

Janusz HETMAŃCZYK
Krzysztof KRYKOWSKI

MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA STEROWNIKA HYBRYDOWEGO TYPU NE 5570 DO STEROWANIA BEZSZCZOTKOWEGO SILNIKA PRĄDU STAŁEGO

Streszczenie. W artykule przedstawiono mikroprocesorowy układ sterowania bezszczotkowego silnika prądu stałego o magnesach trwałych, zrealizowanego w systemie 80C51. Opisana została część układowa i wybrane własności zastosowanego sterownika. Zamieszczono wyniki pomiarów oscyloskopowych prądów i napięć silnika obciążonego hamownicą laboratoryjną. Zaproponowany układ ma konstrukcję modułową, ograniczenie prądu oraz regulator PWM.

POSSIBILITIES OF HYBRID BRUSHLESS DC MOTOR CONTROLLER NE5570 APPLICATIONS

Summary. The paper presents a microprocessor control system of the permanent magnet brushless DC motor. The designed control system is based on the integrated controllers of brushless DC motors and microcontrollers connected with serial interface. There are described hardware and selected properties of the applied brushless DC motor controller. Waveforms of currents and voltages of a motor on the motor test bench are shown. The system has a modular structure, current limiter and PWM controller.

1. WSTĘP

Układy napędowe z silnikami prądu stałego o magnesach trwałych stanowią dużą grupę urządzeń małej i średniej mocy. Silniki te mają wiele zalet w stosunku do klasycznych silników prądu stałego:

- brak komutatora mechanicznego,
- prostsza konstrukcja i mniejsze gabaryty,
- wyższa sprawność spowodowana brakiem uzwojenia wzbudzenia,
- dobre właściwości dynamiczne.

Sterowanie pracą silnika o magnesach trwałych wynika bezpośrednio z jego zasady działania i polega na załączaniu kolejnych par uzwojeń twornika w zależności od położenia uzwojenia wzbudzenia, którym jest magnes trwały [3,4,6].

Przeanalizowano struktury i zasadę działania wybranych sterowników scalonych. W gotowych sterownikach scalonych realizowane są trzy podstawowe sposoby regulacji zmian

współczynnika wypełnienia sygnałów sterujących tranzystorami komutatora elektronicznego, a mianowicie przez:

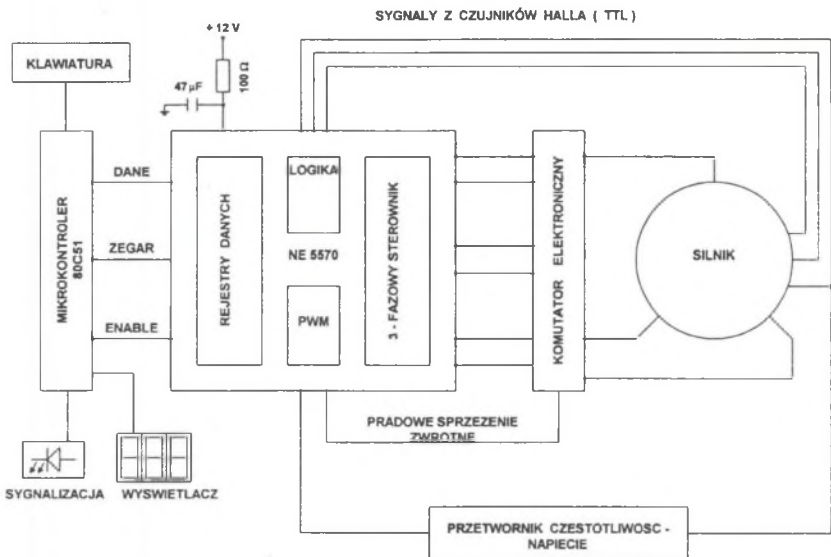
- proste układy regulacji współczynnikiem wypełnienia,
- rozwinięte układy analogowe regulacji impulsów wypełnienia,
- regulację PWM w układach hybrydowych.

Po rozeznaniu zalet i wad tych rozwiązań zdecydowano się na zastosowanie sterownika hybrydowego typu NE 5570 firmy Philips, gdyż wybrany sterownik daje największe możliwości sterowania tymi silnikami [7,9].

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie możliwości wykorzystanego sterownika do sterowania pracą silnika o magnesach trwałych.

2. BUDOWA UKŁADU

Schemat układu sterowania bezszczotkowego silnika prądu stałego został przedstawiony na rys.1. Falownik pełniący rolę komutatora elektronicznego zbudowany jest na tranzystorach MOSFET. Sygnałami wejściowymi dla sterownika są: sygnał napięciowy proporcjonalny do prądu silnika, sygnał proporcjonalny do prędkości aktualnej oraz sygnały z czujników Halla identyfikujące położenie wirnika względem uzwojenia twornika. Współpraca z użytkownikiem jest realizowana dzięki zespołowi wyświetlaczy 7-segmentowych i diod elektroluminescencyjnych(LED). Zadawanie parametrów pracy silnika jest realizowane za pomocą klawiatury współpracującej z układem mikroprocesorowym. Silnik jest sterowany poprzez złącze szeregowe z układu mikrokontrolera [2,5,8].



Rys.1. Schemat układu sterowania bezszczotkowego silnika prądu stałego

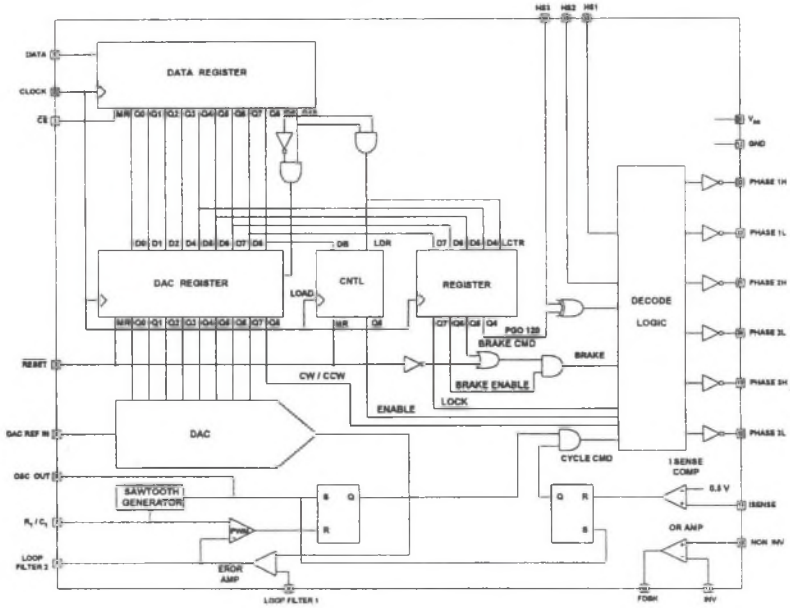
Fig.1. Block diagram of brushless DC motor control system

Głównym zadaniem sterownika jest generowanie impulsów sterujących tranzystorów komutatora elektronicznego.

3. STEROWNIK SILNIKA BEZSZCZOTKOWEGO

Zastosowanie gotowego sterownika upraszcza strukturę układu sterowania, ale również podwyższa jego sprawność i niezawodność działania.

Na rysunku 2 została przedstawiona wewnętrzna struktura sterownika NE 5570 wykorzystanego w układzie sterowania silnika bezszczotkowego. Zastosowany sterownik jest układem hybrydowym, który jest sterowany z układu mikrokontrolera za pomocą 11-bitowej transmisji szeregowej trzema sygnałami sterującymi [1].



Rys.2. Struktura wewnętrzna sterownika hybrydowego NE 5570

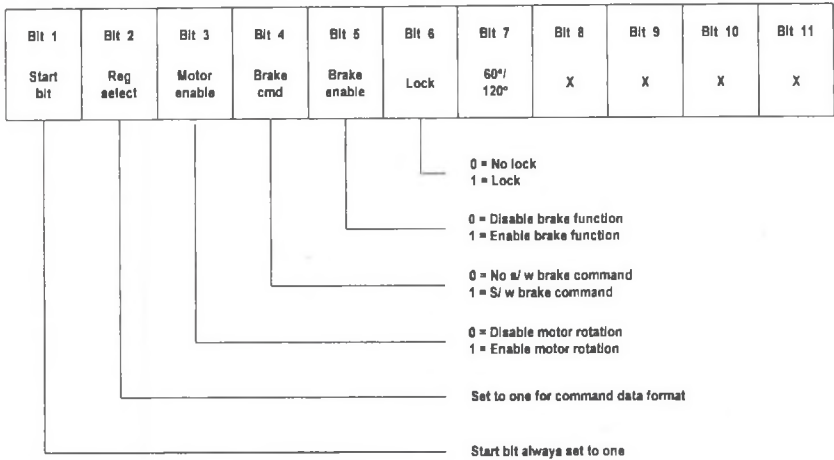
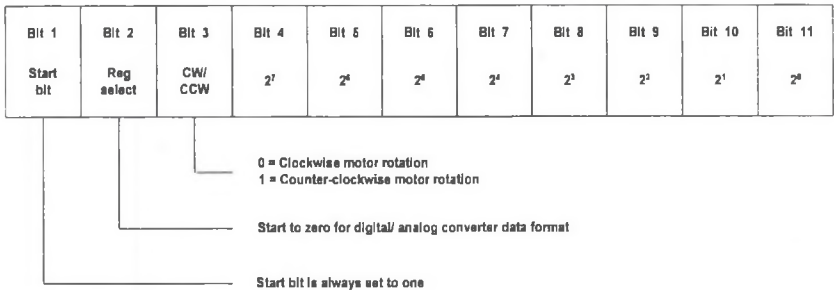
Fig.2. Internal structure of analogue-digital brushless DC motor controller

Informacja o zadanych parametrach pracy silnika jest zawarta w dwóch rejestrach sterujących: Command data format i Digital/ analog converter serial data format rys.3. Bogata architektura tych rejestrów powoduje, że zastosowany sterownik jest układem uniwersalnym i może dopasować się do wymagań silnika. Uruchomienie układu sterowania powoduje wprowadzenie do rejestrów sterujących parametrów pracy układu. Zostaje wtedy określony kierunek wirowania silnika, prędkość i inne parametry niezbędne do prawidłowej pracy silnika.

Sterownik steruje bezpośrednio tranzystorami MOSFET komutatora elektronicznego. Komutator zawiera 3 tranzystory z kanałami typu p oraz 3 tranzystory z kanałem typu n. Sterowanie wartością napięcia zasilania silnika uzyskuje się przez modulację szerokości impulsów sygnałów wyzwalania zaworów komutatora elektronicznego.

Układ zawiera ograniczenie prądu silnika. Wartość prądu maksymalnego wynika z maksymalnej wartości napięcia odniesienia równej 0,5 V. Jeżeli spadek na przewodzącym zaworze wzrośnie powyżej wartości napięcia odniesienia, to dolny przewodzący zawór zostaje wyłączony. Stabilność pracy układu napędowego zapewniają sprzężenie prądowe i prędkościowe.

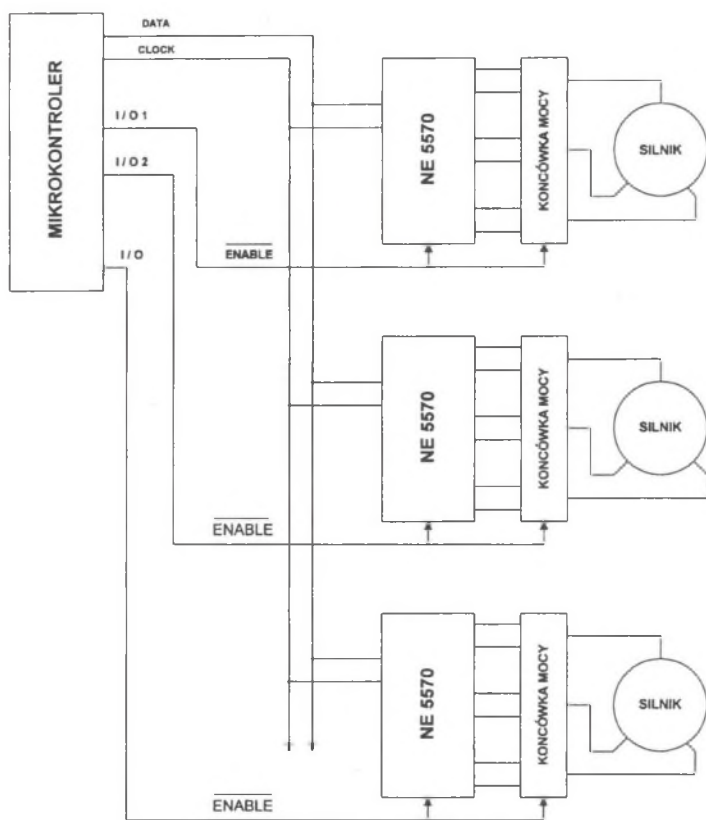
Command data format

Digital/ analog converter
serial data format

Rys.3. Struktura wewnętrznych rejestrów sterownika NE 5570
 Fig.3. Control and command registers of brushless DC controller

4. PRACA WSPÓLBIEŻNA

Dane do sterownika są wprowadzane za pomocą 11-bitowej transmisji trzema magistrami: data, clock i chip enable. Takie rozwiązanie konstrukcyjne pozwala uzyskać możliwość sterowania pracą kilku silników z jednego układu mikroprocesorowego. Poniższy rysunek przedstawia schemat układu z wspólną szyną danych i sygnałem taktującym (rys.4).



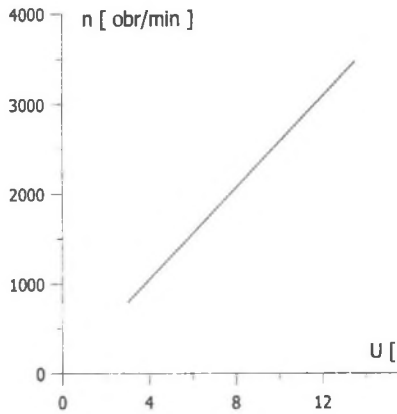
Rys.4. Układ połączeń napędu dla pracy współbieżnej z wspólną szyną adresową
 Fig.4. Multiple controllers on serial bus

Układ z wspólną magistralą danych i zegarem taktującym charakteryzuje się prostotą i dużą dynamiką. Wada tej struktury wynika z niemożliwości uzyskania jednoczesnej reakcji wszystkich silników połączonych do pracy współbieżnej na zmianę sygnału sterującego [1].

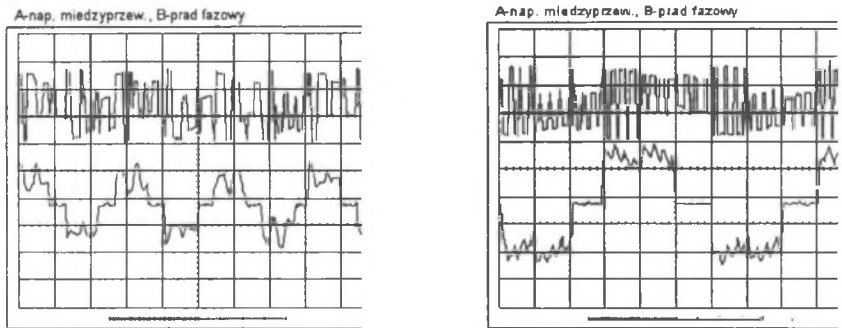
5. WYNIKI POMIARÓW

Zaproponowany modułowy układ sterowania silnika bezszczotkowego prądu stałego ze sterownikiem typu NE 5570 wykonano i uruchomiono. Przeprowadzone badania potwierdziły wcześniejsze przypuszczenia o niezawodności układu, a uzyskane wyniki porównywalne są z wynikami symulacji komputerowych [10]. Rysunek 5 przedstawia charakterystykę biegu jałowego silnika bezszczotkowego sterowanego z sterownika NE 5570, a na rysunkach 6a i 6b przedstawiono oscylogramy przebiegów prądu i napięcia silnika dla różnych wartości prędkości obrotowych.

W toku badań układu sterowania stwierdzono, że układ pracuje bardzo dobrze w zakresie dużych prędkości roboczych. Przy małych prędkościach obrotowych stwierdzono jednak możliwość pracy krokowej silnika wynikającej z obecności przetwornika częstotliwość-napięcie. Przewiduje się dalsze badania nad wadami układu, które pozwoliłyby polepszyć prace napędu w zakresie najmniejszych prędkości obrotowych.



Rys.5. Charakterystyka biegu jałowego silnika bezszczotkowego prądu stałego
Fig.5. Velocity vs. voltage characteristics of brushless DC motor



Rys.6. Przebiegi prądu i napięcia silnika dla a) 2000 [obr/min], b) 3000 [obr/min]
Fig.6. Current and voltage waveforms of motor for a) 2000 rpm, b) 3000 rpm

6. PODSUMOWANIE

Po dokładnej analizie teoretycznej i badaniach na stanowisku laboratoryjnym stwierdzono:

- Sterownik NE 5570 firmy Philips jest sterownikiem o dużych możliwościach sterowania pracą silników bezszczotkowych prądu stałego.
- Wykorzystanie scalonego sterownika w układzie regulacji silnika bezszczotkowego powoduje jego uproszczenie w stosunku do układów regulacji silników z komutatorem mechanicznym.

- Układ napędowy zawierający sterownik NE 5570 umożliwia płynną i dokładną regulację prędkości obrotowej.
- Efektywność układu regulacji wynika z możliwości współpracy z układami analogowymi i cyfrowymi.

Przewiduje się również aplikacje przedstawionego rozwiązania między innymi w napędach wózków inwalidzkich.

LITERATURA

1. Engh L., Fenger C., Hadley L., Linebarger D.: NE5570. A theory of operation and applications. Philips Semiconductor 1988.
2. Hadley L.: Simplified DC brushless motor control from a serial bus. Machine Design 1987, nr 26, s. 145- 195.
3. Glinka T.: Mikromaszyny elektryczne wzbudzone magnesami trwałymi. Podręcznik akademicki. Wyd. Pol. Śląskiej. Gliwice 1995.
4. Krykowski K., Bodora A., Sajkowski M.: Sterowanie dwusilnikowym napędem wózków inwalidzkich. III Krajowa Konferencja Naukowa Sterowanie w Energoelektronice i Napędzie Elektrycznym. SENE'97- Łódź 1997.
5. Rydzewski A.: Mikrokomputery jednoukładowe rodziny MCS 51, WNT, Warszawa 1995.
6. Sochacki R. Życki Z.: Maszyny elektryczne małej mocy. WNT, Warszawa 1978.
7. Applications note . UNITRODE: Brushless DC motors get a controller IC that replaces complex circuit.
7. Bielecki R.: Mikrokomputerowe sterowanie napędów elektrycznych zawierających silniki z magnesami trwałymi. Praca dyplomowa. Pol. Śląska, Gliwice 1998.
8. Hetmańczyk J.: Regulacja prędkości obrotowej przekształtnikowego napędu z silnikiem bezkomutatorowym o magnesach trwałych za pomocą sterownika scalonego. Praca dyplomowa. Pol. Śląska, Gliwice 1998.
9. Lanuszny A.: Laboratoryjna weryfikacja modelu komputerowego silnika z komutatorem elektronicznym i magnesami trwałymi. Praca dyplomowa. Pol. Śląska, Gliwice 1998.

Recenzent: Dr hab.inż. Jerzy Hickiewicz, prof. Politechniki Opolskiej

Wpłynęło do Redakcji 31 maja 1999 r.

ABSTRACT

The paper describes a microprocessor control system of the permanent magnet brushless DC motor which is presented in Fig 1. The control algorithm is performed by the analogue-digital brushless DC motor controller(NE 5570). The motor is fed from electronic commutator. The brushless DC controller obtains signals from the microcontroller, three Hall sensors which detect the rotor position, and from the supply current. It transfers these signals and generates signals to switch on and off the transistors. Input setting signals are digitally entered from the keyboard.

The author describes selected properties of the brushless DC motor controller. Figure 2 presents the block diagram of the motor controller and Fig.3 shows the control and command registers. The multiple controllers on serial bus are presented in Fig.4. The experiments were performed for the permanent magnet brushless DC motor and motor controller (NE 5570). The results obtained from these experiments i.e. current and voltage waveforms presented in Figs. 6a and 6b are given in the paper. Also, velocity vs. voltage characteristic of the brushless DC motor is presented in Fig.5.