

Andrzej Sikora, Adam Zielonka
Politechnika Śląska, Gliwice

PORÓWNANIE DWÓCH WARIANTÓW ZASILANIA SILNIKA BEZSZCZOTKOWEGO

COMPARISON OF TWO DIFFERENT SUPPLY VARIANTS OF A BLDC MOTOR

Abstract: Two alternative methods of supply and speed control of BLDC motor are presented in the paper. The motor is supplied via electronic commutator, which calculated rotor position on the basis of signals received from Hall sensors. The system consists of transistor bridge connecting the supply voltage to the motor windings in accordance with control sequence. The bridge is controlled by microprocessor, which works out the control basing on rotor position signals and motor input current value.

In the first supply variant motor's average winding voltage is controlled via pulse width modulation of supply voltage (this is done by electronic commutator).

In the second supply variant the system is supplemented with power electronics converter, decreasing electronic commutator supply voltage, so that the commutator is controlled on the basis of rotor position sensors only (with no pulse width modulation). The possibility of decreasing supply voltage (average value) of the BLDC motor allows smooth regulation of motor speed.

1. Wstęp

Zasilanie silnika prądu stałego z magnesami trwałymi zabudowanymi na wirniku wymaga sekwencyjnego przełączania napięcia na poszczególne uzwojenia silnika. Silniki te charakteryzują się najwyższą sprawnością spośród dostępnych aktualnie silników. Konstrukcja silnika z magnesami trwałymi na wirniku nie wymaga doprowadzania energii elektrycznej do wirnika co pozwala na wyeliminowanie układ szczotek i klasycznego komutatora. Zasilanie silnika odbywa się poprzez komutator elektroniczny. Regulacja prędkości obrotowej realizowana jest poprzez zmianę wartości średniej napięcia zasilającego silnik. W artykule przedstawiono dwa warianty układu zasilania i regulacji prędkości obrotowej silnika bezszczotkowego.

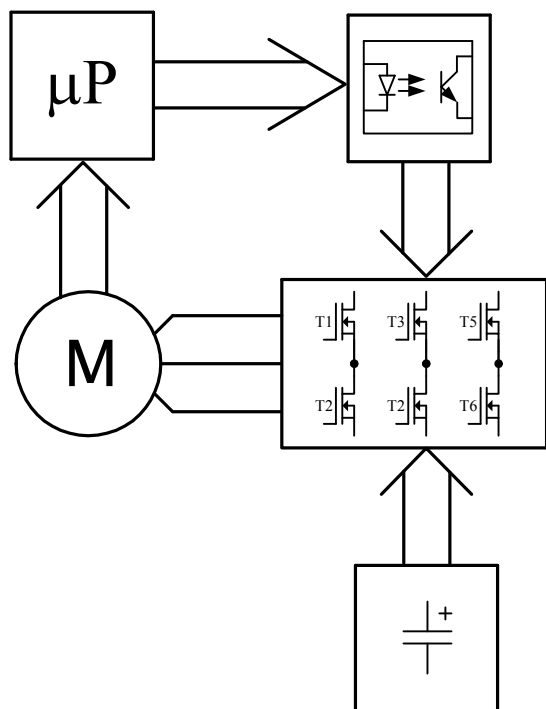
2. Układy sterowania

Praca silnika bezszczotkowego odbywa się w oparciu o zadaną sekwencję napięć zasilających poszczególne uzwojenia. Sekwencja ta dla danego kierunku wirowania jednoznacznie zależy od pozycji kątovej wirnika. W obydwu przedstawionych wariantach układu sterowania zasilanie uzwojeń trójfazowego silnika BLDC realizowane jest poprzez układ sześciu tranzystorów pracujących w układzie trójfazowego mostka. Tranzystory pracujące jako klucze energoelektroniczne sterowane są układem mikroprocesorowym. Sterowanie dla obydwóch układów odbywa się w oparciu o sygnały po

chodzące z trzech czujników hallotronowych umieszczonych na stojanie silnika. Czujniki te zostały rozmieszczone w taki sposób, aby na podstawie ich sygnałów określić położenie wirnika, któremu odpowiada jedna z sześciu sekwencji zasilania. Układ tranzystorów wraz z układem sterowania powszechnie nazywany jest komutatorem elektronicznym. Przedstawione teraz zostaną dwa warianty realizacji zasilania i regulacji prędkości obrotowej.

2.1 Wariant pierwszy

Pierwszy sposób regulacji prędkości obrotowej zrealizowany został poprzez modulację szerokości impulsów trzech tranzystorów T2, T4, T6 mostka komutatora elektronicznego. Należy tu zaznaczyć, że wszystkie tranzystory są sterowane na podstawie sygnałów z czujników hallotronowych, a wspomniane trzy T2, T4 i T6 dodatkowo realizują modulację PWM w chwili ich wysterowania wynikającego z położenia wirnika. Przy stałej wartości napięcia zasilania układu, modulując szerokość impulsów tranzystorów zmianie ulega wartość średnia napięcia zasilającego silnik, a co za tym idzie zmianie również ulega prędkość obrotowa silnika.

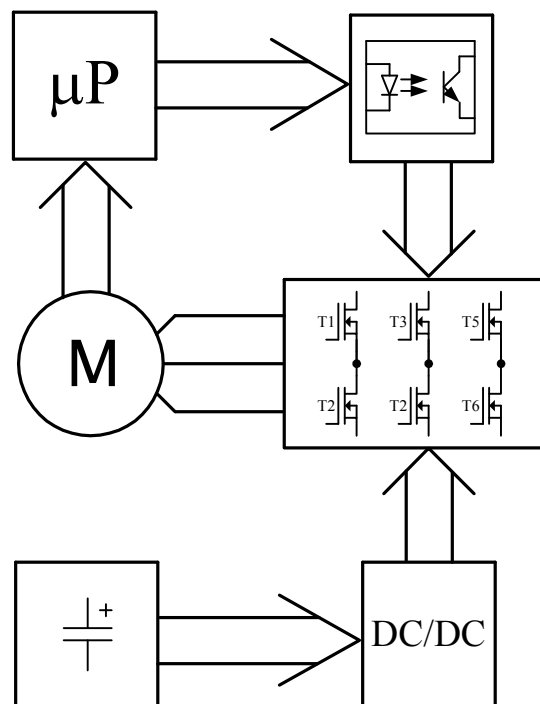


Rys. 1. Schemat blokowy układu napędowego składającego się z mikroprocesora, transoptorów, komutatora elektronicznego, silnika z magnesami trwałymi i źródła zasilania

W tym przypadku, uzwojenia silnika zasilane są napięciem prostokątnym o regulowanym współczynniku wypełnienia, co powoduje dodatkowe straty energii w silniku. Dla takiego zasilania indukcyjność uzwojeń stanowi źródło prądu, w chwili wyłączenia tranzystorów wynikającego z modulacji szerokości impulsów.

2.2 Wariant drugi

Drugi sposób regulacji prędkości obrotowej zrealizowany został poprzez regulację napięcia zasilania komutatora elektronicznego przetwornicą DC/DC. W układzie tym wszystkie tranzystory mostka otwierane są tylko na podstawie sygnałów z czujników hallotronowych, w przeciwieństwie do wariantu pierwszego nie są kluczowane na podstawie modulacji PWM. Zastosowana przetwornica DC/DC zbudowana została w oparciu o dwa tranzystory (tego samego typu jak w mostku) sterowane poprzez modulację szerokości impulsów, dławik magazynujący energię (w wariantcie pierwszym rolę tę pełni indukcyjność uzwojeń silnika) i kondensator filtrujący napięcie wyjściowe z przetwornicy.

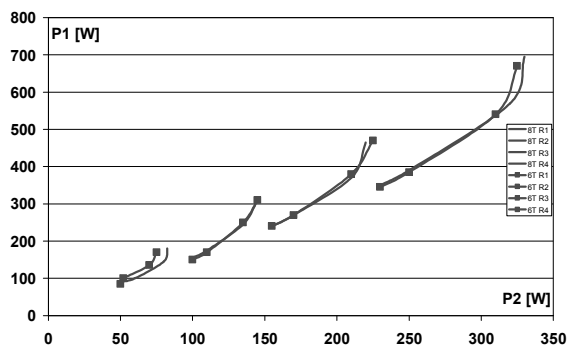


Rys. 2. Schemat blokowy układu napędowego składającego się z mikroprocesora, transoptorów, komutatora elektronicznego, silnika z magnesami trwałymi, źródła zasilania i przetwornicy DC/DC

3. Badania

Dla obydwóch wariantów zasilania przeprowadzone zostały badania laboratoryjne. Układ pomiarowy składał się z źródła zasilania napięcia stałego 75V, komutatora elektronicznego (w zależności od badanego wariantu), silnika napędowego BLDC, prądnicy pracującej na obciążenie rezystancyjne. Na tak zbudowanym stanowisku (w obu wariantach) dokonano pomiarów mocy wejściowej P1 pobieranej ze źródła zasilania i mocy wyjściowej P2 pobieranej z prądnicy dla różnych obciążeń i różnych współczynników wypełnienia PWM. Dla tak zbudowanego stanowiska można przyjąć, że straty w obciążeniu są takie same dla obydwóch wariantów sterowania, dzięki czemu przedstawienie mocy pobieranej ze źródła przez komutator elektroniczny w funkcji mocy pobieranej z prądnicy (dla różnych obciążeń i różnych wypełnień PWM) pozwala na porównanie przedstawionych wariantów zasilania. Na rysunku 3 przedstawione zostało porównanie zależności $P1=f(P2)$, gdzie przez 6T oznaczono układ zbudowany wg wariantu pierwszego składający się z sześciu tranzystorów, a przez 8T oznaczono układ zbudowany wg wariantu drugiego skła-

dający się z ośmiu tranzystorów. Symbolami R1,R2,R3,R4 oznaczono pomiary wykonane dla poszczególnych rezystancji obciążenia.



Rys. 3. Charakterystyki mocy P_1 pobieranej ze źródła zasilania, w funkcji mocy P_2 oddawanej do obciążenia dla różnych obciążeń i dwóch wariantów zasilania i regulacji prędkości obrotowej

4. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań dwóch zaprezentowanych w artykule wariantów zasilania i regulacji prędkości obrotowej silnika można stwierdzić, że sprawność obu przedstawionych układów dla częstotliwości pracy ok. 38kHz jest bardzo zbliżona. Układ w wariantcie pierwszym składa się z sześciu tranzystorów i nie wymaga stosowania dodatkowej indukcyjności oraz pojemności w układzie przetwornicy DC/DC. Układ zbudowany według koncepcji przedstawionej jako drugi wariant zasilania wymaga użycia ośmiu tranzystorów oraz indukcyjności i pojemności.

5. Literatura

- [1]. Glinka T.: Electric motors with permanent magnets. Przegląd Elektrotechniczny, PL ISSN 0033-2097, nr 7/2008, str. 1 – 7.
- [2]. Bernatt J., Glinka T., Król E., Rossa R.: Electric Motors with Permanent Magnets. ICRM 2008. IEEE Catalog Number: CFP0890B-CDR. ISBN: 978-1-4244-1736-0. Library of Congress Number: 2007906913. Poz.58.
- [3]. Sikora A., Zielonka A.: Napęd łodzi motorowej z wykorzystaniem silnika bezszczotkowego zasilanego poprzez komutator elektroniczny. Napędy i Sterowanie ISSN 1507-7764, nr 2'2010 str.46-48.

Autorzy:

dr inż. Andrzej Sikora
Politechnika Śląska w Gliwicach, Wydział Elektryczny, Instytut Elektrotechniki Przemysłowej i Informatyki, Zakład Inżynierii Elektrycznej w Transporcie ul. Akademicka 10,

44-100 Gliwice, tel. (32)2371258,
Andrzej.Sikora@polsl.pl

dr inż. Adam Zielonka
Politechnika Śląska w Gliwicach, Wydział Matematyczno-Fizyczny, Instytut Matematyki, Zakład Zastosowań Matematyki, ul. Kaszubska 23, 44-100 Gliwice, Adam.Zielonka@polsl.pl