

Zbigniew Goryca, Wyższa Szkoła Handlowa w Kielcach
 Jakub Bernatt, BOBRME Komel Katowice

ELEKTRYCZNY, NISKONAPIĘCIOWY UKŁAD NAPĘDOWY ŁODZI

BOAT LOW VOLTAGE DRIVING SYSTEM

Abstract: In this paper electric driving system using to maneuver the boat has been presented. This system consists of DC brushless motor and electronic controlling circuit. Stator steel sheets and elements of asynchronous motor have been utilized to make this motor. The rotor of the motor contains six poles, neodyme magnet made of N33SH material. In the stator three band winding has been placed. For the sake of assurance of safety conditions the motor is supplied by low voltage of 24V. The motor has a low turning velocity – 1000 rev./min resulting from the lack of gearbox. In electronic circuit the position the stator against the rotor has been determined with the use of measurement of EMF voltage in not feeding band. This system can be competitive in comparison with similar driving systems fitted with commutating motors. This system is much less noisy, lighter having higher efficiency than previous solutions. In addition, it does not require the maintenance.

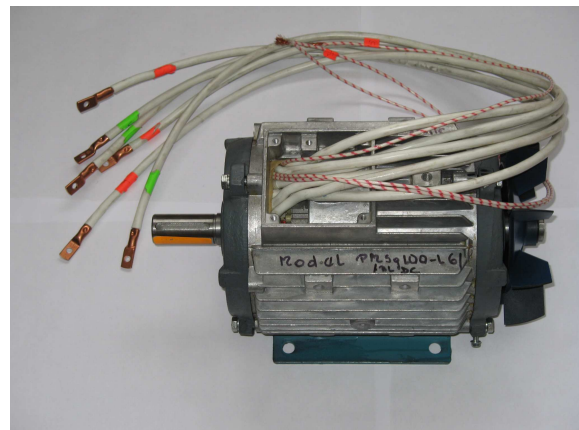
1. Wstęp

Elektryczne układy napędowe z bezszczotkowymi silnikami prądu stałego znajdują coraz szersze zastosowanie w różnych pojazdach o zasilaniu akumulatorowym. Decyduje o tym wysoka sprawność, duża trwałość i cicha praca napędu [1]. W układach przenośnych zależy nam także na małej masie i wymiarach silnika. Prosta konstrukcja układu sterowania do bezszczotkowego silnika prądu stałego [2], [3], [4] przyczynia się w znacznym stopniu do zmniejszenia ceny układu napędowego i z powodzeniem może on cenowo konkurować z układami napędowymi wyposażonymi w silniki asynchroniczne, nad którymi góruje pod względem sprawności i dynamiki. W pracy autorzy przedstawiają niskonapięciowy układ napędowy średniej mocy przeznaczony do napędu łodzi składający się z bezszczotkowego silnika prądu stałego i układu elektronicznego sterującego jego pracą. Łódź wyposażona w taki napęd może pływać po akwenach, na których obowiązuje strefa ciszy. Ze względu na niezawodność i prostszą konstrukcję silnika autorzy zdecydowali się na układ bezczujnikowy.

2. Konstrukcja silnika

Przy konstruowaniu silnika założono, że ze względów ekonomicznych wykorzystane będą elementy istniejącego silnika asynchronicznego. Elementami tymi są blachy stojana, obudowa oraz tarcze łożyskowe silnika. Na podstawie założonych parametrów: mocy, prędkości obrotowej i napięcia zasilania okre-

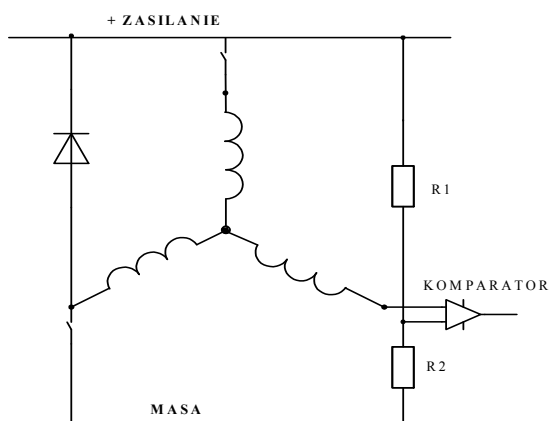
ślono długość pakietu stojana i parametry uzwojenia [1], [6]. Założono przy tym, że na wirniku przyklejony będzie sześciobiegunowy, segmentowy magnes spiekany z materiału o symbolu N38 o następujących parametrach: $B_r=1,2$ T i $H_c=900$ kA/m. Do budowy stojana wykorzystano blachę o średnicy wewnętrznej 76 mm i średnicy zewnętrznej 120 mm. Blacha ta ma na obwodzie 36 żłobków. W celu zminimalizowania momentu zaczepowego w stojanie wykonano skos żłobków o jedną podziałkę żłobkową to jest o 10^0 . Zdjęcie nr 1 przedstawia widok wykonanego prototypu silnika. Wykonany silnik ma moc 2kW przy prędkości znamionowej 1000 obr./min.



Zdjęcie nr 1. Widok kompletnego silnika

3. Układ zasilania silnika

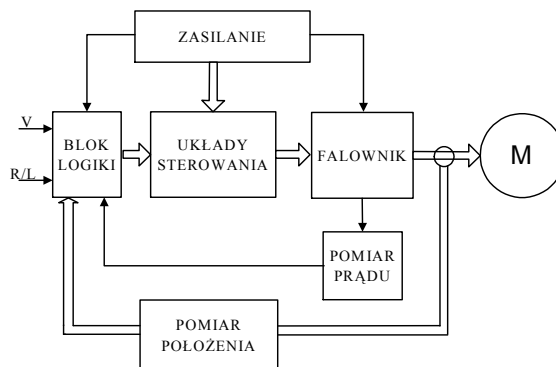
Szczególne warunki występujące na łodziach zdecydowały o zastosowaniu niskiego - bezpiecznego napięcia zasilania 24 V. Opracowany silnik ma napędzać bez przekładni śrubę napędową i dlatego założono małą prędkość obrotową silnika – 1000 obr./min. Następnym ważnym założeniem był niski koszt układu oraz możliwie małe wymiary zewnętrzne – docelowo przewiduje się umieszczenie układu elektronicznego na silniku, tak aby cały układ napędowy stanowił integralną całość. Przewiduje się, że silnik będzie pracował dwukierunkowo z możliwością płynnej regulacji prędkości obrotowej. W bezszczotkowym silniku prądu stałego do poprawnej pracy niezbędna jest informacja o położeniu wirnika względem stojana uzyskiwana w rozwiązaniach klasycznych z czujników Halla lub czujników optycznych [5], [6]. W prezentowanym rozwiązaniu, w celu zmniejszenia kosztu układu i poprawienia niezawodności zastosowano bezczujnikowy układ zasilania. Istotą działania tego układu jest określanie położenia wirnika na podstawie pomiaru napięcia rotacji w niezasilanym paśmie uzwojenia silnika, a dokładnie określenie zer w przebiegu napięcia rotacji. [7], [8]. Rysunek nr 1 wyjaśnia sposób określenia zerowej wartości napięcia rotacji, która jest ściśle związana z położeniem wirnika względem stojana.



Rys. 1. Pomiar punktu zerowego napięcia rotacji

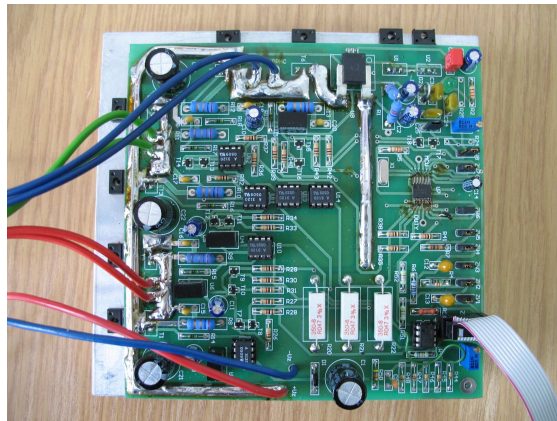
Jest regułą, że w bezszczotkowych silnikach prądu stałego o sterowaniu trapezowym zasila się jednocześnie dwa pasma uzwojenia. Zatem na wejście komparatora przedstawionego na rys.1 przyłożone są: połowa napięcia zasilania plus napięcie rotacji do wejścia pierwszego

i połowa napięcia zasilania uzyskiwana z dzielnika oporowego R1, R2 do wejścia drugiego. Gdy napięcie rotacji zmienia znak komparator zmienia napięcie wyjściowe. Następuje to przy ściśle określonym położeniu wirnika względem stojana. Fakt ten wykorzystywany jest do sterowania przełączaniem tranzystorów falownika.



Rys. 2. Schemat blokowy układu zasilania silnika

Na rys. 2 podano schemat blokowy układu sterowania silnika. Wejście oznaczone literą V służy do ustawiania żądanej prędkości silnika. Zmieniając napięcie podawane do tego wejścia w zakresie od 1,5 V do 4,1 otrzymujemy zmiany prędkości obrotowej w zakresie od 70 do 1000 obr./min. Wejście oznaczone literami R/L służy do zmiany kierunku wirowania silnika. Stan niski tego wejścia oznacza wirowanie w prawo, stan wysoki – w lewo. W układzie występują dwie pętle sprzężenia zwrotnego: położenia wirnika – niezbędna do poprawnej pracy silnika i prądowa zabezpieczająca silnik przed skutkami zbyt dużych prądów. Zdjęcie nr 2 przedstawia widok prototypu układu zasilania silnika.



Zdjęcie nr 2. Widok układu zasilania silnika

4. Badania układu napędowego

Badania układu obejmowały sprawdzenie wszystkich funkcji napędu, pomiary parametrów elektrycznych oraz sprawdzenie czy po zatrzymaniu napęd startuje ponownie. W układach bezczujnikowych ta ostatnia cecha jest szczególnie ważna, gdyż procedura startowa uruchamiana przy włączeniu silnika powinna się powtarzać także po awaryjnym zatrzymaniu silnika. Procedura ta jest w układach bezczujnikowych konieczna, gdyż napięcie rotacji wykorzystywane do określania położenia wirnika ma użyteczną wartość dopiero przy prędkości obrotowej równej około 7% prędkości znamionowej. Wyniki wykonanych badań funkcjonalnych potwierdziły przydatność silnika i układu sterowania do zastosowania w napędzie łodzi.

5. Wnioski

Prezentowany układ może ze względu na swą niską cenę konkurować z układami napędowymi wyposażonymi w silniki komutatorowe. Wyższa sprawność w porównaniu z tymi układami wpływa na niższe zużycie energii, a ponadto układ jest cichszy, nie wymaga okresowych konserwacji i wymiany szczotek. Dodatkowym argumentem przemawiającym na korzyść opracowanego rozwiązania jest brak iskrzenia szczotek, co jest istotną zaletą w przypadku pracy w atmosferze zagrożonej wybuchem. Małe wymiary układu zasilania silnika pozwalają na zamontowanie go na obudowie silnika. Obecnie trwają prace nad bezczujnikowym, o wyższym napięciu zasilania napędem średniej mocy przeznaczonym do innych stosowań.

Literatura

- [1]. Glinka T.: *Maszyny elektryczne wzbudzone magnesami trwałymi*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2002.
- [2]. Goryca Z.: *Układ napędowy z silnikiem bezszczotkowym*, VIII Sympozjum Mikromaszyny i Serwonapędy, Krasieczyn 15-19 września 2002.
- [3]. Goryca Z., Szczypior J., *Układ napędowy skutera elektrycznego*, X Konferencja Naukowa Trakcji Elektrycznej SEMTRAK 2002, Zakopane, październik 2002.
- [4]. Goryca Z.: *Niskonapięciowy układ napędowy z bezszczotkowym silnikiem prądu stałego*, X Konferencja "Problemy Eksploatacji Maszyn i Napędów Elektrycznych", Ustroń 28-30 maj, 2003.
- [5]. Goryca Z.: *Zastosowanie optycznych czujników w bezszczotkowych silnikach prądu stałego*, VII Forum Techniczne Problemy Wytwarzania Małych Maszyn Elektrycznych, Ustroń, 19 – 21 maja 2003.
- [6]. Hendershot J.R., Miller T.J.E.: *Design of Brushless Permanent Magnet Motors*. Magna Physics Oxford 1994.
- [7]. Mastui N.: *Sensorless PM Brushless DC Motor Drives*, IEEE Trans. On Industrial Electronics, Vol.43, April 1996.
- [8]. Shao J., Nolan D., Hopkins T.: *A Direct Back EMF Detection for Sensorless Brushless DC (BLDC) Motor Drive and the Start-up Tuning*, Power Electronics Technology Conference 2002.

Adresy służbowe autorów

dr hab. inż. Zbigniew Goryca prof. PR
 Politechnika Radomska, Wydział Transportu,
 Instytut Automatyki i Telematyki Transportu,
 ul. Malczewskiego 29, 26-600 Radom,
 tel. +(48-48) 361-77-11, fax: 0-48-361-70-12
 e-mail: tgoryca@kki.net.pl
 dr inż. Jakub Bernatt
 Branżowy Ośrodek Badawczo-Rozwojowy
 Maszyn Elektrycznych KOMEL,
 Al. Roździeńskiego 188, 40-203 Katowice,
 e-mail: info@komel.katowice.pl