

Bezszczotkowy silnik prądu stałego do napędu rogatekowego

Zbigniew Goryca, Grzegorz Stefański, Mirosław Krzowski, Łukasz Michta, Marcin Kaniewski

Wstęp

Przedstawiony w grudniowym (2022) numerze „Napędów i Sterowania” silnik komutatorowy do napędu rogatekowego spełnia swoje zadania, ale ma typowe dla silników komutatorowych wady, jakimi są: konieczność okresowej konserwacji węzła komutator – szczotka, konieczność okresowego czyszczenia wnętrza silnika z pyłów powstających ze ścierania szczotek oraz konieczność wymiany szczotek. Wad tych pozbawione są silniki bezszczotkowe, których dodatkową zaletą jest bezobsługowość i wyższa w porównaniu z silnikami komutatorowymi sprawność wynikająca z wyeliminowania tarcia szczotek o komutator. Z tych względów w firmie Perfopol opracowano silnik BLDC przeznaczony do napędu rogatekowego.

Jednym z nowych wymogów stawianych napędowi rogatekowemu jest samoczynne opadanie drąga (szlabanu) w przypadku braku napięcia zasilania. W istniejących napędach rogatekowych wymaganie to jest realizowane przez sprężyny powodujące opadanie drąga lub przez elektromagnetyczne sprzęgła i hamulce, które w przypadku braku zasilania odłączają układ przekładni od silnika, a to powoduje opadanie drąga wskutek grawitacji. Obecnie eksploatowane napędy rogatekowe wyposażane są w silniki o prędkości obrotowej około 1000 obr./min. i to skłoniło projektantów do budowy nowego silnika bezszczotkowego o podobnych parametrach i wyposażeniu go w elektromagnetyczny hamulec postojowy.

Założenia konstrukcyjne nowego silnika

Przy projektowaniu silnika kierowano się głównie wymogami czasu zamykania i otwierania napędu i określonym przez przekładnię momentem mechanicznym.

Streszczenie: W pracy przedstawiono konstrukcję i wybrane wyniki badań bezszczotkowego silnika prądu stałego przeznaczonego do kolejowego napędu rogatekowego. Obliczenia obwodu magnetycznego silnika przeprowadzono w programie FEMM 4.2. Blachy stojana i wirnika silnika wykonano metodą cięcia laserowego. Taka technologia umożliwia umieszczenie magnesów wewnątrz wirnika, co w znaczący sposób upraszcza technologię wykonania wirnika i zapewnia pewność mocowania magnesów. Do kontroli położenia wirnika względem stojana zastosowano transoptory szczelinowe współpracujące ze specjalizowanym układem elektronicznym. Silnik zasilany jest z niskonapięciowego falownika, którego tranzystory sterowane są sygnałami mikroprocesora.

Słowa kluczowe: maszyny elektryczne, silnik bezszczotkowy, szlaban kolejowy

Brushless DC motor for level crossing barrier drive

Abstract: The paper presents the construction and chosen experimental results for brushless motor using in level crossing barrier drive. Calculations for magnetic circuit have been conducted in FEMM 4.2 program. Steel sheets both for the stator and the rotor have been made using laser. Such technology allows placing magnets inside the rotor what in turn simplifies significantly the rotor and enhances durability of the motor. The position of the rotor towards the stator is controlled by slot optocoupler connected to special electronic circuit. This circuit can generate different signals indicating the rotor's position. The motor is supplied by low voltage converter whose transistors are controlled by microprocessor.

Keywords: Electrical machines, brushless DC motor, crossing barrier

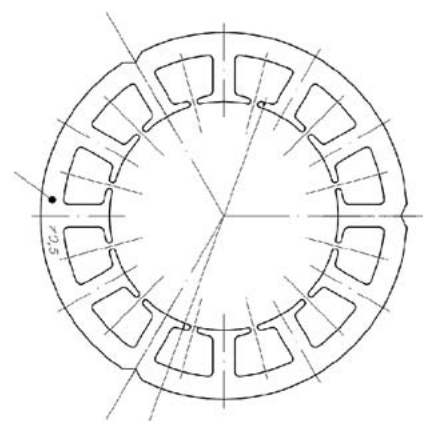
Założono prędkość obrotową na poziomie 850 obr./min oraz moc silnika 180 W. Silnik zasilany jest napięciem stałym 24 V i podstawowym rodzajem pracy jest praca dorywcza – przyjęto tryb pracy S2 5 minut.

Ze względu na terenową lokalizację napędu rogatekowego określono zakres temperatur pracy od -40°C do $+60^{\circ}\text{C}$. Z uwagi na trudne warunki pracy i możliwość zapylenia założono wykorzystanie magnetycznych czujników położenia wału napędu rogatekowego w krańcowych położeniach. Dodatkowo założono, że średnica zewnętrzna silnika nie powinna być większa od 100 mm.

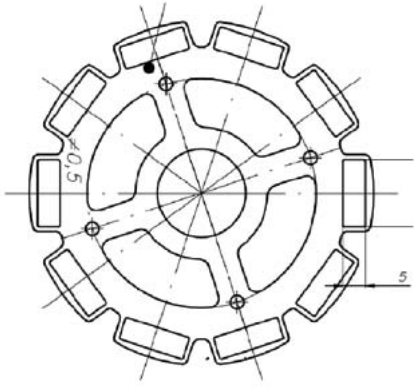
Budowa i działanie silnika

Obliczenia obwodu magnetycznego silnika przeprowadzono w programie

FEMM 4.2. Na rys. 1 pokazano obwód magnetyczny stojana, a na rys. 2 wirnika. Jak widać, w wirniku jest 10 zagłębionych magnesów. Takie rozwiązanie konstrukcyjne sprzyja szybkiemu i pewnemu montażowi wirnika – magnesy wsuwa się w gniazda wirnika. Przy



Rys. 1. Kształt blach stojana

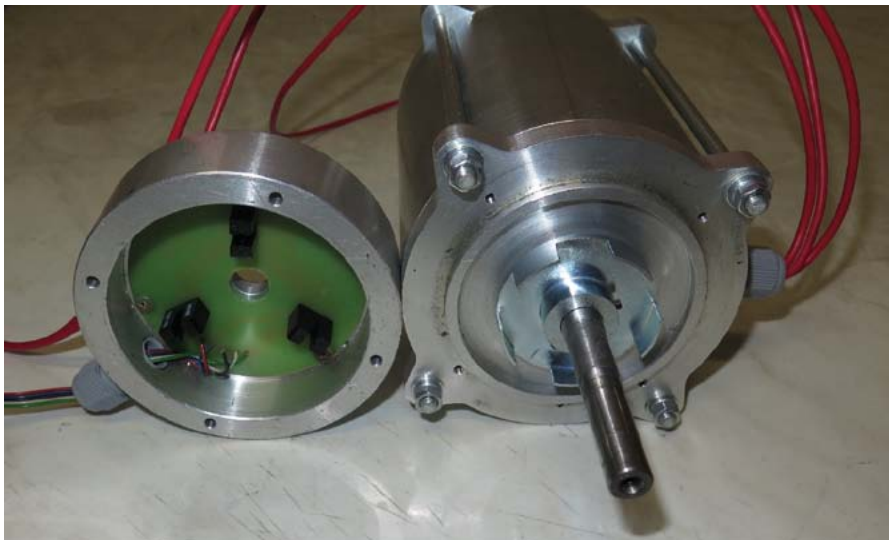


Rys. 2. Kształt blach wirnika

takim umieszczeniu magnesów mamy pewność, że nie odkleją się one, jak może się to zdarzyć przy magnesach



Rys. 4. Prototyp wykonanego silnika



Rys. 3. Układ kontroli położenia wirnika

umieszczonych na powierzchni wirnika. Średnica zewnętrzna blach stojana wynosi 90 mm, a szczelina powietrzna ma szerokość 0,6 mm. Założono zastosowanie magnesów o symbolu N38 o wysokości 5 mm. Masę wirnika zmniejszono dzięki widocznym otworom.

Do określenia położenia wirnika względem stojana zastosowano trzy transoptory szczelinowe przysłaniane metalową przesłoną – przesłona ma na obwodzie 5 wycięć i 5 występów, co odpowiada biegunom magnesów umieszczonych w wirniku. Informacja o położeniu wirnika względem stojana



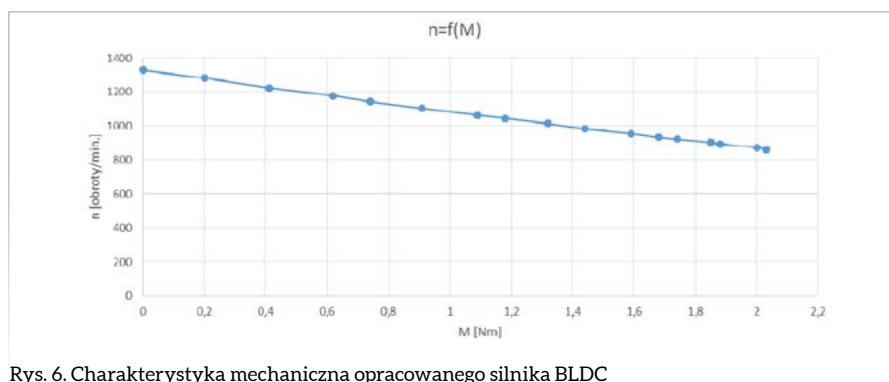
Rys. 5. Stanowisko badawcze z opracowanym silnikiem

parametrów silnika komutatorowego przedstawionego w grudniowym (2022) numerze „Napędów i Sterowania”. Nowy silnik BLDC jest tańszy i trwalszy od dotychczas stosowanych silników komutatorowych, zapewnia znacznie dłuższy okres bezserwisowej pracy oraz mniejsze zużycie energii. Pełny zakres regulacji prędkości obrotowej pozwala płynnie ruszać i zatrzymywać szlaban bez drgań i uderzeń, a niskie napięcie zasilania umożliwia pracę napędu w przypadku awarii sieci energetycznej i zasilanie z akumulatorów. Niskie napięcie zasilania sprzyja także poprawie bezpieczeństwa obsługi. Dodatkowym atutem tego silnika jest brak udarowego prądu rozruchowego i związanego z tym prądem

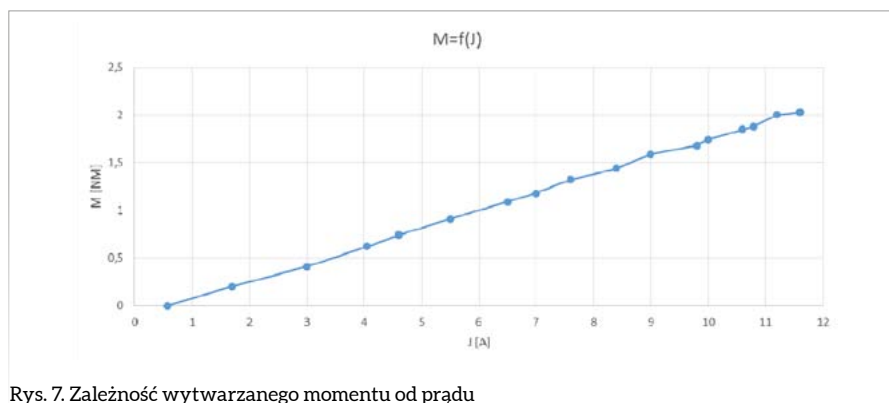
przekazywana jest do niskonapięciowego falownika zasilającego uzwojenia stojana. Falownik ma wejścia umożliwiające regulację prędkości obrotowej, zmianę kierunku wirowania oraz wejście start – stop uruchamiające i zatrzymujące silnik. Rys. 3 pokazuje układ kontroli położenia z transoptorami, a rys. 4 wykonany prototyp silnika.

Badania silnika

Badania silnika obejmowały wyznaczenie jego charakterystyki mechanicznej, sprawdzenie zakresu regulacji prędkości obrotowej oraz sprawdzenie funkcji falownika – zmiany kierunku wirowania silnika i zatrzymywania silnika. Badany silnik obciążony był generatorem, który zasiliał układ żarówek. Układ żarówek miał 18-stopniową regulację mocy, co pozwalało na obciążenie silnika pełną mocą. Moment wytwarzany przez silnik wyznaczany był przez pomiar nacisku na precyzyjną wagę i wielkość ramienia dźwigni. W tym celu badany silnik umieszczony był w łożyskach pozwalających na ruch obudowy silnika, a do tarczy kołnierzej silnika przykręcona była zrównoważona dźwignia o ramieniu 0,3 m naciskająca na wagę. Prędkość obrotowa silnika mierzona była na podstawie liczenia impulsów pochodzących z czujnika Halla wzbudzanego magnesem umieszczonym na wale silnika. Rys. 5 pokazuje stanowisko badawcze z zamontowanym silnikiem.



Rys. 6. Charakterystyka mechaniczna opracowanego silnika BLDC



Rys. 7. Zależność wytwarzanego momentu od prądu

Prędkość obrotową silnika można regulować w zakresie od 50 do 850 obr./min. Przy odpowiednio wydajnym źródle zasilania (powyżej 12 A) możliwy jest nawrót silnika przy znamionowej prędkości obrotowej. Po włączeniu sygnału zatrzymania silnik zatrzymuje się w czasie poniżej 0,1 s.

Wnioski

Jak widać, parametry opracowanego silnika BLDC są bardzo zbliżone do

nagrzewania uzwojeń silnika. Przedstawiony silnik może zastąpić silniki komutatorowe w produkowanych i eksploatowanych napędach rogatkowych.

Autorzy

Zbigniew Goryca, Grzegorz Stefański,
Miroslaw Krzowski, Łukasz Michta,
Marcin Kaniewski PERFOPOL Starachowice