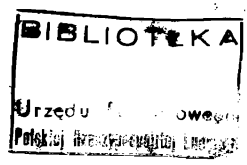
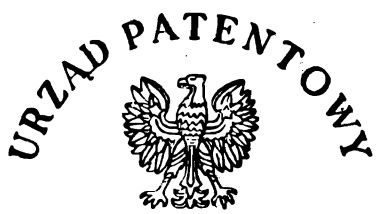


402p 9/14



POLSKIEJ RZECZYPOSPOLITEJ LUDOWEJ

OPIS PATENTOWY

Nr 44322

Kl. 21 d², 9

VEB Wissenschaftlich - Technisches Büro für Gerätebau *)

Berlin, Niemiecka Republika Demokratyczna

Sposób złożonej regulacji wzbudzenia maszyn synchronicznych dla zwiększenia stabilności ich obrotów

Patent trwa od dnia 10 listopada 1958 r.

Wynalazek dotyczy sposobu zwiększenia stabilności obrotów maszyn synchronicznych przy pomocy złożonej regulacji wzbudzenia.

Przyjęcie kąta obciążenia δ maszyny synchronicznej, przedstawiającego przesunięcie fazowe wektora siły elektromotorycznej od strumienia magnesów względem wektora napięcia sieci, jako wielkości nastawczej w układzie stabilizacji obrotów maszyn synchronicznych jest możliwe przy założeniu zmienności obrotów wirnika z biegunami wydatnymi lub z biegunami utajonymi. Wartość rzeczywistą kąta obciążenia maszyny można wyznaczyć, przy pomocy elektromechanicznych członów pomiarowych, jedynie przy zmianie obrotów wirnika, do której wartość ta jest proporcjonalna.

Każdą zmianę liczby obrotów poprzedza jednak zmiana parametrów pracy maszyny synchronicznej (zmiana obciążenia lub zakłócenie).

Po założeniu zmiany parametrów należy przede wszystkim rozważyć zmianę obrotów. Niestalość prędkości kątowej wirnika jest oczywiście niepożądana ze względu na stabilność pracy maszyny. Mogą tu wystąpić szkodliwe kołysania wirnika, a nawet wypadnięcie maszyny z synchronizmu. Należy więc, po przyspieszeniu względnie opóźnieniu wirnika wymusić, przy pomocy układu regulacyjnego pierwotne, stałe obroty.

Wykorzystując do stabilizacji, jako wielkość nastawczą kąt δ_r przesunięcia fazowego siły elektromotorycznej od wypadkowego strumienia szczeliny powietrznej, względem napięcia sieci można zrezygnować ze zmiany obrotów, jako punktu wyjściowego rozważań, a także działania układu regulacyjnego. Proces regulacji opiera się tutaj nie na założeniu zmiany obrotów związanej z dużą bezwładnością wirnika, lecz na szybciej zachodzących zmianach parametrów elektrycznych. Podany sposób działania układu regulacyjnego zabezpiecza stabil-

* Właściciel patentu oświadczył, że twórcą wynalazku jest Hellmut Völker.

na pracę maszyny synchronicznej w układzie energetycznym.

Dla otrzymania niezawodnej współpracy maszyny synchronicznej z siecią, przy wszelkich zmianach warunków ruchu, a także 100%-go wykorzystania termicznego maszyny, przy obciążeniu silnie biernym, konieczne jest wprowadzenie dodatkowej stabilizacji obrotów, (prócz samosynchronizacji), aby zapobiec wspomnianym już kołysaniom wirnika oraz wypadnięciu z synchronizmu.

Dodatkowa sztuczna stabilizacja maszyny synchronicznej potrzebna jest przy pracy na obciążenie pojemnościowe sieci, kiedy to maszyna jest niewzbudzona lub niedowzbudzona, przy pracy na obwód rezonansowy, na który składa się: indukcyjność maszyn i pojemność linii oraz przy uderzeniach obciążenia.

Na rysunku fig. 1 przedstawia definicję kąta δ obciążenia, fig. 2 — wykres wektorowy, a fig. 3 — układ połączeń.

Stabilizację maszyny synchronicznej uzyskuje się przez dodatkową regulację wzbudzenia poza pośpieszną regulacją napięcia. Jako wielkość nastawcza procesu regulacyjnego użyty jest kąt δ przesunięcia fazowego wektorów siły elektromotorycznej od strumienia magnesów oraz napięcia sieci. Po przekształceniu wielkości kąta δ na proporcjonalne do niej napięcie U_δ oddziaływanie się na obwód wzbudzenia przy pomocy tego napięcia i jego pochodnych: U_δ' , U_δ'' .

Fig. 1 przedstawia wzajemne usytuowanie osi podłużnej magnesów (bieguna P), siły elektromotorycznej E_p indukowanej w stojanie przez strumień magnesów oraz napięcia sieci.

Dotychczas używano kąta obciążenia maszyny synchronicznej, jako wielkości nastawczej i zakładano zmianę prędkości kątowej wirnika, a więc pokonywanie dużej bezwładności mas wirujących. Ponadto potrzebne były dodatkowe maszyny lub pomocnicze aparaty do określania siły elektromotorycznej od strumienia magnesów, w celu uzyskania napięcia U_δ wprowadzanego do maszyny synchronicznej od strony wzbudzenia.

Okoliczność, że przy zmianach obciążenia występuje w maszynie najpierw zmiana parametrów elektrycznych, a następnie dopiero zmiana ta pociąga za sobą zmianę obrotów wirnika, naprowadziła na myśl, by zamiast kąta δ obciążenia maszyny przyjąć dla celów stabilizacji kąt δ_r między siłą elektromotoryczną wypadkową a napięciem sieci. Przy zmianie obcią-

żenia, a w krańcowym wypadku przy zwarciu kąt δ_r zmienia się o wartość $\Delta \delta_r$, natomiast kąt δ obciążenia pozostaje chwilowo nie zmieniony z powodu dużej bezwładności wirnika.

Fig. 2 przedstawia uproszczony wykres wektorowy prądnicy synchronicznej w stanie nie ustalonym, przy obciążeniu udarowym. Siła elektromotoryczna wypadkowa E_r w stojanie przechodzi w położenie E_r' , doznając przyrostu ΔE_r . W tym samym czasie siła elektromotoryczna E_p od strumienia magnesów wzrasta do wartości E_p' , przy nie zmienionym kącie obciążenia.

Na wykresie tym pokazano również odpowiadające siłom elektromotorycznym, prostopadłe do nich wektory strumieni magnetycznych: Φ_p — strumień magnesów, po zwiększeniu wzbudzenia, Φ_r — strumień wypadkowy w szczelinie powietrznej, przed udarem obciążenia, $\Phi_r' + \Delta \Phi_r$ — strumień wypadkowy, po zwiększeniu obciążenia, Φ_r — strumień oddziaływania twornika, wywołany prądem I_s stojana. Napięcie bierne wyrażone ogólnym wzorem jIX , w którym j — oznacza pierwiastek z -1 , I — prąd, a X — oporność bierna, przyjmuje tu postać: $jI(X_n - X\sigma)$, gdzie X_n oznacza opór indukcyjny, odpowiadający oddziaływaniu twornika, a $X\sigma$ — opór indukcyjny rozproszenia strumienia stojana.

Kąt fazowy między napięciem sieci U_1 i prądem stojana I oznaczony jest przez φ .

Dla otrzymania wielkości nastawczej U_δ , proporcjonalnej do kąta między siłą elektromotoryczną wypadkową a napięciem sieci, jak również dla otrzymania pochodnej U_δ' , zastosowano według wynalazku znane, bezinercyjne generatory Halla. Generatory te umieszczono w szczelinie powietrznej między stojanem a wirnikiem, w pobliżu blach stojana, na obszarze jednej podziałki biegunowej, wskutek czego napięcie efektu Halla U_H , opartego na zjawisku galwanomagnetycznym, można zmierzyć jako napięcie magnetyczne szczeliny powietrznej.

Napięcie efektu Halla jest proporcjonalne do wypadkowej indukcji B_r panującej w szczelinie i wyprzedza ono o 90° siłę elektromotoryczną wypadkową.

Do podanych celów nadają się szczególnie dobrze znane indoarsenkowe generatory Halla, gdyż posiadają one charakterystyki nie zależne w szerokim zakresie od temperatury.

Ponieważ wielkość nastawcza U_δ wraz z jej

pochodną dodają się do wielkości nastawczej $U_{ep'}$ z pośpiesznego regulatora SR napięcia prądnicy, dając w wyniku, bądź napięcie wypadkowe: $U_{\vartheta_r, \vartheta_{r,ep'}}$, bądź też przepływ wypadkowy $\Theta_{\vartheta_r, \vartheta_{r,ep'}}$, sterujący wzbudzeniem maszyny, uzyskuje się w ten sposób ocenę stabilności pracy maszyny, przy zmianach obciążenia, a w szczególności maksymalny kąt kołysania względem ustalonej wartości kąta obciążenia.

Wynalazek daje teoretyczną możliwość osiągnięcia zmiany kąta obciążenia maszyny w sposób aperiodyczny. Już od pierwszej chwili rozpoczęcia procesu zmiany kąta obciążenia zmienia się wzbudzenie oraz opór synchroniczny maszyny stosownie do nowego stanu obciążenia przy pomocy zmienionej wartości kąta ϑ_r . Pochodna względem czasu kąta ϑ_r , wyrażająca się wzorem $\dot{\vartheta}_r = \frac{d\vartheta_r}{dt}$ musi mieć wartość ograniczoną, aby uniknąć przewzbudzenia, co mogłoby doprowadzić do kołysania wirnika.

Fig. 3 przedstawia zasadniczy układ złożonej stabilizacji maszyny synchronicznej sposobem według wynalazku. Układ obejmuje maszynę synchroniczną S ze wzmacniaczem elektromaszynowym hn jako wzbudnicą pomocniczą i ze wzmacniaczem elektromaszynowym H jako wzbudnicą główną, następnie pośpieszny regulator napięcia SR oraz generatory Halla HGm i HGl dla otrzymania napięcia proporcjonalnego do siły elektromotorycznej E_r i zgodnego z nią w fazie. Napięcia U_{Hm} oraz U_{Hl} wzbudzone w generatorach Halla HGm i HGl podaje się na wejście wzmacniacza V . Napięcie wyjściowe U_H wzmacniacza jest proporcjonalne do sumy $U_{Hm} + U_{Hl}$, wielkość zaś i kierunek jego odpowiada wektorowi siły elektromotorycznej E_r . Wyższe harmoniczne na wyjściu wzmacniacza tłumione są przez filtr SG . Napięcie efektu Halla, wyrażone poprzez U_H jest porównywane w indykatorze JGr z napięciem sieci U_1 i różnica $U_{\vartheta_r} = U_H - U_1$ stanowi wielkość nastawczą dla stanu ustalonego. Przy biegu jałowym można uzyskać $U_{\vartheta_r} = 0$. W stanach nieustalonych natomiast dochodzi

jeszcze wartość pochodnej $U_{\dot{\vartheta}_r} = \frac{dU_{\vartheta_r}}{dt}$

otrzymana także w indykatorze $J\dot{\vartheta}_r$, przy pomocy członu różniczkującego.

Przyrząd pomiarowy HA wskazuje wartość kąta ϑ_r , przesunięcia fazowego wypadkowej siły elektromotorycznej twornika i napięcia sieci.

W przykładzie według wynalazku wielkość nastawcza kąta $U_{\vartheta_r, \vartheta_r}$ dopasowywana jest przy pomocy urządzenia StE , a wielkość nastawcza napięcia $U_{ep'}$, przy pomocy urządzenia SF , wskutek czego suma $U_{\vartheta_r, \vartheta_{r,ep'}}$ tych wielkości nastawczych, tworzona w pośpiesznym regulatorze napięcia SR i podawana do wzbudzenia uwzględnia obie wielkości w odpowiednim stosunku. Sterować można albo za pośrednictwem uzwojenia wzbudzenia w_h wzbudnicy pomocniczej hn , albo też bezpośrednio uzwojeniem wzbudzenia w_H wzbudnicy głównej H . Jeżeli zastosować, jako stopień wzbudzenia wzmacniacz elektromaszynowy z polem poprzecznym, np. amplidyne, to wartość nastawczą kątową $U_{\vartheta_r, \vartheta_r}$ doprowadza się nie do szybkiego regulatora napięcia SR, lecz do jednego z uzwojeń sterujących wzmacniacza, gdzie tworzona jest suma nie napięć nastawczych, lecz przepływów, odpowiadających nastawczej wielkości napięciowej i kątowej.

Wartość zadaną napięcia U_1 maszyny, a zarazem wzbudzenia w_p nastawia się przy pomocy urządzenia nastawczego SE . Przy współpracy maszyny z siecią, układ regulacji obejmuje nie tylko maszynę S o oporności biernej X_s , lecz również odcinek linii doprowadzającej L o impedencji $R + jX$ (gdzie R oznacza opór czynny, a X — opór bierny doprowadzenia). Sieć sztywną o napięciu U_2 oznaczono na rysunku przez N . Na stanowisku pomiarowym UM można wybrać do pracy układu napięcie U_1 lub też napięcie U_s . Napięcie U_p służy do tłumienia drgań układu regulacyjnego, ponieważ jest tu zastosowane ujemne sprzężenie zwrotne napięciowe.

Ponieważ zmiany kąta ϑ obciążenia maszyny i kąta ϑ_r między siłą elektromotoryczną wypadkową a napięciem sieci są do siebie proporcjonalne (według podobieństwa trójkątów), przy opisanym więc sposobie regulacji można nie brać w ogóle pod uwagę kąta obciążenia.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób złożonej regulacji wzbudzenia maszyn synchronicznych, mający na celu rozszerzenie zakresu roboczego tych maszyn i zwiększenie stabilności ich ruchu, znamienny tym, że kąt (ϑ_r) między wektorem wypadkowej siły elektromotorycznej (E_r) stojana i wektorem napięcia sieci mierzy się za pomocą generatorów Halla, umieszczonych na żelazie stojana w obszarze jed-

nej podziałki biegunowej, przy czym otrzymane napięcie proporcjonalne do tego kąta i do prędkości zmiany tego kąta stosuje się jako wielkość nastawczą do regulacji napięcia wzbudzenia maszyny synchronicznej.

2. Sposób według zastrz. 1, znamieny tym, że stosunek wielkości nastawczej uzyskanej za pomocą generatora lub generatorów Halla oraz wielkości nastawczej, otrzymanej z pośpiesznego regulatora napięcia dobiera się tak, aby zakres roboczy oraz stabilność pracy maszyny synchronicznej zwiększały się.
3. Sposób według zastrz. 1 i 2, znamieny tym, że wielkość nastawczą otrzymywaną za pomocą generatora lub generatorów Halla, doprowadza się do pośpiesznego regulatora napięcia tak, iż wypadkowa wielkość nastawcza doprowadzona do wzbudzenia maszyny synchronicznej wynika z dodawania napięć sterujących.
4. Sposób według zastrz. 1 i 2, znamieny tym, że wielkość nastawczą otrzymywaną za po-

mocą generatora lub generatorów Halla oraz wielkość nastawczą, otrzymywaną z pośpiesznego regulatora napięcia, doprowadza się do wzbudzenia maszyny synchronicznej tak, iż wypadkowa wielkość nastawcza wynika z dodawania przypiływów magnetycznych.

5. Sposób według zastrz. 1 — 4, znamieny tym, że z góry wyznaczoną zmianę prędkości wirujących mas maszyny stosuje się dopiero, jako skutek wielkości nastawczych dla regulacji wzbudzenia, otrzymanych na zasadzie elektromagnetycznej lub galwanomagnetycznej proporcjonalnych zarówno do kąta (ϑ_r) między siłą elektromotoryczną wypadkową i napięciem (U_1), jak i do szybkości zmiany tego kąta.

VEB

Wissenschaftlich - Technisches
Büro für Gerätebau

Zastępca: inż. Józef Felkner
rzecznik patentowy

