

JAN KOCHAŃSKI

WSP w Bydgoszczy

KONCEPCJA CYFROWEGO REGULATORA KĄTA WYPRZEDZENIA ZAPŁONU SILNIKA SPALINOWEGO

1. Wstęp

W Zakładzie Podstaw Techniki Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Bydgoszczy wykonano model cyfrowego regulatora kąta wyprzedzenia zapłonu. Układ poddany zostanie następującym badaniom:

- laboratoryjne próby konstruktorskie,
- współpraca układu z silnikiem spalinowym w warunkach laboratoryjnych na hamowni silników,
- badania eksploatacyjne.

Obecnie układ przechodzi badania konstruktorskie. Uzyskane pozytywne wyniki potwierdzają słuszność przyjętej koncepcji, jednak pełnej oceny układu będzie można dokonać dopiero po zakończeniu pozostałych badań.

2. Struktura i działanie układu

Schemat blokowy regulatora przedstawiono na Rys. 1. Impulsy z czujnika prędkości obrotowej wału korbowego po przejściu przez układ kształtujący i bramkę B1 zliczane są przez licznik L1. Liczba zarejestrowanych impulsów /stan licznika/ A_{L1} zależy od czasu zliczania i częstotliwości zgodnie z zależnością

$$A_{L1} = f \cdot T_w \quad /1/$$

gdzie:

f - częstotliwość impulsów

T_w - czas zliczania

A_{L1} - stan licznika L1

W układzie przyjęto stały czas zliczania $T_w = \text{const}$, oraz

$$f = k \cdot n \quad /2/$$

gdzie:

k - współczynnik zależny od liczby otworów tarczy pomiarowej

n - prędkość obrotowa wału korbowego

uzyskując liniową zależność stanu licznika od prędkości obrotowej

$$A_{L1} = X_7 \cdot 2^7 + X_6 \cdot 2^6 + \dots + X_0 = \int \{kT_w n\} = n_{L1} \cdot \frac{1}{\Delta n} \quad /3/$$

gdzie:

n_{L1}

- prędkość obrotowa obliczona ze wskazań licznika, będąca wielokrotnością bezwzględnej "niedokładności" pomiaru Δn

Δn

- bezwzględna "niedokładność" pomiaru odpowiadająca jednemu zarejestrowanemu impulsowi

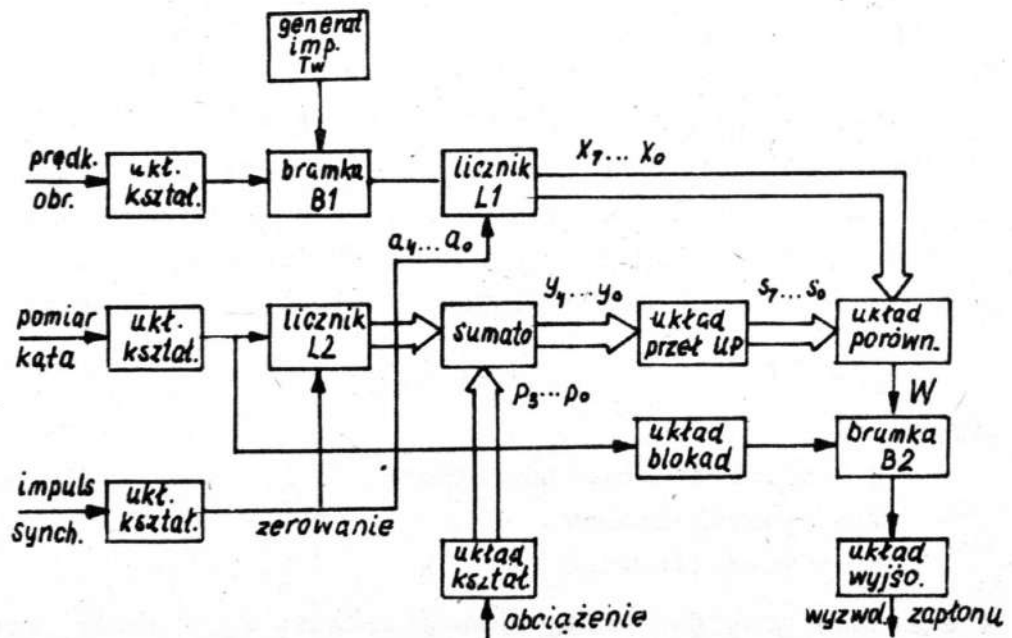
X_7, X_6, \dots, X_0

- zmienne binarne na wyjściu licznika

$\int \{kT_w n\}$

- funkcja schodkowa wyrażenia $kT_w n$

/jeśli np. $kT_w n = 102,41$, to $\int \{kT_w n\} = 102$



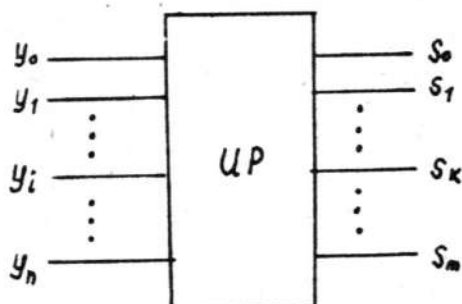
Rys. 1. Schemat blokowy cyfrowego regulatora kąta wyprzeczenia zapłonu

Po zakończeniu pomiaru prędkości rozpoczyna się pomiar kąta położenia wału korbowego. Impulsy z czujnika położenia kąowego rejestruje licznik L2. Kombinacja binarna zmiennych wyjściowych a_4, a_3, \dots, a_0 odpowiadająca aktualnemu położeniu wału /w odniesieniu do punktu ZZ/ jest "korygowana" w sumatorze przez kombinację zmiennych p_3, p_2, \dots, p_0 zależną od stopnia obciążenia silnika. Sumator realizuje następujące funkcje logiczne:

$$y_k = a_k \oplus p_k \oplus c_{k-1} \quad /4/$$

przy czym $k \in \{0, 1, 2, 3, 4\}$
 a_k, p_k - odpowiadające sobie bity dodawanych liczb dwójkowych
 c_{k-1} - przeniesienie z poprzedniej pozycji

Otrzymana w wyniku dodawania kombinacja binarna zmiennych y_4, y_3, \dots, y_0 steruje układem przełączającym UP, którego schemat blokowy przedstawia Rys.2.



Rys.2. Schemat blokowy układu przełączającego

Działanie tego układu opisuje zespół funkcji wyjścia /5/

$$s_k = f_k / y_0, y_1, \dots, y_i, \dots / \quad /5/$$

$$s_k \in \{0, 1\} \quad k = 0, 1, \dots, 7$$

$$y_i \in \{0, 1\} \quad i = 0, 1, \dots, 4$$

Punktem wyjścia do wyznaczenia zależności /5/ jest charakterystyka schodkowa /6/ przedstawiona na rys.3.

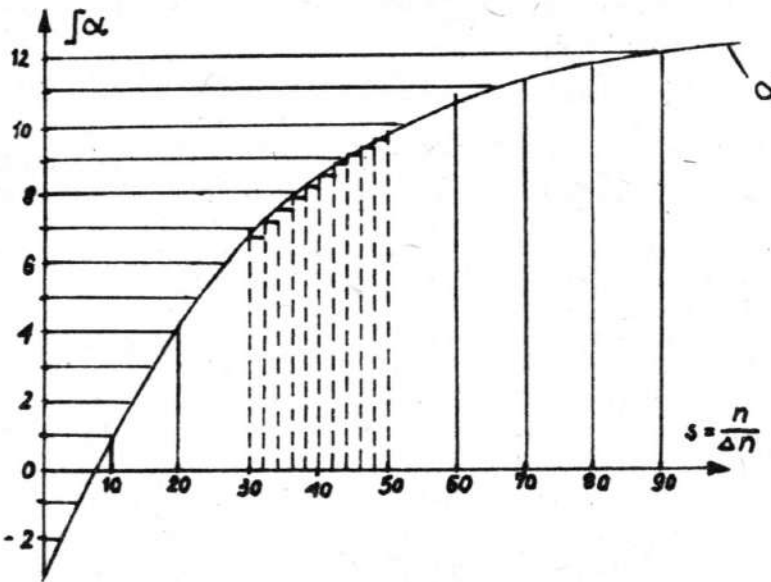
Funkcja $\alpha = f/n$ przedstawia optymalną zależność kąta wyprzedzenia zapłonu od prędkości obrotowej.

$$\int \alpha = \int f/n/ \quad /6/$$

Przyjęto, że w punktach nieciągłości tzn. dla $n = s \cdot \Delta n$ wartość funkcji schodkowej jest równa jej prawostronnej granicy a więc

$$\int \alpha = \int f/n/ = \int f [/s \cdot \Delta n/+] \quad /7/$$

s - liczba całkowita 0, 1, 2, 3, ...



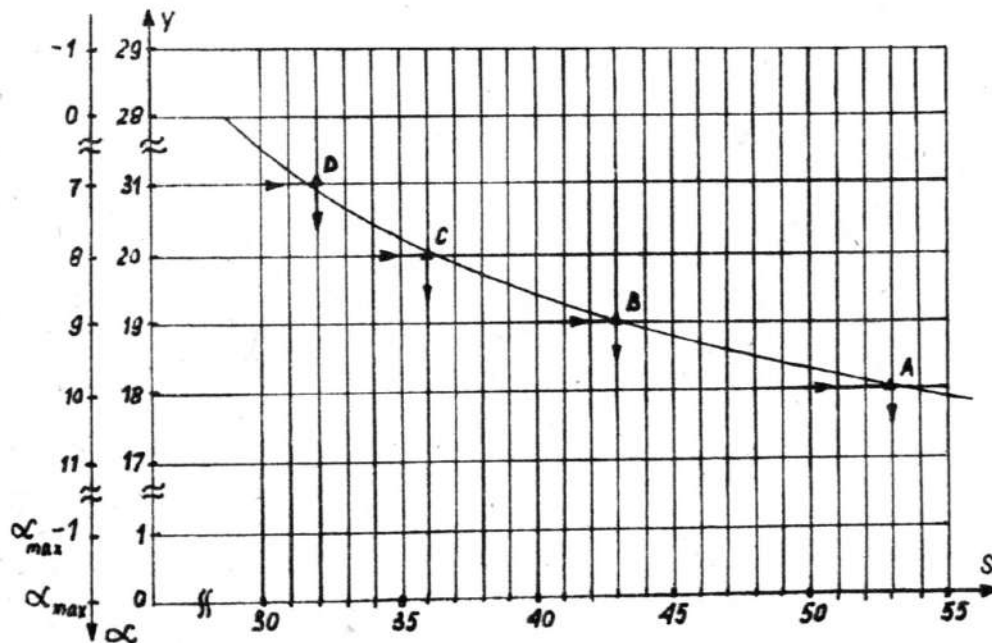
Rys. 3. Funkcja schodkowa $\int \alpha = \int f/n/$

Ponieważ pomiar kąta oraz prędkości obrotowej odbywa się skokowo z dokładnością względną równą jeden a także mając na uwadze to, że stan licznika L2 rośnie proporcjonalnie ze zmniejszaniem się kąta α /dla $t=0, \alpha=\alpha_{max}$ /, funkcje wyjścia można wyznaczyć z "wykresu" punktowego /rys. 4/. Punkty ..., A, B, C, ... wynikają ze skwantowania charakterystyki /6/ w pionie i poziomie ze skokiem równym jeden. Każdemu punktowi przyporządkowano jednoznacznie dwie liczby całkowite dziesiętne /współrzędne/ $(Y)_{10}$ oraz $(S)_{10}$. Rzędne $(Y)_{10}$ tych punktów przedstawiają kolejne następujące po sobie stany licznika L2 wyrażone w kodzie dziesiętnym, odpowiadające aktualnemu położeniu kątowemu wału korbowego, natomiast

odcięta $(S)_{10}$ wynika bezpośrednio z funkcji schodkowej /6/ w punktach nieciągłości leżących najbliżej charakterystyki dla danej rzędnej. Jednoznaczność przyporządkowania wymaga, aby współrzędne punktów /Rys.4/ tworzyły ciągi monotoniczne. Z rozwinięcia binarnego współrzędnych wszystkich punktów...A,B,C... otrzymujemy zespół funkcji wyjścia określonych zależnością /5/, przy czym s_k oznacza k-ty bit liczby $(S)_2$, natomiast y_i i-ty bit liczby $(Y)_2$.

Punktom B i C na przykład B /19, 43/, C /20, 36/ można przyporządkować następujące kombinacje binarne.

	$(Y)_2$	$(S)_2$
.....
pkt B	$y_4 \bar{y}_3 \bar{y}_2 y_1 y_0$	$\bar{s}_7 \bar{s}_6 s_5 \bar{s}_4 s_3 \bar{s}_2 s_1 s_0$
pkt C	$y_4 \bar{y}_3 y_2 \bar{y}_1 \bar{y}_0$	$\bar{s}_7 \bar{s}_6 s_5 \bar{s}_4 \bar{s}_3 s_2 \bar{s}_1 \bar{s}_0$
.....



Rys.4. Wykres punktowy do wyznaczenia funkcji wyjścia wg zależności /5/

Korekcja kąta wyprzedzania zapłonu np. o wartość $P=M$ /wynikającą z obciążenia/polega na przesunięciu punktów ...,A,B,C,... o M jednostek "w dół". Podziałkę na osi liczbowej α /rys.4./ naniesiono zakładając, że $Y=A$ tzn. dla $P=0$.

Rys.5. przedstawia tablice Karnaugh funkcji wyjścia układu przełączającego dla samochodu PF-125p. Odpowiadają im następujące wyrażenia logiczne /8.0 + 8.7/:

$$s_0 = y_4 \bar{y}_3 y_2 y_0 + \bar{y}_4 y_2 \bar{y}_0 / y_3 \oplus y_1 / + \bar{y}_4 y_3 \bar{y}_2 \bar{y}_1 \bar{y}_0 + \bar{y}_4 \bar{y}_3 \bar{y}_2 \bar{y}_1 \bar{y}_0 + y_0 / y_4 \oplus y_2 / \quad /8.0/$$

$$s_1 = y_2 \bar{y}_1 \bar{y}_0 + y_2 y_1 y_0 / y_4 \oplus y_3 / + y_4 y_3 y_2 y_1 \bar{y}_0 + \bar{y}_4 \bar{y}_2 y_1 \bar{y}_0 + y_4 \bar{y}_2 y_1 y_0 + \bar{y}_4 \bar{y}_3 \bar{y}_2 \bar{y}_1 \bar{y}_0 + \bar{y}_4 y_3 \bar{y}_2 \bar{y}_1 \bar{y}_0 \quad /8.1/$$

$$s_2 = \bar{y}_4 \bar{y}_3 \bar{y}_0 y_2 \bar{y}_1 + \bar{y}_4 y_3 y_2 \bar{y}_1 \bar{y}_0 + \bar{y}_4 \bar{y}_3 y_2 y_0 + y_4 \bar{y}_2 y_1 y_0 + y_4 \bar{y}_3 y_2 y_1 \bar{y}_0 + \bar{y}_4 \bar{y}_2 \bar{y}_1 y_0 + \bar{y}_4 \bar{y}_3 \bar{y}_2 \bar{y}_1 \bar{y}_0 \quad /8.2/$$

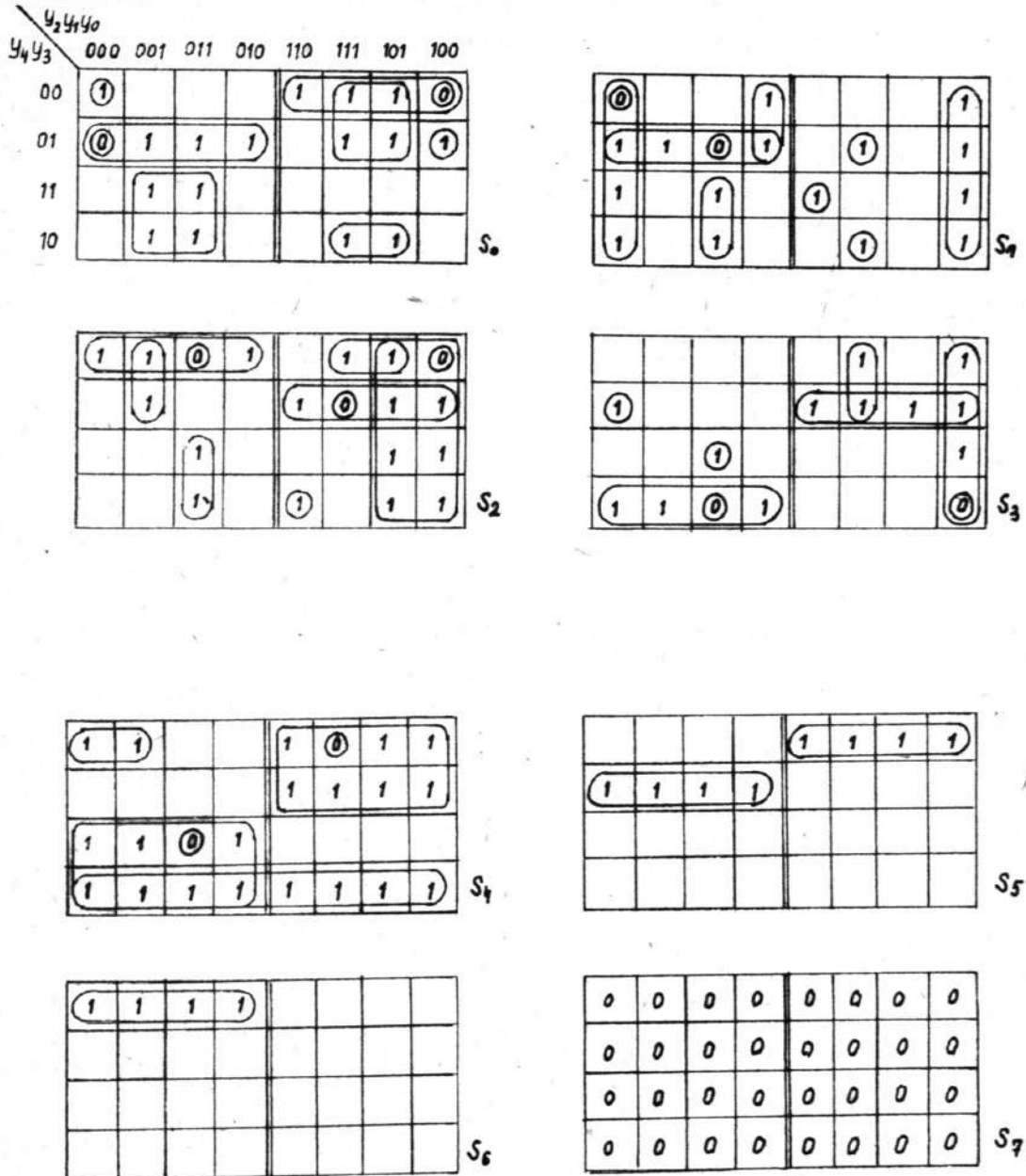
$$s_3 = \bar{y}_4 \bar{y}_3 y_2 \bar{y}_1 \bar{y}_0 + \bar{y}_4 y_2 y_1 y_0 + y_4 \bar{y}_3 \bar{y}_2 y_1 y_0 + \bar{y}_4 y_3 y_2 + y_4 y_3 \bar{y}_2 y_1 y_0 + \bar{y}_4 y_3 \bar{y}_2 \bar{y}_1 \bar{y}_0 \quad /8.3/$$

$$s_4 = y_4 \bar{y}_3 + y_4 \oplus y_2 + \bar{y}_4 \bar{y}_3 \bar{y}_2 \bar{y}_1 \quad /8.4/$$

$$s_5 = \bar{y}_4 / y_3 \oplus y_2 / \quad /8.5/$$

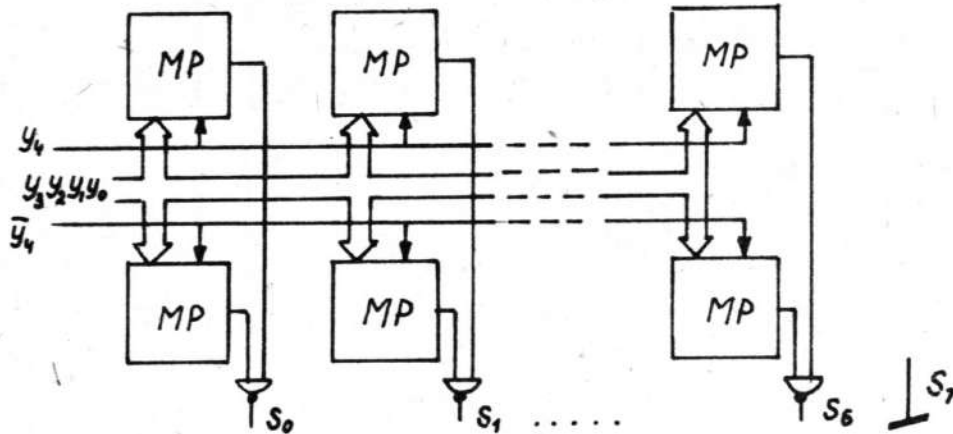
$$s_6 = \bar{y}_4 \bar{y}_3 \bar{y}_2 \quad /8.6/$$

$$s_7 = 0 \quad /8.7/$$



Rys.5. Tablice Karnaugh układu przełączającego dla samochodu PF-125p

Z uwagi na możliwość dokonania ewentualnych zmian charakterystyki $\alpha = f/n$ przedstawione w tablicach zależności zrealizowano na 16-wejściowych multiplekserach sterując wejście strobujące bitem o najwyższej wadze. Schemat blokowy tego układu przedstawia Rys.6.



Rys.6. Schemat blokowy układu przełączającego MP - multiplekser 16-wejściowy

Ośmiobitowa liczba dwójkowa $(S)_2$ określona przez wyjścia układu przełączającego porównywana jest na "bieżąco" ze stanem licznika L1.

$$(S)_2 = s_7 s_6 s_5 s_4 s_3 s_2 s_1 s_0 \hat{=} (S)_{10} = s_7 \cdot 2^7 + s_6 \cdot 2^6 + \dots + s_1 \cdot 2 + s_0 \quad /9/$$

W momencie stwierdzenia, że $(S)_2 \leq (A_{L1})_2$, układ porównujący w koniunkcji z układem blokad otwiera bramkę B2 inicjując wyzwolenie wyjściowego układu zapłonowego.

Równanie opisujące związek logiczny wyjścia z wejściami układu porównującego jest następujące [2]:

$$W = \prod_{i=0}^7 \overline{X_i \oplus s_i} + \sum_{j=0}^6 \bar{X}_j \cdot s_j \prod_{m=j+1}^7 \overline{X_m \oplus s_m} + \prod_{i=0}^7 \overline{X_i \oplus s_i} \quad /10/$$

to znaczy

$$W = 0 \quad \text{dla } (S)_2 > (A_{L1})_2$$

$$W = 1 \quad \text{dla } (S)_2 \leq (A_{L1})_2$$

gdzie:

$$(A_{L1})_2 = X_7 X_6 X_5 X_4 X_3 X_2 X_1 X_0 \quad /11/$$

Układ porównujący zbudowano na komparatorach cyfrowych UCY 7485. Po zakończeniu wszystkich badań regulatora opublikowana zostanie właściwa ocena zalet i wad proponowanego rozwiązania konstrukcyjnego.

LITERATURA

- [1] Demidowicz R., Łasiewicki S., Elektrotechnika samochodowa Polski Fiat, WKiŁ, Warszawa 1977
- [2] Kalisz J., Cyfrowe układy scalone w technice systemowej, WMON, Warszawa 1977
- [3] Konopiński M., Elektronika w technice motoryzacyjnej, WKiŁ, Warszawa 1977
- [4] Praca zbiorowa pod kierunkiem Henryka Małysiaka: Układy przełączające w automatyce przemysłowej. Zadania WNT, Warszawa 1981
- [5] Węgrzyn S., Podstawy automatyki, PWN, Warszawa 1980

CONCEPTION OF THE NUMERICAL REGULATION OF THE LEAD ANGLE IN
IGNITIONS OF I.C. ENGINES

Summary

The article deals with a version of a numerical system of regulation of the lead angle in ignitions of I.C. engines, mostly with the representation $\alpha = f/n$ characteristics of the lead angle in rotational speed function with numerical signal in natural binary code.

КОНЦЕПЦИЯ ЦИФРОВОГО РЕГУЛЯТОРА УГЛА ОПЕРЕЖЕНИЯ ЗАЖИГАНИЯ
В ДВИГАТЕЛЕ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Содержание

В статье описано одну версию цифровой системы регулирования угла опережения зажигания двигателей внутреннего сгорания, при- том наиболее отведено места скопированию характеристики

$\alpha = f/n$ угла опережения зажигания функции вращатель- ной скорости при помощи цифровых сигналов в натуральном дво- ечном коде.