

MODUŁ POMIAROWY DO OKREŚLENIA CHARAKTERYSTYK $E = F(\Omega)$ DLA SILNIKÓW SPALINOWYCH MAŁYCH MOCY

Jerzy Langman

Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. Coraz liczniej występujące maszyny napędzane małymi silnikami spalinowymi wymagają licznych okresowych zabiegów obsługowo naprawczych, gdzie istotną rolę odgrywa proces diagnostyczny. Wobec braku na rynku przyrządów diagnostycznych mogących mieć zastosowanie w procesie diagnozowania silników małych mocy, opracowano moduł pomiarowy do określania charakterystyk $\varepsilon=f(\omega)$ silnika spalinowego. Moduł ten współpracuje z komputerem PC, na którym dokonywana jest wizualizacja i archiwizacja wyników pomiarów.

Słowa kluczowe: silnik spalinowy, mikrokontroler, diagnostyka

Wprowadzenie

W ostatnich latach można zaobserwować wzrost liczby eksploatowanych małych maszyn napędzanych silnikami spalinowymi takich jak: wykaszarki, piły łańcuchowe, ogrodowe kosiarki rotacyjne, kosiarki listwowe, odśnieżarki, miniciągniki ogrodnicze itp. Wszystkie te maszyny posiadają jedną wspólną cechę – środkiem napędowym jest silnik spalinowy małej mocy (do ok. 3 kW) zarówno dwu jak i czterosuwowy. Intensywna eksploatacja tych maszyn powoduje konieczność częstego wykonywania czynności serwisowych takich jak wymiana olejów, regulacji, obsługa i przeglądów połączonych z konserwacją zwłaszcza posezonową oraz napraw. Podstawą wszystkich działań mających na celu utrzymanie w stanie sprawności i zdatności eksploatacyjnej urządzeń technicznych są badania diagnostyczne. Zasadniczo w stosunku do małych maszyn napędzanych silnikami małej mocy nie ma opracowanych skutecznych i tanich metod ich diagnozowania.

Celem poszukiwań była taka metoda diagnostyczna, która za pomocą najmniejszej liczby testów pozwalałaby zarówno na ocenę stanu technicznego całej maszyny (ewentualnie ocenę jakości przeprowadzonych regulacji), jak też na lokalizację powstałego uszkodzenia. Z całej grupy różnorodnych metod diagnostycznych na szczególne wyróżnienie zasługuje metoda znana w literaturze pod nazwą samonapędzania i samohamowania silnika spalinowego. W wyborze jednej metody diagnostycznej skupiono się głównie na silniku spalinowym, gdyż reszta zespołów małych, jednofunkcyjnych maszyn jest z nim połączona za pośrednictwem krótkiego łańcucha poszczególnych par kinematycznych. Krótki łańcuch par kinematycznych, w którym występuje stan awaryjny, ma bezpośredni wpływ na jakość pracy silnika napędowego charakteryzującym się niską wartością mocy w porównaniu

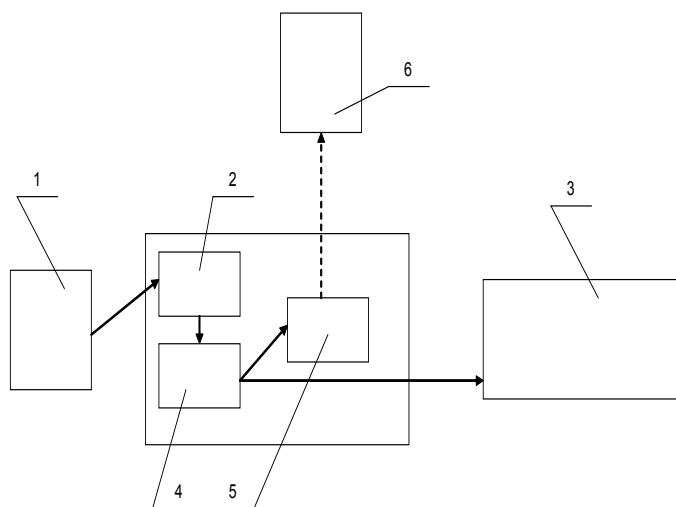
z mocą silników instalowanych w pojazdach trakcyjnych używanych w rolnictwie. Wyróżniona metoda samonapędzania i samohamowania jest metodą starą, opracowaną w latach 60-tych XX wieku, jednak nie była ona powszechnie stosowana z uwagi na trudności w realizacji sprzętowej całego toru pomiarowego. W chwili obecnej przy zastosowaniu techniki cyfrowej realizacja sprzętowa toru pomiarowego jest możliwa przy zaangażowaniu niewielkich środków finansowych.

Jedną z metod bezhamulcowego określania mocy silnika jest metoda samohamowania i samonapędzania. Metoda ta polega na określeniu charakterystyk $\varepsilon = f(\omega)$ (gdzie ε - przyspieszenie kątowne wału korbowego, ω – prędkość kątowna wału korbowego silnika) dla fazy rozpędzania silnika od prędkości biegu jałowego do prędkości maksymalnej oraz fazy spadku prędkości kątownej od prędkości maksymalnej do zera.

Żeby określić charakterystykę $\varepsilon = f(\omega)$ w pierwszym etapie określa się charakterystykę $\omega = f_1(t)$ (gdzie t – czas) oraz przez różniczkowanie jej po czasie uzyskuje się charakterystykę $\varepsilon = f_2(t)$. W następnym etapie na podstawie tych dwóch charakterystyk określa się charakterystykę wynikową $\varepsilon = f(\omega)$. Z punktu widzenia pomiarowego najtrudniejsze jest określenie charakterystyki $\omega = f(t)$.

Opis modułu pomiarowego.

W Katedrze Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki opracowano moduł pomiarowy służący do określenia powyższej charakterystyki. Zbudowano go wykorzystując mikrokontroler Atmega 8, natomiast oprogramowanie napisano w języku Bascom. Rysunek 1 przedstawia schemat ideowy modułu pomiarowego.



Rys. 1. Schemat ideowy modułu pomiarowego. 1 – hallotronowy czujnik prędkości obrotowej, 2 – układ czasowy mikrokontrolera Timer0, 3 – wyświetlacz LCD, 4 – pamięć RAM mikrokontrolera, 5 – moduł komunikacyjny USB, 6 – komputer PC

Fig. 1. Schematic diagram of the measurement module. 1 – Hall effect sensor measuring rotational speed, 2 – Timer0 microcontroller time unit, 3 – Liquid crystal display, 4 – Microcontroller's RAM, 5 – USB communication module, 6 – personal computer

Moduł pomiarowy...

Moduł ten połączony jest z halotronowym czujnikiem prędkości obrotowej wału korbowego silnika (kosiarki) bądź wału napędzającego organ roboczy (wykaszarki). Pomiar zmian prędkości kątowej wału korbowego silnika w czasie odbywa się z wykorzystaniem Timer'a0, znajdującego się w mikrokontrolerze i odczycie „w locie” stanów licznika impulsów (Counter0), będącego jedną z funkcji licznika mikrokontrolera Timer'a0, co określony przedział czasowy wyznaczony programowo i jest zapisywany do odpowiedniej tablicy w obszarze pamięci RAM mikrokontrolera. Na podstawie stworzonej tablicy wyników pomiarów określa się wszystkie wspomniane wcześniej charakterystyki.

Rysunek 2 przedstawia przykładowe wyniki pomiarów przesyłane z mikrokontrolera do komputera PC. Pierwsza kolumna zawiera kolejny numer pomiaru, który zarazem jest podstawą czasu, gdyż kolejne pomiary odbywają się co określony przedział czasu. W drugiej kolumnie zawarty jest stan licznika impulsów Counter0 mikrokontrolera AVR odczytywany w ustalonych odstępach czasu. Na podstawie tych dwóch kolumn wyznaczane są wartości zawarte w kolumnie 3, będące chwilowymi prędkościami kątowymi ω wału badanego silnika. Zmiany chwilowej prędkości kątowej silnika ω pozwalają na wyznaczenie chwilowej wartości przyspieszenia kątowego ε wału silnika. W czasie trwania pomiarów opracowany moduł jest jednostką autonomiczną tzn. w czasie pomiarów nie musi być połączony z komputerem PC.

```
10 0 0 0
11 0 0 0
12 0 0 2
13 0 2 10
14 2 12 -1
15 14 11 -2
16 25 9 0
17 34 9 -1
18 43 8 -2
19 51 6 0
20 57 6 -1
21 63 5 -2
22 68 3 0
23 71 3 -2
24 74 1 0
25 75 1 -1
26 76 0 0
27 76 0 0
28 76 0 0
```

Rys. 2. Zrzut ekranowy pliku wyników pomiaru przesyłanych po zakończonym pomiarze z modułu pomiarowego do komputera PC

Fig. 2. Printscreen of the file with measurement results sent from the measurement module to the PC after the measurement had been completed

Oprogramowanie mikrokontrolera zostało napisane w ten sposób, że uwzględniono możliwość konfiguracji modułu pomiarowego za pomocą aplikacji uruchamianej na komputerze PC poprzez port USB. Na rysunku 3 przedstawiono podstawowe menu modułu pomiarowego, gdzie do wyboru są 3 opcje:

- test - w czasie którego wykonywane są pomiary zmian prędkości obrotowej silnika w celu określenia charakterystyki $\varepsilon = f(\omega)$,
- obroty - po wybraniu tej opcji moduł pracuje w trybie obrotomierza (rys. 4),
- zapis - po podłączeniu modułu pomiarowego poprzez port USB dane przesyłane są do aplikacji uruchomionej na komputerze PC.

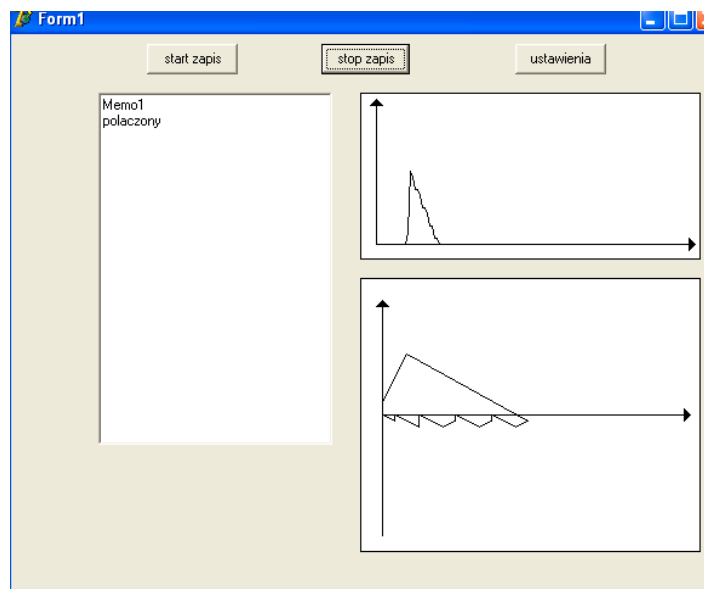


Rys. 3. Widok wyświetlacza LCD z menu wyboru
Fig. 3. View of the liquid crystal display with the selection menu



Rys. 4. Widok wyświetlacza LCD modułu podczas pracy w trybie obrotomierza
Fig. 4. View of the liquid crystal display during working in the tachometer mode

Po dokonaniu pomiarów zebrane dane poprzez port USB są przesyłane do komputera PC, gdzie następuje ich dalsza obróbka i wizualizacja. Moduł uruchamiany na komputerze PC napisano w języku Delphi. Rysunek 5 przedstawia interfejs użytkownika aplikacji uruchamianej na komputerze PC. W lewym oknie podczas transmisji danych z mikrokontrolera do PC pojawiają się aktualnie przesyłane dane, które w locie zapisywane są na dysku. Górne okno po prawej stronie ekranu służy do graficznego przedstawienia charakterystyki $\omega = f(t)$, natomiast dolne okno po tej samej stronie służy do wizualizacji charakterystyki $\varepsilon = f(\omega)$. Zobrazowane w tych oknach charakterystyki mimo ich uproszczonego charakteru są istotną pomocą przy opracowywaniu diagnozy silnika spalinowego.



Rys. 5. Interfejs użytkownika aplikacji uruchamianej na komputerze PC
Fig. 5. User interface of an application launched on the PC

Moduł pomiarowy umożliwia też pomiar chwilowej prędkości obrotowej silnika, wykorzystując do pomiaru czujnik hallotronowy, co jest przydatne podczas prac regulacyjnych układu zasilania paliwem oraz do oceny jakości zabiegów regulacyjnych.

Wnioski

1. Opracowany moduł pomiarowy jest dobrym narzędziem wspomagającym proces diagnozowania silników małych mocy.
2. Zwarta budowa modułu i jego autonomiczność czyni z niego warsztatowy przyrząd diagnostyczny.
3. Aplikacja uruchamiana na komputerze klasy PC pozwala na wizualizację wyników badania diagnostycznego oraz ich archiwizację.

Bibliografia

- Hebda M., Niżyński S., Pelc H.** 1980. Podstawy diagnostyki pojazdów samochodowych. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności. Warszawa. ISBN-83-206-0007-3.
- Wiązania M.** 2004. Programowanie mikrokontrolerów AVR w języku Bascom, Wydawnictwo BTC Warszawa, ISBN 83-921073-2-2.
- Daniluk A.** 2007. RS 232C praktyczne programowanie. Wydawnictwo Helion. Gliwice. ISBN 978-83-246-0778-5.

MEASUREMENT MODULE DETERMINING THE $E = F(\Omega)$ CHARACTERISTICS FOR LOW POWER INTERNAL COMBUSTION ENGINES

Abstract. More and more machines propelled by small internal combustion engines demand numerous periodic service procedures and repairs, for which the diagnostic process is crucial. Considering that the market lack of diagnostic devices that might be used in the process of diagnosing low power engines, a measurement module for determining the $\varepsilon = f(\omega)$ characteristics of the internal combustion engine was developed. This module cooperates with a personal computer which is used for visualizing and archiving results of measurements.

Key words: internal combustion engine, microcontroller, diagnostics

Adres do korespondencji:

Jerzy Langman; e-mail: rlangma@cyf-kr.edu.pl
Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
ul. Balicka 120
30-148 Kraków