

UKŁAD WAŁÓW ELEKTRYCZNYCH O ZMIENNYCH PRĘDKOŚCIACH OBROTOWYCH

W pracy przedstawiono opis konstrukcji zmiennie-biegunowych uzwojeń przełączalnych elementów elektromaszynowych realizujących wały elektryczne o zmiennym przełożeniu i zmiennych prędkościach obrotowych odbiornika względem nadajnika.

1. Wstęp

Selsyny są maszynami elektrycznymi, służącymi do przekazywania różnych wielkości — głównie zmian położenia — na odległość przez przekształcenie ich na wielkość kątową. Przekazywanie wielkości kątowej odbywa się przy ich użyciu bez mechanicznego połączenia między miejscem sygnału nadawczego a miejscem odbioru tego sygnału. Układ elektryczny służący do tego celu spełnia więc rolę wału. Z zasady działania łączy selsynowego wynika, że pomiędzy selsynem nadawczym, a odbiorczym zachodzi równość elektrycznych kątów przesunięcia. Tak więc mechaniczne przełożenie kątów obrotu nadajnika i odbiornika wyraża się stosunkiem liczby par biegunów pola magnetycznego odbiornika p_O do liczby par biegunów nadajnika p_N ($i = p_O : p_N$).

W budowanych dotychczas łączach selsynowych nadajniki i odbiorniki mają najczęściej taką samą liczbę par biegunów pola magnetycznego, a ich wirniki poruszają się z jednakowymi wielkościami kątowymi. Zastosowanie selsynów o różnych liczbach par biegunów pola magnetycznego powoduje, iż odbiornik porusza się z wielkością kątową "i" razy mniejszą od nadajnika, przy czym stosunek tych wielkości kątowych jest stały.

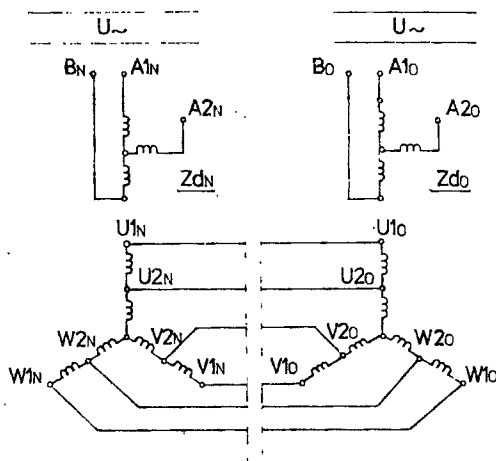
Celem niniejszej pracy jest przedstawienie podstawowych zasad konstrukcji uzwojeń elementów elektromaszynowych tworzących wały elektryczne z możliwością skokowej zmiany przełożenia między nadajnikiem, a odbiornikiem.

2. Opis konstrukcji

Przedstawione układy wałów elektrycznych o zmiennych prędkościach obrotowych mają uzwojenia dwuwarstwowe o jednakowej rozpiętości zezwojów rozłożone na obwodzie stojana i wirnika. Wirnik (nadajnika i odbiornika) posiada zmiennobiegunowe uzwojenie trójfazowe o pasmach fazowych skojarzonych w gwiazdę, rzadziej w trójkąt (rys. 1), których przestrzenny rozkład zezwojów i sposób połączenia w grupach projektuje się wg zasad modulacji kierunkowo-prądowej opisanych między innymi w [1][3][4][7]. Uzwojenie wirnika ma sześć wyprowadzeń sterujących przyłączonych do takiej samej liczby pierścieni ślizgowych.

Zmiennobiegunowe uzwojenia stojanów wykonane mogą być jako jedno — lub trójfazowe. Uzwojenia trójfazowe są projektowane wg zasad modulacji kierunkowo-prądowej [8][9][11] lub zasad modula-

cji fazowo-prądowej [10][11][2]. W uzwojeniach jednofazowych zmiennobiegunowych znacznie trudniej zaprojektować przestrzenny rozkład zezwojów wytwarzających sinusoidalne pole magnetyczne dla obu liczb par biegunów np. [2][5][6]. Poprawę przestrzennego rozkładu pola magnetycznego można uzyskać przez zastosowanie różnej zwojności i rozpiętości zezwojów uzwojenia wzbudzenia.



Rys. 1. Schemat połączenia uzwojeń selsynów realizujących układ wałów elektrycznych o zmiennych przełożeniach

Liczbę cykli fal modulujących należy dobierać tak, aby uzwojenie wzbudzenia i synchronizujące, dla danego połączenia, wytwarzały pola magnetyczne o różnej zawartości harmonicznych (różnych liczbach par biegunów pól harmonicznych).

Przykład: Przykładem może być selsyn zmiennobiegunowy o liczbach par biegunów — mniejszej $p_2 = 2$ oraz większej $p_1 = 3$. Uzwojenie wzbudzenia tego selsyna można zaprojektować tak, że wyjściowym jest uzwojenie dla mniejszej liczby par biegunów, zaś szereg harmonicznych zawiera pola o $p_{zw} = 2; 10; 14; 22 \dots$. Uzwojenie to zmodulowane falą o liczbie cykli $k_w = 1$ wytworzy nowe pole magnetyczne o szeregu liczb par biegunów $p_{1w} = 1; 3; 5; 7; 9; 11 \dots$.

W uzwojeniu synchronizującym tego selsyna należy przyjąć za wyjściowe uzwojenie dla większej liczby par biegunów, które wytworzy pole o liczbach par biegunów $p_{1s} = 3; 15; 21; 33 \dots$. Uzwojenie synchronizujące zmodulowane falą o liczbie cykli $k_s = 5$ wytworzy pole magnetyczne o szeregu liczb par biegunów $p_{2s} = 2; 8; 10; 12 \dots$. Dla tak zaprojektowanych uzwojeń, harmoniczne pola magnetyczne (oprócz podstawowej), wytworzone przez uzwojenie wzbudzenia, nie indukują w uzwojeniu synchronizującym wypadkowych sił elektromotorycznych i nie wytwarzają momentów pasywnych.

Warunkiem prawidłowej pracy wału elektrycznego w stanie statycznym jest równowaga sił elektromotorycznych indukowanych w odpowiadających sobie i połączonych wzajemnie uzwojeniach synchronizujących. Pomijając strumień rozproszenia i pola harmoniczne, można przyjąć, że wartość siły elektromotorycznej indukowanej w uzwojeniu synchronizującym opisuje równanie

$$E_s = C_s \frac{k_{us} \cdot Z_s}{k_{uw} \cdot Z_w} U_w \quad /1/$$

gdzie:

- k_{us} — współczynnik uzwojenia synchronizującego,
- Z_s — liczba zwojów szeregowych pasma uzwojenia synchronizującego,
- k_{uw} — współczynnik uzwojenia wzbudzenia,
- Z_w — liczba zwojów szeregowych pasma uzwojenia wzbudzenia,
- U_w — wartość napięcia zasilającego,
- C_s — stała konstrukcyjna uzwojenia synchronizującego.

Warunek równowagi sił elektromotorycznych, wyrażony parametrami uzwojeń opisuje równanie

$$U_{WN} = \frac{k_{uSN} \cdot Z_{SN}}{k_{uWN} \cdot Z_{WN}} = U_{W0} \frac{k_{uS0} \cdot Z_{S0}}{k_{uW0} \cdot Z_{W0}} \quad /2/$$

w którym indeksy N odnoszą się do nadajnika zaś 0 — do odbiornika.

Przyjmując jednakowe napięcia zasilające uzwojenie wzbudzenia, warunek równowagi statycznej wału elektrycznego zapewniają odpowiednie wartości efektywnych zwojów połączonych szeregowo uzwojeń wzbudzających oraz synchronizujących nadajnika i odbiornika. Dla wału elektrycznego wieloprzętowego równowaga zachodzi dla każdej z liczb par biegunów nadajnika i odbiornika, jest opisana równaniem

$$\frac{k_{uSN1} \cdot Z_{SN1}}{k_{uWN1} \cdot Z_{WN1}} = \frac{k_{uSN2} \cdot Z_{SN2}}{k_{uWN2} \cdot Z_{WN2}} = \frac{k_{uS01} \cdot Z_{S01}}{k_{uW01} \cdot Z_{W01}} = \frac{k_{uS02} \cdot Z_{S02}}{k_{uW02} \cdot Z_{W02}} \quad /3/$$

w którym indeksy 1 dotyczą większej liczby par biegunów, zaś indeksy 2 dotyczą mniejszej liczby par biegunów nadajnika N i odbiornika 0.

Przyjmując modulację kierunkowo-prądową w uzwojeniach synchronizujących nadajnika i odbiornika, dla której

$$Z_{SN1} = 2Z_{SN2} \quad \text{oraz} \quad Z_{S01} = 2Z_{S02}$$

przekształcone równanie /3/ przyjmuje postać

$$\frac{Z_{WN2}}{Z_{WN1}} = \frac{1}{2} \frac{k_{uSN2} \cdot k_{uWN1}}{k_{uSN1} \cdot k_{uWN2}} \quad /4a/$$

$$\frac{Z_{W02}}{Z_{W01}} = \frac{1}{2} \frac{k_{uS02} \cdot k_{uW01}}{k_{uS01} \cdot k_{uW02}} \quad /4b/$$

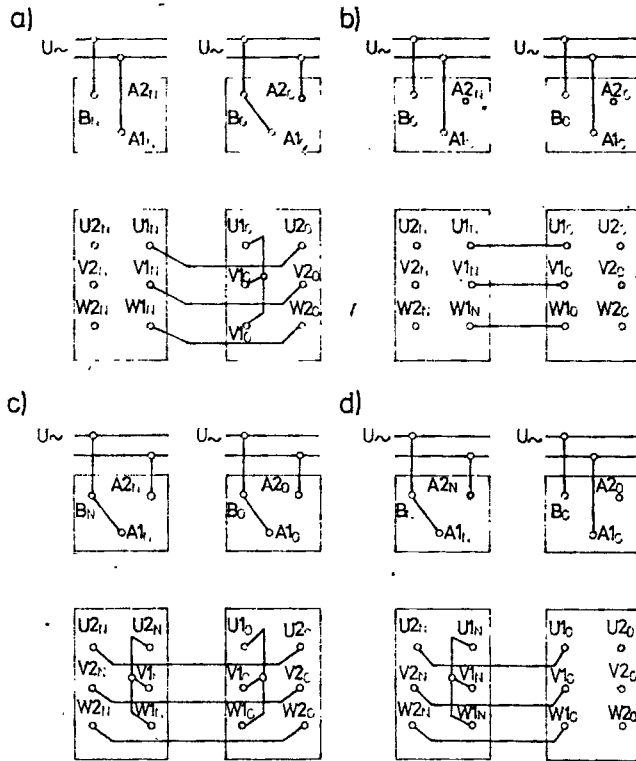
$$\frac{Z_{W01}}{Z_{WN1}} = \frac{k_{US01} \cdot k_{uWN1}}{k_{uW01} \cdot k_{USN1}} \cdot \frac{Z_{WN1} \cdot Z_{S01}}{Z_{SN1} \cdot Z_{W01}}$$

/4c/

Na podstawie równań /4/ określa się liczby zwojów połączonych szeregowo w pasmach fazowych uzwojeń wzbudających selsyna nadawczego i odbiorczego.

W celu dokładnego dopasowania selsynów tworzących wał elektryczny, uzwojenia wzbudzenia mogą mieć sekcje dodatkowe Z_{dN} , Z_{d0} (rys. 1) pracujące tylko przy mniejszej liczbie par biegunów p_2 .

Sekcje te wykonane są drutem nawojowym o przekroju poprzecznym ok. dwukrotnie większym i dwukrotnie mniejszej zwojowości od pozostałych zezwojów uzwojenia wzbudzenia.



Rys. 2. Schemat połączenia zacisków uzwojeń selsynów realizujących układ wałów elektr. o zmiennych przełożeniach dla przekładni: a) 1 : 1, b) 1,33 : 1, c) 1,5 : 1, d) 2 : 1.

Na rysunku 2 pokazano schemat połączeń selsynów z uzwojeniami zmiennobiegunowymi o liczbach par biegunów nadajnika $p_{N1} = 3$, $p_{N2} = 2$ oraz odbiornika $p_{O1} = 4$, $p_{O2} = 3$ realizujących układ wałów elektrycznych o czterech przełożeniach wynoszących $i = 1 : 1$; $1,33 : 1$; $1,5 : 1$; $2 : 1$.

3. Podsumowanie

Istnieje techniczna możliwość budowy łącza selsynowego realizującego układ wałów elektrycznych o skokowo zmiennych prędkościach kątowych. Zmiana ta i jej zakres są warunkowane liczbami par biegunów pola magnetycznego wytwarzanego przez uzwojenia elementów elektromaszynowych tworzących ten układ.

Literatura

- [1] Broadway A.R.W.: Part symmetrisation of 3-phase windings. Proc. IEE, Vol. 122, nr 2, 1975.
- [2] Eastham J.F., Mc. Lean G.W.: Single-phase two-speed pole-change motors using phase-misig techniques. Proc IEE, Vol. 112, nr 6, 1965.
- [3] Kordecki A., Zawilak J.: Łącze selsynowe o regulowanym przełożeniu, zgł. Patent. PRL nr P-235008.
- [4] Fong W.: Wide ratio two speed single-windings induction motors. Proc. IEE, Vol. 112, nr 7, 1965.
- [5] Krishnamurthy M.R., Sastry V.V.: Speed-changing single-phase induction motors with single-layer windings, IEEE Trans. Power App. and Sys. Vol. PAS-88, nr 4, 1968.
- [6] Krishnamurthy M.R., Sastry V.V.: Developments in speed changing single phase inductions motors, IEEE Trans. Power. App and Sys. Vol. PAS-88, nr 4, 1968.
- [7] Rawcliffe G.H., Fong W.: Close-ratio two speed single-windings induction motors. Proc. IEE Vol. 110, nr 5, 1963.
- [8] Rawcliffe G.H., Fong W.: Clock diagrams and pole-amplitude modulation. Proc. IEE Vol. 118, nr 5, 1971.
- [9] Rawcliffe G.H., Fong W.: Residual unbalance in symmetriesed windings. Proc. IEE, Vol. 121, nr 7, 1974.
- [10] Zawilak J.: Zmiennebiegunowe uzwojenia trójfazowe silników asynchronicznych, Przegląd Elektrotechniczny, nr 8, 1977.
- [11] Zawilak J.: Uzwojenia trójfazowe przełączalne silników elektrycznych asynchronicznych o dwóch prędkościach obrotowych. Archiwum Elektrotechniki nr 3, 1981.