

DUER Stanisław, ZAJKOWSKI Konrad, SOKOŁOWSKI Stanisław

POMIAR SYGNAŁÓW W SILNIKU BENZYNOWYM TYPU MOTRONIC

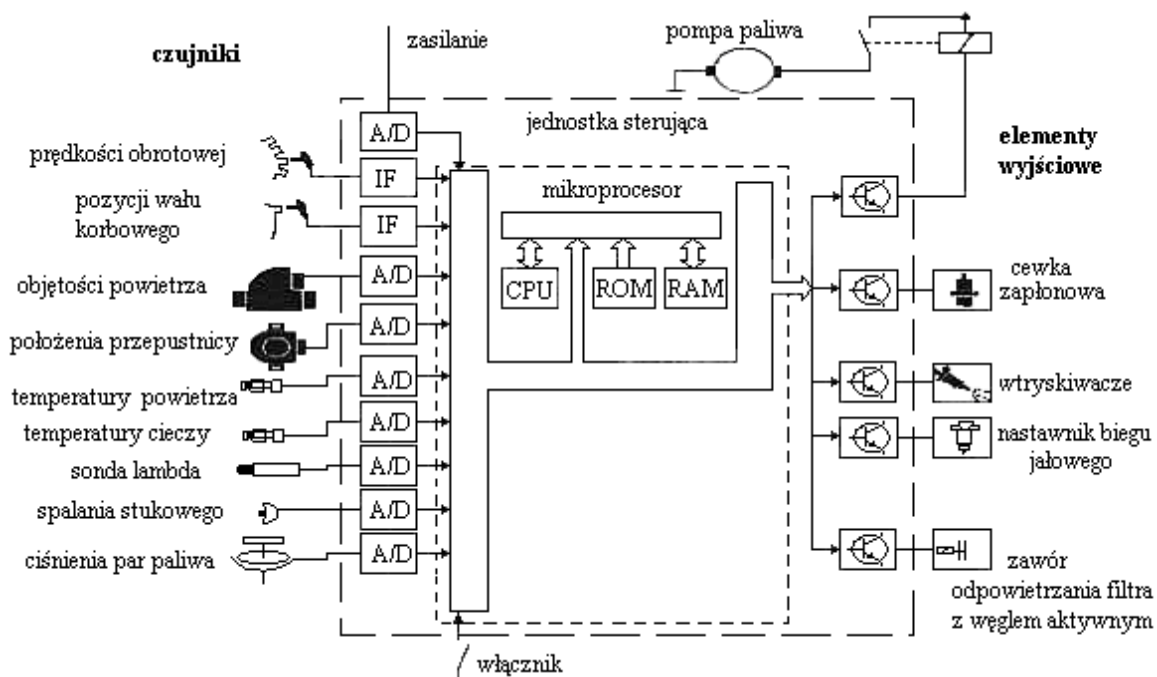
Streszczenie

W artykule zaprezentowano problematykę organizacji toru pomiarowego sygnałów w układzie sterownika silnika pojazdu samochodowego. Do rejestracji i wizualizacji mierzonych sygnałów wykorzystano kartę pomiarową National Instruments NI USB-6221 pozwalającą na 16 pomiarów jednocześnie. Do obsługi karty NI6221M zostało wykorzystane środowisko LabVIEW.

WSTĘP

System sterowania silnikiem benzynowym Motronic jest elektronicznym układem regulacji. Zadaniem systemu Motronic jest zintegrowane sterowanie dopływem powietrza i paliwa do silnika oraz elektroniczne optymalizowanie procesu zapłonu pod kątem aktualnego trybu jazdy [1-11]. System Motronic, w oparciu o dane z czujników, oblicza optymalne wartości dla każdego procesu wtrysku i spalania, czyli ponad 6000 razy na minutę. Zastosowano tu jedną elektroniczną jednostkę sterującą, jedną wiązkę sterującą i szereg czujników wspólnych dla obu obwodów. Główny element systemu - sterownik elektroniczny, składa się z mikroprocesora (CPU) i pamięci (ROM i RAM). W pamięci ROM (Read Only Memory) przechowywany jest program pamięci trwałej w formie kilku trójwymiarowych map. Mapy te zostały dobrane eksperymentalnie na hamowni, aby zapewnić najkorzystniejsze parametry eksploatacji: niskie zużycie paliwa, małe zanieczyszczenia i odpowiednie przyspieszenie [1, 5, 10, 11].

Urządzenie sterujące odczytuje z pamięci wymagane sygnały sterujące: wartości kąta wyprzedzenia zapłonu i czasu trwania wtrysku benzyny, odpowiadające występującym w danej chwili wartościom prędkości i obciążenia silnika. „Pobieranie” danych z map (Rys.1) jest znacznie szybsze niż ich obliczanie. Jeżeli urządzenie jest dobrze zaprojektowane, to mapa danych sterujących będzie zawierać praktycznie wszystkie możliwe kombinacje wartości sterowania dla obciążenia i prędkości silnika. Mapa ze wszystkimi możliwymi wartościami prędkości obrotowej i obciążenia silnika byłaby olbrzymia. Dlatego wartości prędkości obrotowej podaje się na mapie co 5 [obr/min] (podobnie wpisuje się wartości obciążenia). Dla obszarów wartości nieujemnych w mapie urządzenie sterujące dokonuje interpolacji. W ten sposób wszystkie praktycznie możliwe wartości są przez urządzenie sterujące uwzględnione.



Rys. 1. Schemat funkcjonalny systemu sterowania Motronic, gdzie: A/D – przetwornik analogowo-cyfrowy, IF – układ formowania impulsów, CPU – mikroprocesor, ROM – pamięć stała, RAM – pamięć robocza [5]

Źródło: Opracowanie własne

Systemy elektroniczne – sterowniki silnika w pojeździe samochodowym pracują zawsze na tej samej zasadzie: warunki bądź stany pracy sterowanego zespołu są rejestrowane przez przetworniki i przekazywane do urządzenia sterującego. Te warunki lub stany stanowią sygnały wejściowe dla urządzenia sterującego. Sygnały wejściowe mogą być sygnałami analogowymi lub cyfrowymi. Sygnały analogowe mogą przyjmować nieskończenie wiele wartości, są to sygnały o charakterze ciągłym. Sygnały cyfrowe mają postać impulsów, charakteryzują je dwa stany: wysoki (włączony) lub niski (wyłączony). Do określenia wartości sygnału jest wykorzystywana ich szerokość lub częstotliwość. Ponieważ urządzenie sterujące z cyfrowym przetwarzaniem danych rozpoznaje tylko stany „0” i „1”, sygnały elektryczne przekazywane przez czujniki muszą zostać odpowiednio przekształcone. Sygnały analogowe w sygnały cyfrowe przekształca przetwornik analogowo-cyfrowy (A/D). Są to np. sygnał z przepływomierza powietrza, sygnał czujnika temperatury zasysanego powietrza. Układ formowania impulsów (IF) przekształca dowolne sygnały w impulsy prostokątne. Przykładami sygnałów przechodzących przez układ formowania impulsów są: sygnał nadajnika prędkości obrotowej, sygnał nadajnika położenia wału. Sygnały wejściowe wywołują w urządzeniu sterującym określone kroki przetwarzania, które następują według zaprogramowanego przebiegu.

Na końcu procesu przetwarzania powstaje sygnał wyjściowy. Ten sygnał albo kilka takich sygnałów wyjściowych działa na przetworniki, np. silniki sterujące, zawory elektromagnetyczne itp. Ponieważ wychodzące z jednostki centralnej sygnały są za słabe do sterowania członów wykonawczych zostają one wzmacnione w tzw. stopniach końcowych mocy w postaci tranzystorów lub tyrystorów [1, 5, 8-11].

1. SYSTEM POMIAROWY SYGNAŁÓW W SYSTEMIE STEROWANIA SILNIKIEM SAMOCHODOWYM TYPU MOTRONIC

Stanowisko badawcze przeznaczone do pomiaru sygnałów w układzie sterowania pracą silnika benzynowego w zakresie zmian kąta wyprzedzania zapłonu oraz dawki paliwa w funkcji prędkości obrotowej i innych parametrów przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Widok stanowiska badawczego

Źródło: Opracowanie własne

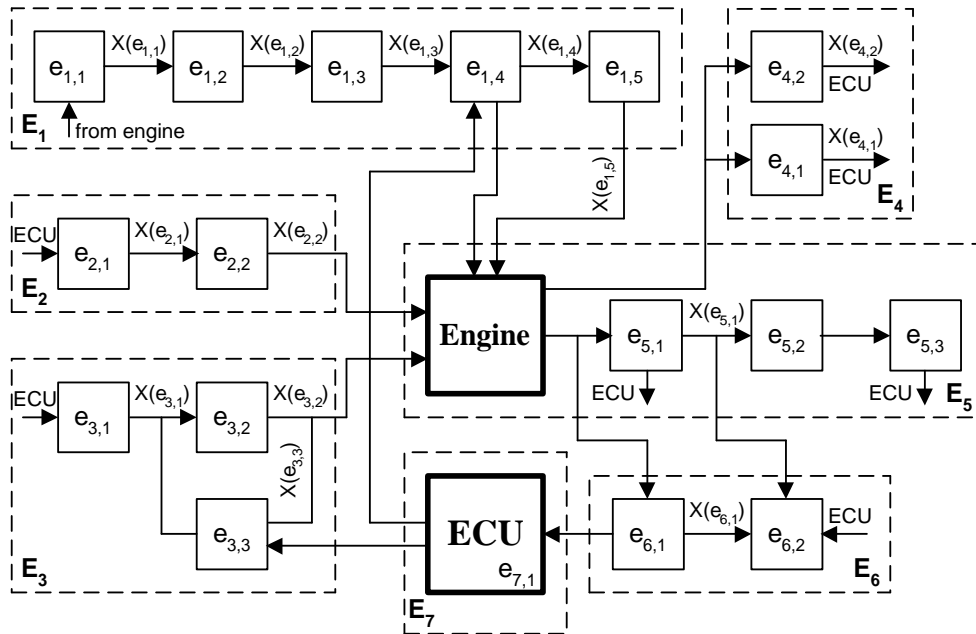
W artykule zaprezentowano problematykę pomiaru sygnałów w układzie silnika na potrzeby komputerowego diagnozowania analogowego urządzenia samochodowego [1-6] wraz z oprzyrządowaniem sterującego pracą silnika samochodowego o zapłonie iskrowym typu Motronic (Rys. 3). Podstawą organizacji toru pomiarowego sygnałów jest opracowanie modelu funkcjonalno-diagnostycznego obiektu, w którym wyróżnia się punkty diagnostyczne (pomiarowe). Badany obiekt techniczny klasy analogowej, którego struktura wewnętrzna (Rys. 4) składa się z siedmiu zespołów różnych klas (Tablica 1), w tym: mechanicznej, elektronicznej, mechatronicznej itp. (E_1, E_2, \dots, E_7).

Tablica 1. Struktura wewnętrzna obiektu

Zespoły obiektu	Elementy obiektu $\{e_{i,j}\}$				
E_i	e_1	e_2	e_3	e_4	e_5
E_1	$e_{1,1}$	$e_{1,2}$	$e_{1,3}$	$e_{1,4}$	$e_{1,5}$
E_2	$e_{2,1}$	$e_{2,2}$	\emptyset	\emptyset	\emptyset
E_3	$e_{3,1}$	$e_{3,2}$	$e_{3,3}$	\emptyset	\emptyset
E_4	$e_{4,1}$	$e_{4,2}$	\emptyset	\emptyset	\emptyset
E_5	$e_{5,1}$	$e_{5,2}$	\emptyset	\emptyset	\emptyset
E_6	$e_{6,1}$	$e_{6,2}$	\emptyset	\emptyset	\emptyset
E_7	$e_{7,1}$	\emptyset	\emptyset	\emptyset	\emptyset

gdzie: E_1 – układ zapłonowy: $e_{1,1}$ – alternator, $e_{1,2}$ – regulator napięcia, $e_{1,3}$ – akumulator, $e_{1,4}$ – cewka WN, $e_{1,5}$ – świeca zapłonowa; E_2 – układ zasilania paliwem: $e_{2,1}$ – regeneracja filtra z węglem aktywnym, $e_{2,2}$ – wtryskiwacz; E_3 – układ zasilania powietrzem: $e_{3,1}$ – przepływomierz powietrza,

$e_{3,2}$ – czujnika położenia przepustnicy, $e_{3,3}$ – regulator biegu jałowego; E_4 – układ czujników: $e_{4,1}$ – czujnik spalania stukowego, $e_{4,2}$ – czujnik temperatury cieczy chłodzącej; E_5 – układ wylotowy: $e_{5,1}$ – sonda λ (1), $e_{5,2}$ – katalizator, $e_{5,3}$ – sonda λ (2); E_6 – silnik: $e_{6,1}$ – czujnik prędkości wału korbowego, $e_{6,2}$ – zawór EGR; $E_7 - e_{7,1}$ komputer pokładowy (mikroprocesor-sterownik).

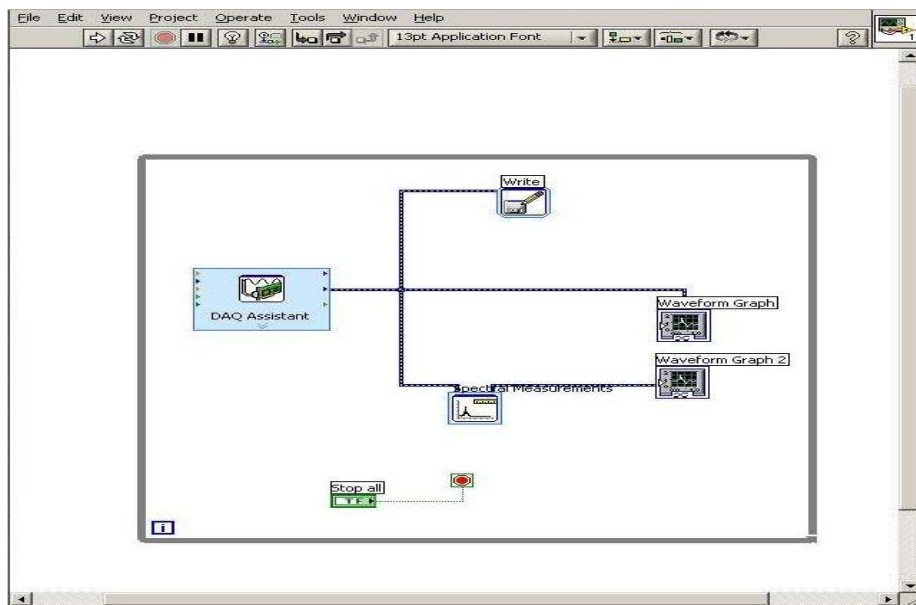


Rys. 3. Schemat silnika benzynowego sterowanego elektronicznie

Źródło: Opracowanie własne

2. KARTA POMIAROWA I OPROGRAMOWANIE STERUJĄCE W TORZE POMIAROWYM SYGNAŁÓW W SILNIKU SAMOCHODOWYM

Do rejestracji i wizualizacji mierzonych sygnałów wykorzystano kartę pomiarową National Instruments NI USB-6221 [6] pozwalającą na 16 pomiarów jednocześnie. Urządzenia USB-6221 z rodziny M National Instruments zawiera w sobie szesnaście różnicowych wejść analogowych (16-bit, 250 kS/s), dwa wyjścia analogowe (16-bit, 833 kS/s), dwadzieścia cztery cyfrowe wejścia/wyjścia maksymalnie taktowane zegarem 1MHz oraz dwa 32 bitowe liczniki. Do obsługi karty NI6221M zostało wykorzystane środowisko LabVIEW. W odróżnieniu od języków tradycyjnych, w których kodom maszynowym odpowiadają linie tekstu, w języku G poszczególne funkcje i procedury są reprezentowane przez symbole graficzne - ikony, umieszczane w programie graficznym, który LabVIEW (Rys. 4) kompiluje w kod maszynowy.

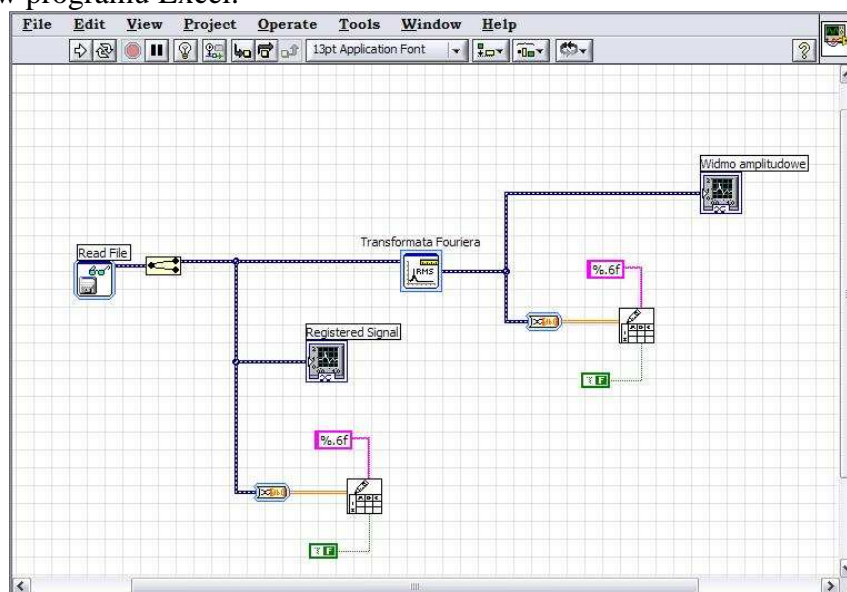


Rys. 4. Konfigurowanie karty pomiarowej National Instruments NI USB-6221

Źródło: Opracowanie własne

Do obsługi karty pomiarowej wykorzystano dwa programy sterujące pracą toru pomiarowego i ewidencji danych pomiarowych. Pozwoliły one wykorzystać kartę pomiarową do zapisu sygnałów oraz zapisu danych (wyników pomiarowych) w postaci tekstowej wraz z wykresami. Program LABVIEW steruje pracą karty pomiarowej National Instruments NI USB-6221 (Rys. 4 i 5). Program składa się z elementu DAQ Assistant jego zadaniem jest konfiguracja i obsługa karty. Liczba próbek pomiarowych mierzonych sygnałów została określona na 50000.

Drugi program zawarty na (Rys. 6) wykorzystano do odczytu sygnałów pomiarowych zapisanych w plikach .lvm, przedstawienia przebiegów na wykresach oraz ich zapisu w postaci plików programu Excel.



Rys. 5. Program do odczytu plików .lvm oraz ich zapisu w formacie Excel [2]

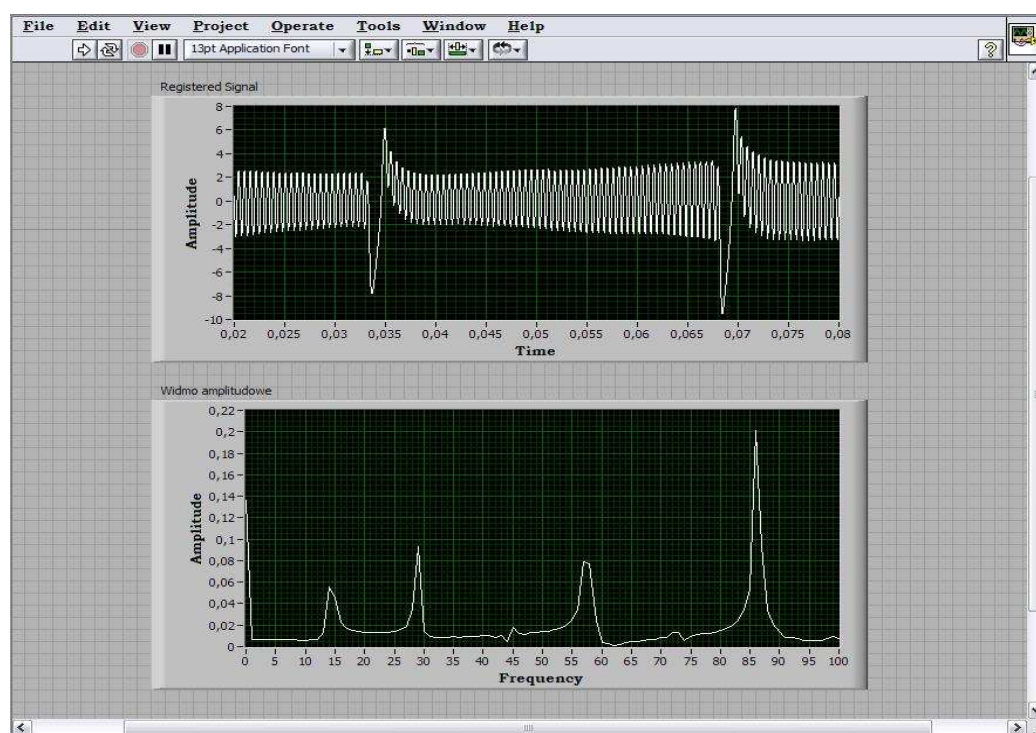
Źródło: Opracowanie własne

Uzyskane wyniki pomiarowe wyznaczone dla zbioru elementów obiektu, które zestawiono w tabeli 1.

Tab 1. Tabela pomiarowa sygnałów diagnostycznych

Lp.	Czas [s]	Amplituda sygnału [V]			
		Cewka WN	Czujnik wału korbowego	Mechanizm biegu jałowego	Wtryskiwacz
1	0	-0,003542	-1,055235	0,024681	-1,143795
2	0,00002	-0,001595	-0,765549	0,02533	-1,142822
3	0,00004	-0,000622	-0,461914	0,025005	-1,143471
4	0,00006	-0,002893	-0,141086	0,024681	-1,143471
5	0,00008	-0,003866	0,200828	0,025005	-1,143471
6	0,0001	-0,005488	0,564152	0,02533	-1,143471
7	0,00012	-0,003542	0,949535	0,02533	-1,143147
8	0,00014	-0,003866	1,439373	0,025005	4,547419
9	0,00016	-0,003866	1,966193	0,025654	3,893109
10	0,00018	-0,00419	2,400884	0,024681	3,397431

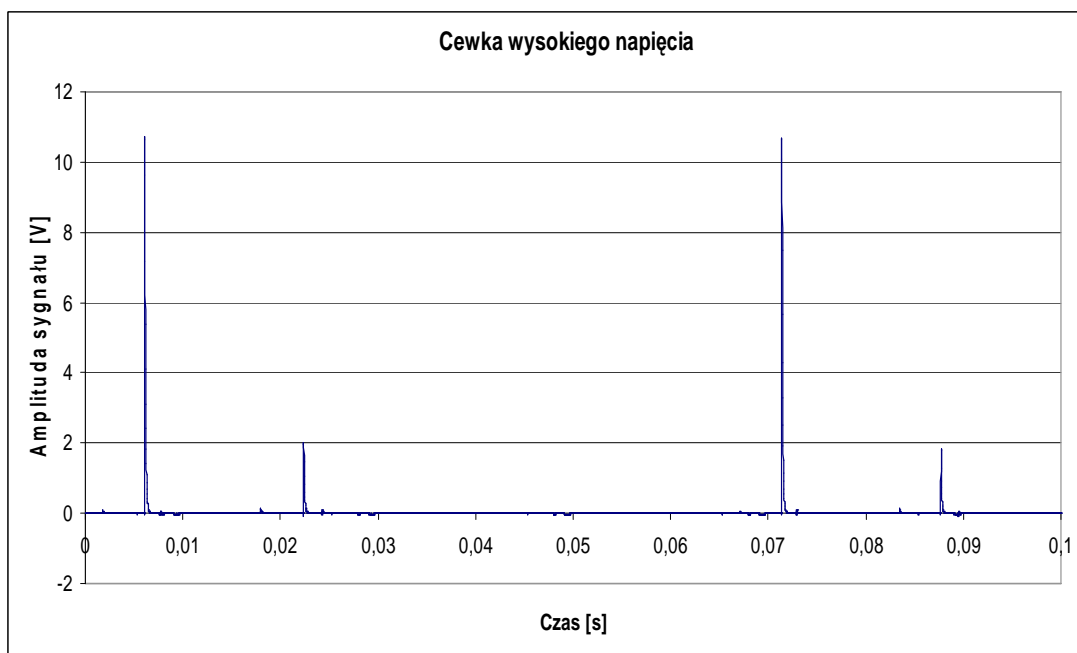
W opracowanym programie sterującym kartą pomiarową istnieje możliwość odczytu zapisanego sygnału w pliku do jego wizualizacji na wykresie amplituda/czas dzięki funkcji „waveform graph”, efekt tego działania przedstawiono na (Rys. 6) oraz do jego zapisania do formatu akceptowanego przez program Excel.



Rys. 6. Sygnał generowany przez funkcję „waveform graph” z czujnika wału korbowego: przebieg sygnału (A) i widmo częstotliwości sygnału (B) [2]

Źródło: Opracowanie własne

Dane zawarte w pliku programu LabVIEW są zapisane w postaci wiersza (ciągu wartości), co jest nie wygodne dla pracy w programie Excel (Tabela 2). Przykładowy przebieg mierzonych sygnałów w torze pomiarowym przedstawiono na (Rys. 7).



Rys. 7. Wykres amplitudy na cewce WN [2]

Źródło: Opracowanie własne

PODSUMOWANIE

Wykorzystanie mikrokomputera do sterowania silnikiem pojazdu stwarza dogodne warunki do optymalizacji toru pomiarowego i jego efektywności. Szczególnie ten problem jest istotny jeżeli organizuje się w silniku benzynowym pomiary z wykorzystaniem karty pomiarowej i automatyzacji tego procesu.

W procesie diagnozowania urządzeń systemu sterowania silnika ważnym jest bieżący pomiar sygnałów w wybranych punktach urządzeń. Podstawą w realizacji systemu pomiarowego sygnałów silnika jest opracowanie modelu funkcjonalno-diagnostycznego urządzeń silnika oraz wybraniu wymaganych punktów (węzłów) pomiarowych. Wypracowanie diagnozy o możliwych niesprawnościach jest realizowane poprzez stworzenie bazy pomiarowej sygnałów systemu i porównania jej z sygnałami zapisanymi w danych serwisowych lub innych np. AutoData.

BIBLIOGRAFIA

1. Duer S.: *Laboratorium Elektrotechniki samochodowej Tom I*. Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej. Koszalin 2009, str. 199.
2. Duer S., Duer R., Duer P.: *Tor pomiarowy dla systemu diagnozującego układ sterowania silnikiem samochodowym typu Motronic*. „Innowacje w motoryzacji dla ochrony środowiska” Słupsk, 2009, str. 79-86.
3. Duer S., Zajkowski K., Duer R.: *Diagnostyka w układzie zasilania elektrycznego pojazdu samochodowego*. „ZKwE 2010”, Poznan University Of Technology, Poznan, April 19-21, 2010, pp. 255-256.
4. Duer S.: *Artificial Neural Network-based technique for operation process control of a technical object*. Defence Science Journal, DESIDOC, Vol. 59, No. 3, May 2009, pp. 305-313.
5. Duer S., Konrad Zajkowski: *Laboratorium Elektrotechniki samochodowej Tom II*. Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej. Koszalin 2010, str. 210.

6. Duer S.: *Diagnostic system with an artificial neural network in diagnostics of an analogue technical object*. Neural Computing & Applications, 2010, Vol. 19., No. 1., pp. 55-60.
7. Duer S.: *Artificial neural network in the control process of object's states basis for organization of a servicing system of a technical objects*. Neural Computing & Applications. 2012, Vol. 21, No. 1, pp. 153-160.
8. Informatory techniczne BOSCH: *Czujniki w pojazdach samochodowych*. WKŁ, Warszawa, 2004.
9. Gajek A., Juda Z.: *Czujniki*. WKŁ, Warszawa, 2008.
10. Gładyszek J., Gładyszek M.: *Poradnik diagnostyki samochodowej*. Wyd., Kraków, 2008.
11. www.auto-online.pl.

MEASUREMENT SIGNALS THE ENGINE GASOLINE TYPE MOTRONIC

Abstract

The article presents the problem of the organization of the measurement channel signals in the system motor driver of a motor vehicle. For registration and visualization of measured signals used National Instruments data acquisition NI USB-6221 offers up to 16 measurements simultaneously. To handle the card has been used NI6221M environment La-bView.

**Prof. nazw. dr hab. inż. Stanisław DUER, dr inż. Konrad ZAJKOWSKI,
dr inż. Stanisław SOKOŁOWSKI**

Politechnika Koszalińska, Wydział Mechaniczny, ul. Raclawicka 15-17, 75-620 Koszalin,
e-mail: stanislaw.duer@tu.koszalin.pl, konrad.zajkowski@tu.koszalin.pl,
stanislaw.sokolowski@tu.koszalin.pl;