

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **215896**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **387129**

(51) Int.Cl.  
**H02P 6/16 (2006.01)**

(22) Data zgłoszenia: **26.01.2009**

---

(54) **Sposób kalibracji absolutnego czujnika położenia wirnika zwłaszcza dla silnika  
o wzbudzeniu magnetoelektrycznym**

---

(43) Zgłoszenie ogłoszono:  
**02.08.2010 BUP 16/10**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:  
**28.02.2014 WUP 02/14**

(73) Uprawniony z patentu:  
**POLITECHNIKA ŚLĄSKA, Gliwice, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:  
**TOMASZ BISKUP, Bytom, PL**  
**ALEKSANDER BODORA, Gliwice, PL**  
**ARKADIUSZ DOMORACKI, Bytom, PL**

(74) Pełnomocnik:  
**rzec. pat. Urszula Ziólkowska**

---

**PL 215896 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób kalibracji absolutnego czujnika położenia wirnika zwłaszcza dla silnika o wzbudzeniu magnetoelektrycznym.

W przypadku układów sterowania silników wzbudzanych magnesami trwałymi (w tym sterowania wektorowego), fundamentalne znaczenie ma znajomość bezwzględnej wartości kąta położenia wirnika. Wykorzystuje się ją np. w układzie sterowania wektorowego do transformowania mierzonych prądów stojana z układu współrzędnych nieruchomych do układu współrzędnych związanego z wirnikiem (i odwrotnie).

W rozwiązaniach praktycznych kąt położenia wirnika wyznaczany jest za pomocą enkoderów absolutnych, inkrementalnych lub resolwerów. Istotne jest przy tym, aby zerowa wartość kąta odczytana z przetwornika położenia wirnika, odpowiadała tzw. zerowemu położeniu wału silnika, przy którym oś  $d$  układu współrzędnych  $dq$  pokrywa się z osią uzwojenia fazy  $a$  stojana.

Czujnik położenia wirnika oraz silnik są zazwyczaj wykonywane jako odrębne urządzenia. W trakcie sprzęgania mechanicznego silnika z czujnikiem, poprawne zorientowanie sygnału z czujnika względem uzwojeń silnika jest bardzo trudne i praktycznie niemożliwe do realizacji. Kalibrację, czyli ustalenie przesunięcia pomiędzy wskazywaną wartością kąta równą zero, a osią fazy  $a$  stojana ustala się przeważnie przed pierwszym uruchomieniem napędu. Przesunięcie to wprowadza się do układu sterowania jako wartość korygującą (offset).

Znany jest sposób kalibracji sygnału z przetwornika położenia wirnika polegający na oscyloskopowej rejestracji fazowej siły elektromotorycznej rotacji, indukowanej w uzwojeniach silnika. W metodzie tej wał silnika wprawiany jest w ruch obrotowy, przy czym zaciski silnika odłączone są od zacisków przekształtnika. Poprzez rejestrację przebiegu fazowej siły elektromotorycznej oraz kąta z przetwornika położenia wirnika, ustala się przesunięcie pomiędzy zerową wartością kąta i zerowym położeniem wirnika, a następnie wartość tę wprowadza się w postaci przesunięcia korygującego (offsetu) do układu sterowania. Metoda ta, prosta w realizacji praktycznej, wymaga jednak odłączenia zacisków silnika od przekształtnika i niezbędne jest wyprowadzenie z układu sterowania sygnału proporcjonalnego do mierzonej wartości bezwzględnej kąta.

Znany jest też sposób kalibracji polegający na zasilaniu uzwojeń fazowych silnika prądem stałym. W wyniku oddziaływania pól pochodzących od uzwojeń oraz od magnesów trwałych następuje obrócenie wirnika silnika do tzw. położenia neutralnego, przy którym moment elektromagnetyczny rozwijany przez silnik ma wartość równą zero. Na podstawie znajomości rozkładu pola w szczelinie silnika i pomiaru kąta w takim układzie, wyznacza się wartość offsetu (przesunięcia) i wprowadza jako wartość korygującą do układu sterowania. Kalibrację za pomocą tej metody można przeprowadzać w sposób automatyczny, jednak dokładność ustalenia offsetu w pewnych przypadkach konstrukcji silnika, kiedy indukcja od magnesów posiada obszary niemonotoniczności może dawać błędne wyniki.

Sposób według wynalazku polega na tym, że w trakcie procedury kalibracji tranzystory grupy górnej przekształtnika tranzystor pierwszy, tranzystor trzeci, tranzystor piąty zasilającego silnik wyłączają się, natomiast tranzystory grupy dolnej tranzystor drugi, tranzystor czwarty, tranzystor szósty wysterowuje się w odpowiedniej sekwencji, przy czym przedział czasu załączeń odpowiedniego tranzystora grupy dolnej jest zależny od wartości kąta odczytanej z przetwornika położenia wirnika, tranzystor drugi jest załączony w przedziale kąta od  $0^\circ$  do  $120^\circ$ , tranzystor czwarty jest załączony w przedziale kąta od  $120^\circ$  do  $240^\circ$ , natomiast czas załączenia tranzystora szósty obejmuje przedział od  $240^\circ$  do  $360^\circ$ . Sygnałem pomiarowym służącym do oceny jakości kalibracji jest sygnał proporcjonalny do wartości prądu płynącego w uzwojeniach fazowych silnika i przekształtnika.

Sposób według wynalazku zakłada, że w trakcie realizacji procedury kalibracji przekształtnik zasilający oraz silnik są połączone ze sobą w taki sposób, jak w czasie normalnej pracy, a kalibracja absolutnego czujnika położenia wirnika, polega na wyznaczeniu kąta, przy którym nie następuje przepływ prądów wyrównawczych w uzwojeniach silnika i przekształtnika.

Sposób według wynalazku objaśniono na rysunkach na których fig. 1 przedstawia sposób połączenia silnika i przekształtnika, fig. 2 przedstawia sposób załączania tranzystorów dla wartości przesunięcia  $offset = 0^\circ$ , fig. 3 przedstawia sposób załączania tranzystorów dla wartości przesunięcia  $offset = 10^\circ$ , fig. 4 przedstawia sposób załączania tranzystorów dla wartości przesunięcia  $offset = -10^\circ$ . Silnik jest wprawiony w ruch obrotowy ze stałą prędkością za pomocą źródła zewnętrznego poprzez wał silnika. W trakcie kalibracji tranzystory grupy górnej T1, T3, T5 przekształtnika są wyłączane, natomiast tranzystory grupy dolnej T2, T4, T6 są załączane w odpowiednich cyklach. Przedział cza-

su załączeń odpowiedniego tranzystora grupy dolnej jest zależny od wartości kąta odczytanej z przetwornika położenia wirnika  $cpw$ . Tranzystor  $T_2$  jest załączony w przedziale kąta od  $0^\circ$  do  $120^\circ$ , tranzystor  $T_4$  jest załączony w przedziale kąta od  $120^\circ$  do natomiast czas załączenia tranzystora  $T_6$  obejmuje przedział od  $240^\circ$  do  $360^\circ$ . Sposób załączania tranzystorów  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  pokazano tytułem przykładu na rysunkach fig. 2, fig. 3, fig. 4.

Na rysunkach przedstawiono przebiegi bezwzględnej wartości kąta podchodzącej z czujnika położenia wirnika  $\theta$ , fazowych sił elektromotorycznych indukowanych w uzwojeniach silnika  $ea$ ,  $eb$ ,  $ec$ , sygnałów sterujących tranzystorami grupy dolnej przekształtnika  $G_{T_2}$ ,  $G_{T_4}$ ,  $G_{T_6}$  oraz przebiegi prądów fazowych płynących w uzwojeniach  $ia$ ,  $ib$ ,  $ic$ . Rysunek fig. 2 ilustruje sytuację, przy której wartość przesunięcia,  $offset$  pomiędzy mierzoną wartością kąta, a prawidłową orientacją układu współrzędnych  $dq$  jest równa zero. W takim przypadku w uzwojeniach silnika i przekształtnika prądy nie płyną.

Na rysunkach fig. 3 i fig. 4 przedstawiono sytuacje, w których wartość przesunięcia przyjmuje odpowiednio wartości  $offset = 10^\circ$ , fig. 3 oraz  $offset = -10^\circ$ , fig. 4. W przypadku, gdy wartość przesunięcia jest niezerowa, załączenia tranzystorów obejmują chwile, kiedy w wyniku rozkładu sił elektromotorycznych rotacji indukowanych w silniku, istnieje możliwość przepływu prądu. Prąd ten zamyka się przez uzwojenia silnika, załączony tranzystor grupy dolnej oraz diodę zwrotną odpowiedniego dolnego tranzystora, który nie jest załączony. Wartość maksymalna tych prądów zależy od parametrów silnika i prędkości obrotowej wirnika.

### Zastrzeżenie patentowe

Sposób kalibracji absolutnego czujnika położenia wirnika zwłaszcza dla silnika o wzbudzeniu magnetoelektrycznym w którym silnik wprowadza się w ruch obrotowy, **znamienny tym**, że w trakcie procedury kalibracji tranzystory grupy górnej przekształtnika ( $T_1$ ), ( $T_3$ ), ( $T_5$ ) zasilającego silnik wyłącza się, natomiast tranzystory grupy dolnej ( $T_2$ ), ( $T_4$ ), ( $T_6$ ) wysterowuje się w odpowiedniej sekwencji, przy czym przedział czasu załączeń odpowiedniego tranzystora grupy dolnej jest zależny od wartości kąta odczytanej z przetwornika położenia wirnika ( $cpw$ ), tranzystor ( $T_2$ ) jest załączony w przedziale kąta od  $0^\circ$  do  $120^\circ$  tranzystor ( $T_4$ ) jest załączony w przedziale kąta od  $120^\circ$  do  $240^\circ$ , natomiast czas załączenia tranzystora ( $T_6$ ) obejmuje przedział od  $240^\circ$  do  $360^\circ$  a sygnałem pomiarowym służącym do oceny jakości kalibracji jest sygnał proporcjonalny do wartości prądu płynącego w uzwojeniach fazowych silnika i przekształtnika.

## Rysunki

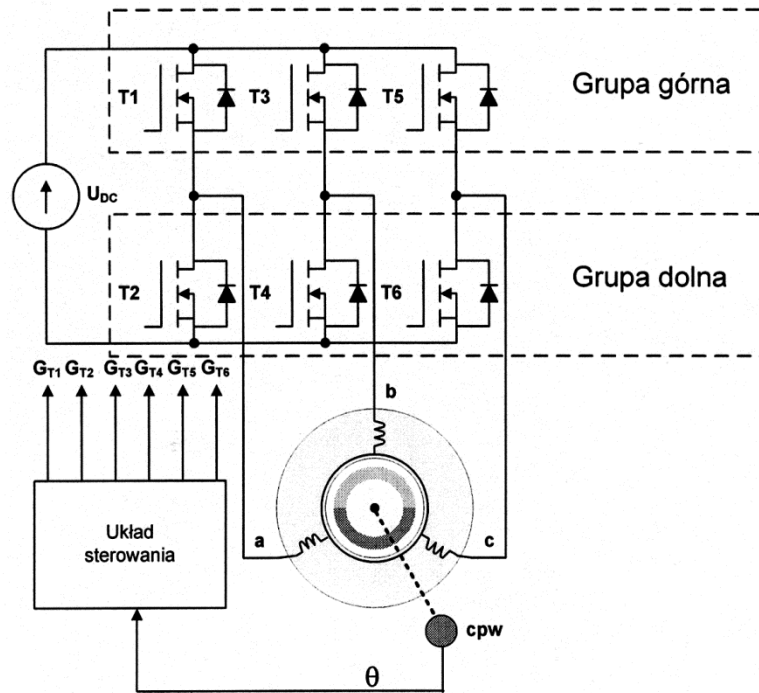


Fig.1

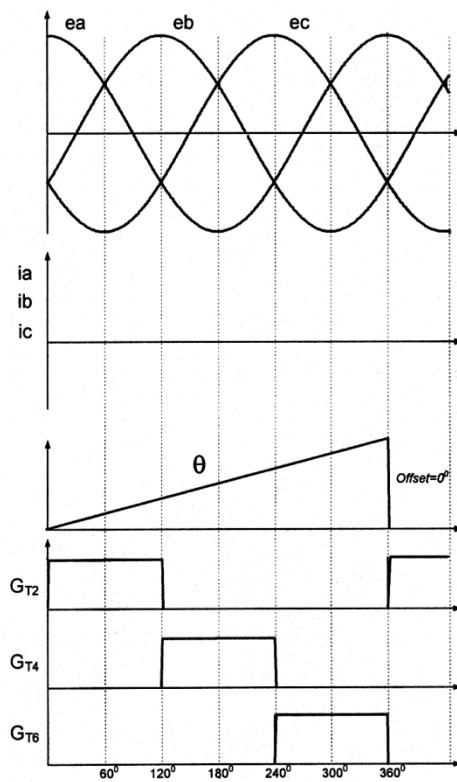


Fig.2

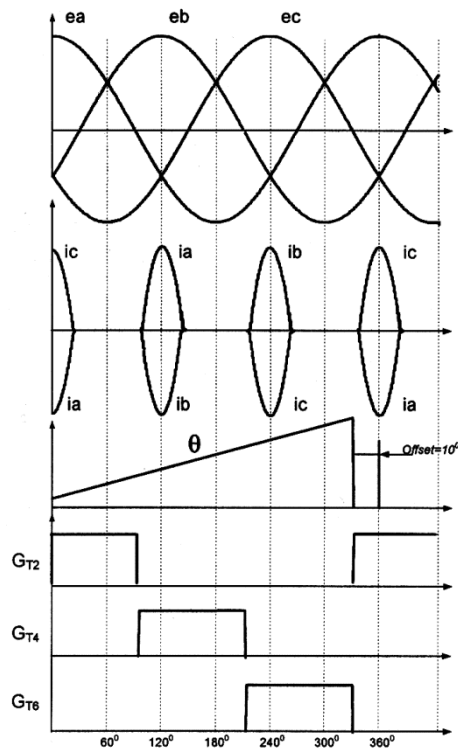


Fig.3

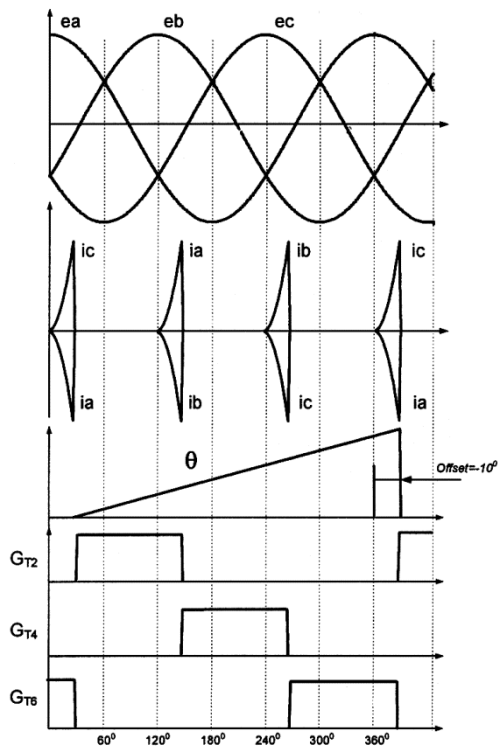


Fig.4

