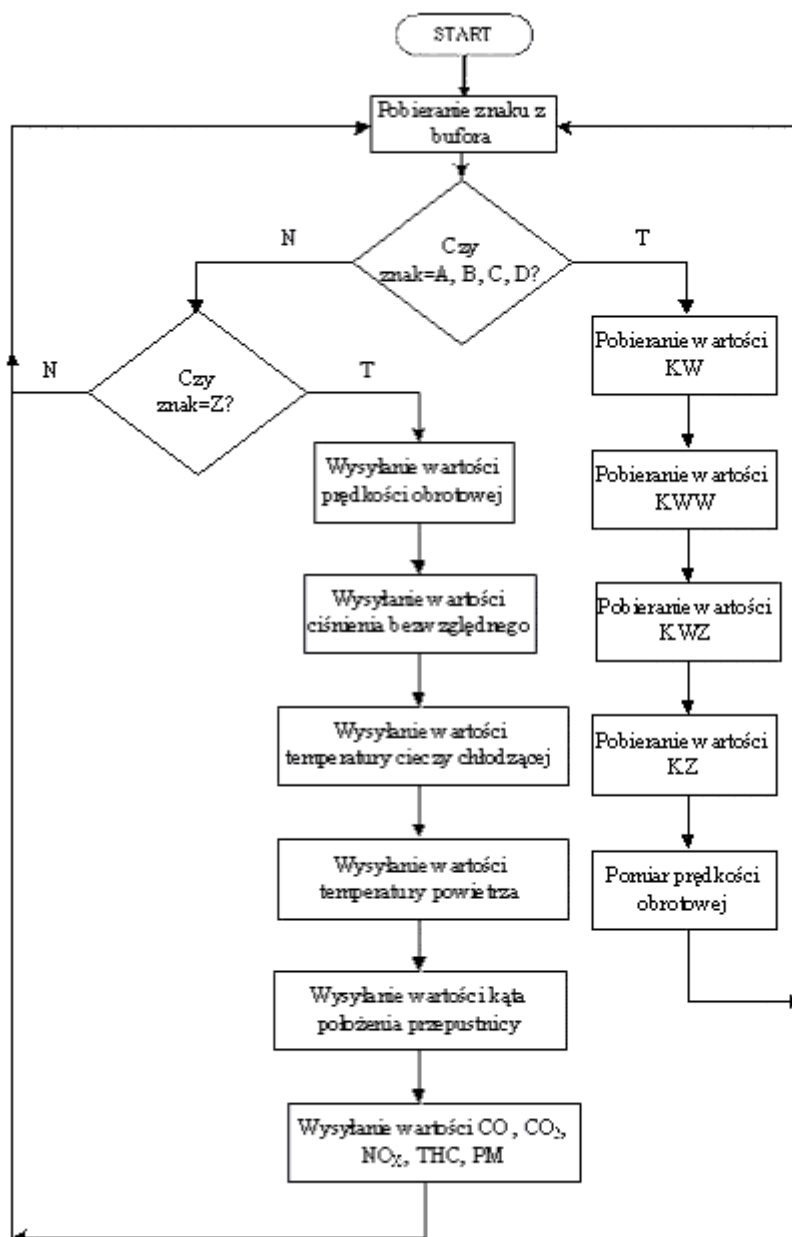


Rys. 2. Widok interfejsu sterownika do modyfikacji parametrów zapłonu i wtrysku

#### 4. OPROGRAMOWANIE STEROWNIKA

Program umieszczony w mikrokontrolerze ATmega rozpoczyna pracę od pobrania znacznika z bufora. Następnie sprawdzane jest, czy znak jest równy A, B, C lub D. Jeśli warunek ten jest spełniony, w wypadku znacznika A następuje pobranie wartości KW, dla znacznika B – pobranie wartości KWW i odpowiednio dla C wartości KZ, a dla D – KWZ. Później następuje pomiar prędkości obrotowej silnika i ponowne oczekiwanie na pobranie znaku z bufora.

W wypadku, gdy znak nie jest równy A, B, C lub D następuje sprawdzenie, czy znak jest równy Z. Jeśli znak  $\neq$  Z wówczas oznacza to zakłócenia w transmisji i powrót do początku programu pobierania znacznika. Jeśli znak = Z wówczas zostaną wysłane wartości prędkości obrotowej, ciśnienia bezwzględnego, temperatury cieczy chłodzącej silnik, temperatury powietrza w kanale dolotowym oraz kąta położenia przepustnicy. Później następuje transmisja dotycząca emisji mierzonych składników wydzielanych przez silnik. Jest to kolejno zawartość: tlenku węgla CO, dwutlenku węgla CO<sub>2</sub>, tlenków azotu NO<sub>x</sub>, węglowodorów THC i cząstek stałych PM.



Rys. 3. Ogólny schemat blokowy programu umieszczonego w sterowniku

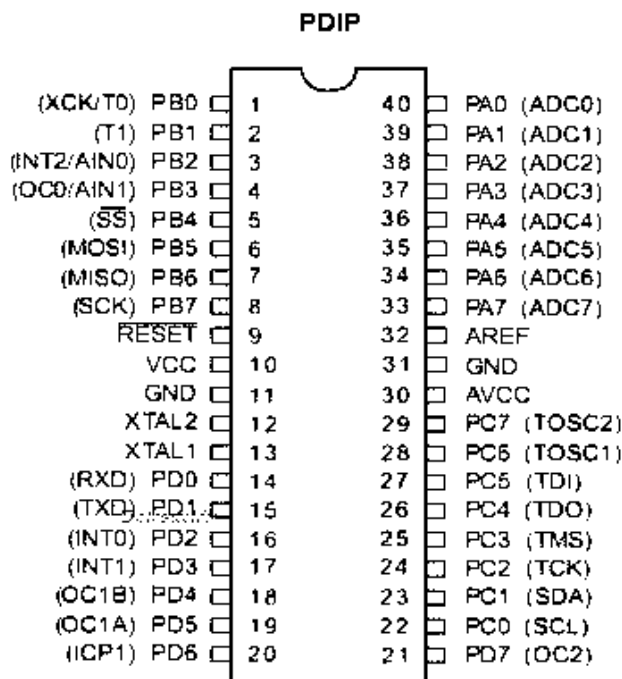
## 5. HARDWARE STEROWNIKA

Mikroprocesorem zastosowanym w projekcie jest ATmega32 DIP40. Jest on układem scalonym niskiej mocy. Ma 32k-bajtową pamięć Flash i 1k-bajtową pamięć EEPROM oraz 2k-bajtową wewnętrzną pamięć SRAM. Wyposażony jest w 8-kanalowy 10-bitowy konwerter analogowo-cyfrowy. Maksymalną częstotliwością taktowania jest częstotliwość 16 MHz. Przerwania mogą być wywoływane zarówno wewnątrz jak i zewnątrz.

Mikroprocesor ATmega32 jest wyposażony w licznik/czasomierz TIMER0. Jest on 8-bitowy i może zliczać impulsy zegara taktującego procesor doprowadzone do jego wejścia bezpośrednio lub przez prescaler lub zliczać impulsy doprowadzone do jednej z końcówek portów. Zliczanie może być w dowolnym momencie zatrzymane i wznowione. Licznik może być także źródłem przerwań. TIMER0 ma dużą rozdzielczość. Przy dużym podziale prescalera licznik jest użyteczny do odmierzania małych odcinków czasu, jednak nawet przy małym podziale prescalera TIMER0 zachowuje wysoką dokładność. 16-bitowy TIMER1 ma możliwość zliczania impulsów zegara taktującego procesor doprowadzonych bezpośrednio do wejścia lub przez prescaler oraz zliczania impulsów doprowadzonych do końcówki portu. Zliczanie może być zatrzymane i wznowione. Po przepelnieniu licznika może on generować przerwania. TIMER1 posiada dwa rejestry porównywania: Compare1A i Compare1B. Kiedy zostanie stwierdzone przez porównanie, że zawartość jednego z rejestrów jest równa wartości licznika, następuje realizacja przerwania. Trzecim timerem jest 8-bitowy TIMER2. W projekcie sterownika liczniki te są używane do generowania przerwań obsługujących KW, KWW, KWZ i KZ.

ATmega32 posiada 4 porty: PA, PB, PC i PD. Mogą one pracować jako wejścia lub wyjścia, czego dokonuje się poprzez wcześniejszą ich konfigurację jako input lub output. W trybie pracy output prąd wychodzący z pinów mikrokontrolera osiąga wartość  $I_{max} = 20\text{mA}$ .

Komunikacja z komputerem PC, w którym umieszczony jest interfejsu, jest realizowana przez układ MAX232, umożliwiający komunikację mikrokontrolera z PC. Jest on zasilany napięciem 5V. Sygnały ze sterownika są przekazywane na końcówkę TXD do końcówki MAX232  $T_{IN}$ . Sygnał z MAX232 jest wysyłany do złącza RS232 przez końcówkę  $T_{OUT}$ . Sygnały z PC są przekazywane na  $R_{IN}$ , zaś stamtąd z końcówki MAX232  $R_{OUT}$  do pinu RXD ATmega32.



Rys. 4. Konfiguracja pinów w mikrokontrolerze ATmega32 DIP40 [7].

Sinusoidalny sygnał z czujnika indukcyjnego prędkości obrotowej wału korbowego jest poddawany obróbce polegającej na odcięciu górnej części impulsu i wyprostowaniu sygnału. W takiej formie podawany jest na bramkę tranzystora bipolarnego i powoduje pojawienie się impulsu na wejściu mikrokontrolera.

Do pinów portu A mikrokontrolera, wyposażonego w 10-bitowy przetwornik analogowo-cyfrowy, podłączone są: czujnik położenia przepustnicy, czujnik temperatury powietrza, czujnik temperatury spalin i czujnik ciśnienia bezwzględnego. Pozwala to na przetworzenie danych sygnałów analogowych na cyfrowe i dalszą ich obróbkę w programie zawartym w pamięci sterownika.

Do mikrokontrolera podłączone są ponadto złącza z analizatorów spalin, co pozwala na pobranie wartości emisji składników emitowanych przez silnik, przekazanie ich przez RS232 do PC i zapisanie ich w pliku wraz z chwilowymi wartościami z czujników oraz aktualnymi parametrami sterującymi.

## **6. PODSUMOWANIE**

Konkludując, opisany sterownik do sterowania parametrami wtrysku i zapłonu, przeznaczony do pracy na stanowisku hamownianym z silnikiem o zapłonie iskrowym, pozwala na bieżącą modyfikację parametrów, takich jak: kąt wyprzedzenia wtrysku, czas wtrysku, kąt wyprzedzenia zapłonu i czas zapłonu. Posiada on możliwość zapisywania chwilowych wartości z czujników silnika wraz z parametrami sterującymi oraz emisji składników wydzielanych przez silnik, co pozwala na późniejszą analizę wyników. Dzięki zastosowaniu sterownika możliwe jest wykonanie dokładnych badań odnośnie emisji szkodliwych składników wydzielanych przez silnik o zapłonie iskrowym w fazie zimnego rozruchu i nagrzewania, a w konsekwencji podjęcie odpowiednich kroków w celu ich zmniejszenia.

## **LITERATURA**

- [1] Baranowski R.: Mikrokontrolery AVR ATmega w praktyce. Wydawnictwo BTC, Warszawa 2005.
- [2] Doliński J.: Mikrokontrolery AVR w praktyce. Wydawnictwo BTC, Legionowo 2008.
- [3] Gibek Z.: Bascom Basic AVR Help. MCS, 2005.
- [4] Wiązania M.: Programowanie mikrokontrolerów w języku Bascom. Wydawnictwo BTC, Warszawa 2004.
- [5] Informator techniczny BOSCHA. Sterowanie silników o zapłonie iskrowym. Układy Motronic. WKiŁ, Warszawa 2004.
- [6] Informator techniczny BOSCHA. Sterowanie silników o zapłonie iskrowym. Zasada działania. WKiŁ, Warszawa 2008.
- [7] <http://circuits.datasheetdir.com/18/ATMEGA32-pinout.jpg>

## **A CONCEPT OF A SPARK IGNITION ENGINE CONTROLLER**

A concept of a spark ignition combustion engine controller for research emission during a cold start and warming of engine are presented in this paper.