

Janusz HETMAŃCZYK

Krzysztof KRYKOWSKI

STEROWANIE NAPIĘDEM DWUSILNIKOWYM Z SILNIKAMI BEZSZCZOTKOWYMI PRĄDU STAŁEGO

Streszczenie. W artykule przedstawiono zagadnienia związane z problematyką sterowania współbieżnie pracujących silników typu Brushless DC. Przedstawiono struktury sterowania napędem dwusilnikowym. Układ sterowania umożliwia pracę dla obu kierunków jazdy oraz zapewnia wybór silnika wiodącego, względem którego jest sterowany drugi silnik. Układy zostały wykonane i przebadane na obiekcie rzeczywistym. Omówiono zalety i wady poszczególnych układów

CONTROL OF TWO MOTOR DRIVE WITH DC BRUSHLESS MOTORS

Summary. The paper presents some aspects connected with control issues of parallel working DC Brushless motors. Control structures of two-motor drive are presented. The control system gives possibility of operation in forward and reverse direction and provides choice of a master motor, with respect to which the second motor is controlled. The control systems were made and examined in real conditions. Advantages and disadvantages of each individual system are discussed in the paper.

1. WSTĘP

Układy napędowe z silnikami prądu stałego o magnesach trwałych stanowią dużą grupę urządzeń małej i średniej mocy. Zastosowanie magnesów trwałych powoduje zwiększenie sprawności maszyn elektrycznych, co szczególnie uwidacznia się w zakresie małych mocy znamionowych.

Jednym z problemów, który jest aktualny dla napędów z silnikami Brushless DC Motor, jest problem współbieżności ich pracy. Występuje nieraz potrzeba współpracy kilku silników pracujących w jednym układzie napędowym. Prędkości obrotowe tych silników muszą być wtedy synchronizowane w szerokim zakresie pracy, ewentualnie ich prędkości muszą być ze sobą powiązane.

Algorytm sterowania napędu dwusilnikowego został tak zrealizowany, aby umożliwiał pracę współbieżną z jednakowymi prędkościami dla obu silników oraz pracę w układzie, gdzie różnica prędkości wirowania obu silników była narzucona przez układ sterowania.

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie problematyki związanej z pracą współbieżną dwusilnikowego napędu oraz ocena przydatności rodzaju układów sterowania do pracy współbieżnej.

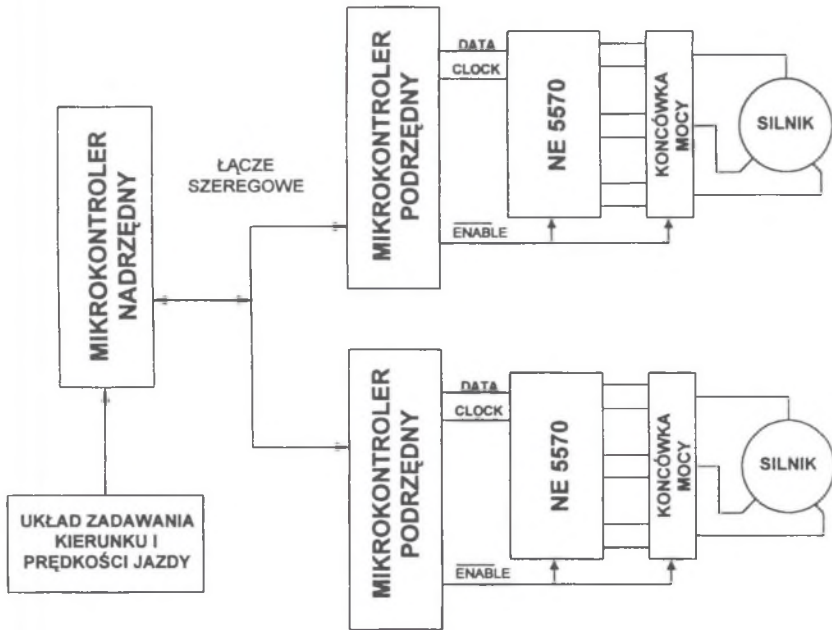
2. SCHEMAT DWUSILNIKOWEGO NAPĘDU O ROZDZIELONYM UKŁADZIE STEROWANIA

W artykułach [4,5] został przedstawiony układ sterowania pojedynczego silnika zrealizowany na sterowniku NE 5570. Wykorzystując powyższy układ, zrealizowano dwusilnikowy napęd grupowy.

Struktura sterowania napędów z silnikami bezszczotkowymi przypomina strukturę sterowania klasycznych silników prądu stałego. Jednak ze względu na małą moc silnika, wykorzystanego w badanym układzie napędowym, zastosowano uproszczony układ sterowania silnikiem. Układ regulacji silnika zawiera regulator prędkości i ograniczniki prądu.

W zależności od wymagań układu napędowego możemy zastosować różne rozwiązania konstrukcyjne układów sterowania napędami wielosilnikowymi. Na rysunku 1 została przedstawiona struktura napędu z rozdzielonym sterowaniem dla dwóch silników układu napędowego. Mikrokontroler nadrzędny pełni tutaj rolę układu zadawania prędkości i kierunku jazdy układu, zaś mikrokontroler podrzędny stanowią wraz z sterownikiem układ wykonawczy(moduł sterowania silnikiem).

Przedstawiona struktura napędu umożliwia realizację wybranych algorytmów sterowania pracą poszczególnych silników. Układ z mikrokontrolerem nadrzędnym posiada gorsze własności dynamiczne w stosunku do układu przedstawionego na rysunku 2, a które wynikają z transmisji szeregowych, jakie występują pomiędzy mikrokontrolerami. Dużą zaletą omawianej struktury jest możliwość uzyskania jednoczesnej reakcji silników układu dwusilnikowego na zmianę sygnału sterującego, podanego z klawiatury.



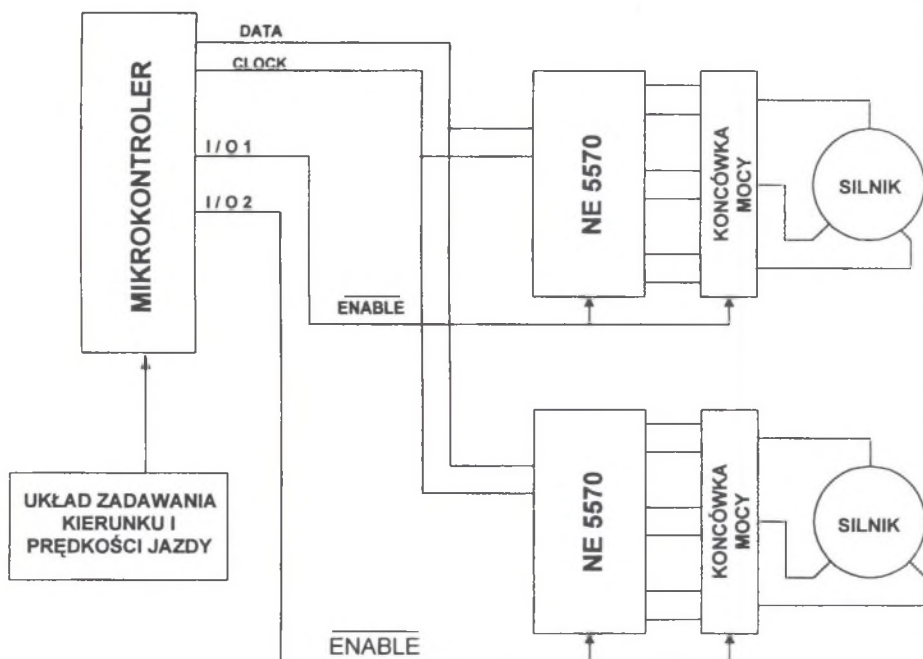
Rys. 1. Schemat dwusilnikowego napędu z nadrzędnym układem sterowania w bezszczotkowych silnikach prądu stałego

Fig. 1. Diagram of two-motor drive with master control system of DC Brushless motor

Wadą zaś tej struktury jest niewykorzystanie w pełni wszystkich możliwości mikrokontrolerów podrzędnych, gdyż są one używane tylko w chwilach transmisji danych do rejestrów sterujących, sterownika silnika bezszczotkowego. Występowanie łączy szeregowych komplikuje oprogramowanie układu. Dodatkowo, duża liczba elementów struktury powoduje zwiększenie wymiaru płytki drukowanej, a zarazem rosną koszty układu sterowania tego napędu.

3. SCHEMAT DWUSILNIKOWEGO NAPĘDU O WSPÓLNYM UKŁADZIE STEROWANIA

Zaletą sterownika hybrydowego, wykorzystanego w układzie sterowania silników, jest zdolność sterowania pracą kilku silników pracujących współbieżnie. Na rysunku 2 została przedstawiona struktura napędu o wspólnym sterowaniu silników (układ z jednym mikrokontrolerem sterującym).



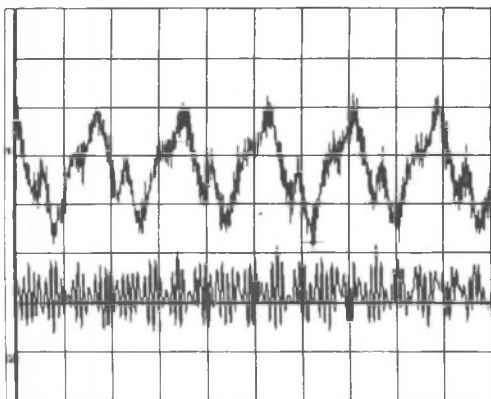
Rys. 2. Schemat dwusilnikowego napędu ze wspólnym sterowaniem bezszczotkowych silników prądu stałego

Fig. 2. Diagram of two-motor drive of parallel control system of DC Brushless motor

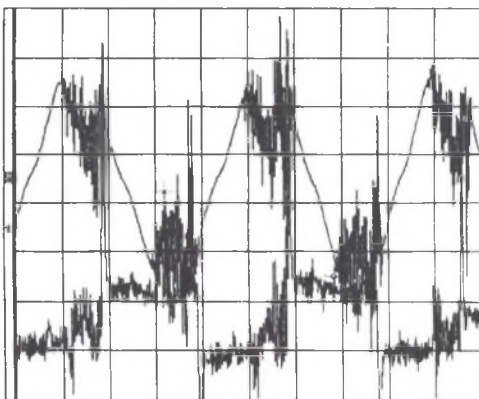
Sygnąłem uaktywniającym poszczególne sterowniki silników jest sygnał: *enable*. Gdy sygnał ten jest aktywny, dwoma pozostałymi magistralami są przesyłane dane niezbędne do prawidłowej pracy silnika. Mikrokontroler pełni tutaj rolę jednostki sterującej i realizującej wybrane algorytmy zarządzania pracą silników napędu. Występowanie tylko jednej transmisji danych do sterownika gwarantuje dużą dynamikę układu, dzięki czemu układ cechuje się szybką reakcją na zmianę sygnału sterującego, a prosta konstrukcja wynika z małej liczby elementów układu sterowania.

4. BADANIA LABORATORYJNE

Badane układy dwusilnikowe z silnikami bezszczotkowymi typu RTMct85-85-1 produkcji Zakładu Doświadczalnego Instytutu Elektrotechniki w Międzyzlesiu, zasilane z baterii akumulatorów, zostały przebadane. Jako układ dwusilnikowy wykorzystano wózek inwalidzki. Na rysunkach 3 i 4 przedstawiono przebiegi napięcia i prądu silników zmierzone

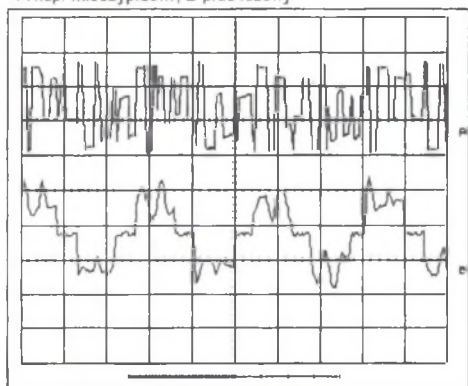


Rys. 3. Przebiegi napięcia silników z nadrzędnym układem sterowania
Fig. 3. Voltage waveforms of motor with master control system



Rys. 4. Przebiegi prądów w silnikach z nadrzędnym układem sterowania
Fig. 4. Current waveforms of motor with master control system

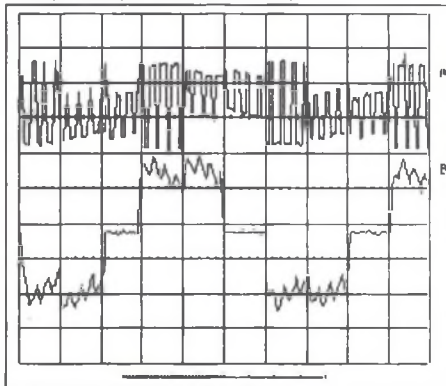
A-nap. międzyprzew., B-prąd fazowy



Rys. 5. Przebiegi napięcia i prądu silnika dla prędkości 3000 [obr/min]

Fig. 5. Current and voltage waveforms of motor for 2000 rpm

A-nap. międzyprzew., B-prąd fazowy



Rys. 6. Przebiegi napięcia i prądu silnika dla prędkości 3000 [obr/min]

Fig. 6. Current and voltage waveforms of motor for 3000 rpm

w układzie z jednostką nadrzędną, zaś na rysunkach 5 i 6 pokazano przebiegi prądu i napięcia silnika dla dwóch różnych prędkości obrotowych. Zmierzone opóźnienie, jakie występuje pomiędzy reakcjami silników w układzie z trzema mikrokontrolerami, jest rzędu mikrosekund, zaś w układzie z jednym mikrokontrolerem sięga dziesiątych sekundy.

5. PODSUMOWANIE

Dobór układu sterowania, napędów wielosilnikowych może być oparty na kryterium minimalizacji kosztów budowy układu sterowania lub na kryterium maksymalizacji jakości sterowania układem. Uzyskane w ten sposób struktury umożliwiają sterowanie układem dwusilnikowym, jednak wybór jednej ze struktur narzuca możliwości całego napędu podczas pracy. Układ o wspólnym sterowaniu napędu dwusilnikowego cechuje prostota, duża dynamika na zmianę sygnału sterującego oraz nie wymaga większego nakładu finansowego. Struktura z rozdzielonym sterowaniem (z jednostką nadrzędną) jest układem o stosunkowo gorszej dynamice, ale pozwala uzyskiwać jednoczesną reakcję wszystkich silników układu dwusilnikowego na zmianę sygnału sterującego, co jest niemożliwe do uzyskania w układzie o wspólnym sterowaniu. Układ z jednostką nadrzędną wymaga dodatkowego oprogramowania, co komplikuje pracę i wprowadza opóźnienie. Zwłoka czasowa jaka występuje w układzie o wspólnym sterowaniu silników, może powodować nierównomierną pracę całego układu i tak dla wózka inwalidzkiego zaobserwowano zmianę toru jazdy.

Poprawę własności układu o wspólnym sterowaniu można uzyskać poprzez zastosowanie dodatkowych buforów lub rejestrów przesuwnych umożliwiających uzyskanie jednoczesnej transmisji do układu sterownika albo przez zastosowanie multipleksowanej transmisji do poszczególnych sterowników silników bezszczotkowych prądu stałego.

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 str. 145- 195.
3. Glinka T.: Mikromaszyny elektryczne wzbudzone magnesami trwałymi. Podręcznik akademicki. Wyd. Pol. Śląskiej, Gliwice 1995.
4. Hetmańczyk J., Bielecki R., Krykowski K.: Modułowy układ sterowania bezszczotkowego silnika prądu stałego z ograniczeniem prądu i regulatorem PWM. 8 Sympozjum PPEE' 99, Gliwice – Ustroń. 22-25 Marzec 1999.
5. Hetmańczyk J., Krykowski K.: Modułowy układ sterowania PWM dwusilnikowym napędem z bezszczotkowymi silnikami prądu stałego. IV Krajowa Konferencja Naukowa Sterowanie w Energoelektronice i Napędzie Elektrycznym. SENE'99- Łódź 1999 .
6. 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 .
7. Sochacki R. Życki Z.: Maszyny elektryczne małej mocy. WNT, Warszawa 1978.

Recenzent: Dr hab. inż. Maciej Tondos, prof. AGH

Wpłynęło do Redakcji dnia 4 kwietnia 2000 r.

Abstract

The paper presents a control system of a two-motor drive with permanent magnet DC brushless motor. The authors present two kinds of parallel working motors drive control system. Speeds of parallel working motors are synchronised.

Figure 1 shows the control system a two-motor drive with common control of the both motors. The control system has very good dynamic properties, simple, modular structure but there are delays between the control signals for each motor. Fig. 2 shows the other control system a master control circuit. The structure with master control has worse dynamic properties than the first system, but it does not generate delay time.

The experiments were performed on two identical permanent magnet brushless DC motor and integrated motor controller (NE 5570). Figs. 3 and 4 show the shapes of current and voltage waveforms.