

**POLSKA  
RZECZPOSPOLITA  
LUDOWA**



**URZĄD  
PATENTOWY  
PRL**

# **OPIS PATENTOWY**

**144 010**

Patent dodatkowy  
do patentu nr \_\_\_\_\_

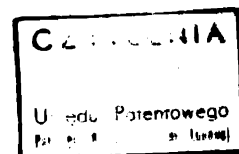
Zgłoszono: 84 06 13 (P. 248221)

Pierwszeństwo \_\_\_\_\_

Zgłoszenie ogłoszono: 85 12 17

Opis patentowy opublikowano: 89 02 28

Int. Cl.<sup>4</sup> H02P 7/628



**Twórcy wynalazku:** Józef Skotniczny, Janusz Grzegorski, Aleksander Dziadecki

**Uprawniony z patentu:** Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica,  
Kraków (Polska)

## **Sposób i układ sterowania częstotliwościowego napędu elektrycznego**

Przedmiotem wynalazku jest sposób sterowania częstotliwościowego napędu elektrycznego asynchronicznego oraz układ sterowania częstotliwościowego napędu elektrycznego asynchronicznego.

Znany z książki autorów Henryka Tuni i Mariana Kaźmierkowskiego pt.: „Podstawy automatyki napędu elektrycznego”, PWN 1978, str. 285 rys. 8,20, układ sterowania prędkości obrotowej silnika asynchronicznego zasilanego przez pośredni przemiennik częstotliwości z falownikiem prądu zawiera regulator poślizgu połączony z generatorem zadanej wartości prądu stojana w funkcji częstotliwości poślizgu. Generator jest połączony z regulatorem prądu połączonym ze sterownikiem mostka prostowniczego. Wyjście regulatora poślizgu i układu pomiaru prędkości obrotowej maszyny są połączone z sumatorem, którego wyjście jest połączone poprzez przetwornik U/f ze sterownikiem falownika. Wadą tego układu jest połączenie regulatora poślizgu z generatorem sygnału zadanej wartości prądu stojana przy którym wobec obarczenia sygnału poślizgu znacznym błędem, realizowane pośrednie sterowanie strumienia jest równie mało dokładne.

Znany sposób regulacji częstotliwościowego napędu asynchronicznego realizujący zmianę napięcia bądź prądu przemiennika i częstotliwości falownika polega na tym, że wartość amplitudy prądu lub napięcia silnika kształtuje się tak, aby w każdych warunkach pracy silnika kwadrat amplitudy jego strumienia utrzymywać na niezmiennym poziomie równym aktualnej wartości zadanej. Równocześnie częstotliwość prądu falownika kształtuje się w proporcjonalno-całkującym regulatorze tak, aby w każdej chwili poślizg silnika był równy zadanej wielkości poślizgu zadanej.

Znany jest również (polskie zgłoszenie patentowe nr P 237 413) sposób sterowania częstotliwościowego napędu elektrycznego realizujący zmiany napięcia lub prądu silnika, bądź grupy silników i częstotliwości falownika polega na tym, że częstotliwość falownika kształtuje się w proporcjonalnocałkującym regulatorze, w zależności od różnicy sygnału zadanej z regulatora częstotliwości i sygnału proporcjonalnego do składowej czynnej prądu czynnego z regulatora częstotliwości, za pomocą sygnału proporcjonalnego do wielkości strumienia rzeczywistego silnika bądź grupy silników asynchronicznych. Dodatkowo kształtuje się wartość strumienia zadanej w funkcji częstotliwości, korzystnie powiększa się go w miarę obniżenia częstotliwości falownika do zera i równocześnie zmienia się jego wartość chwilową za pomocą piłokształtnego napięcia,

o amplitudzie odwrotnie proporcjonalnej do częstotliwości falownika i o częstotliwości korzystnie sześć razy większej niż częstotliwość wyjściowa falownika, utworzonego w generatorze sterowanym impulsami wyzwalającymi tyrystory falownika.

Sygnał proporcjonalny do prądu czynnegoo falownika zastępuje się sygnałem proporcjonalnym do wartości kąta fazowego między pierwszą harmoniczną napięcia i pierwszą harmoniczną prądu falownika.

Znany (polskie zgłoszenie patentowe nr P. 224093) układ sterowania napędu asynchronicznego z falownikiem prądu zawiera regulator prędkości obrotowej, którego wejście łączy się z zadajnikiem i z tachoprądnicą sprzężoną z silnikiem. Wyjście regulatora prędkości obrotowej łączy się poprzez przetwornik nieliniowy i człon sumująco-ograniczający z czujnikiem prądu i regulatorem prądu. Wyjście regulatora prądu jest połączone z wejściem sterującym przekształtnika, który przez falownik zasila silnik asynchroniczny. Wejście sterujące falownika jest połączone poprzez przetwornik napięcie — częstotliwość z sumatorem. Wyjście sumatora jest połączone z wejściem regulatora poślizguadanego, którego wyjście łączy się z wejściami ograniczającymi regulatora prędkości obrotowej. Wyjście regulatora prędkości obrotowej dodatkowo łączy się z wejściem sumatora poprzez obwód proporcjonalno-różniczkujący. Ponadto układ zawiera czujnik napięcia silnika, który jest połączony ze źródłem napięcia i z wejściem regulatora napięcia, którego wyjście łączy się z drugim wejściem członu sumująco-ograniczającego.

Istota sterowania częstotliwościowego napędu elektrycznego realizuje zmiany napięcia lub prądu wyjściowego oraz częstotliwości przemiennika. Częstotliwość przemiennika kształtuje się w proporcjonalno-całkującym regulatorze w zależności od różnicy sygnału napięcia zadanego z regulatora częstotliwości i sygnału proporcjonalnego do składowej czynnej strumienia magnetycznego maszyny, bądź sygnału proporcjonalnego do wartości kąta fazowego między strumieniem maszyny a prądem przemiennika, przy czym sygnał wyjściowy z regulatora częstotliwości ogranicza się sygnałem warunkującym powstanie momentu elektromagnetycznego maszyny, którym jest sygnał strumienia rzeczywistego maszyny lub sygnał będący sumą sygnałów strumienia rzeczywistego i błędu strumienia albo sygnał będący sumą sygnałów prądu rzeczywistego i błędu strumienia bądź sygnał będący sumą sygnału stałego i sygnału błędu strumienia, a także sygnał będący sumą sygnału prądu rzeczywistego i sygnału strumienia rzeczywistego.

Układ sterowania częstotliwościowego napędu elektrycznego, zawiera blok obliczenia błędu strumienia, którego jedno wejście jest połączone z blokiem pomiaru strumienia rzeczywistego, a drugie z wyjściem bloku kształtowania strumienia. Jedno wejście bloku kształtowania strumienia jest połączone z zadajnikiem strumienia, a drugie z wyjściem regulatora strumienia czynnego, które również łączy się z blokiem sterowania falownika i z jednym z wejść regulatora częstotliwości, którego drugie wejście łączy się z zadajnikiem częstotliwości. Wyjście regulatora częstotliwości łączy się z wejściem regulatora strumienia czynnego. Wyjście bloku obliczania błędu strumienia jest połączone poprzez regulator strumienia z blokiem sterowania przekształtnika. Układ ma blok wypracowania ograniczeń sygnału wyjściowego z regulatora częstotliwości, którego jedno z wejść jest połączone z blokiem pomiaru prądu rzeczywistego, drugie z wyjściem bloku obliczania błędu strumienia, trzecie z wyjściem bloku pomiaru strumienia rzeczywistego, a pozostałe wejście łączy się z potencjometrycznym zadajnikiem ograniczenia, zaś wyjście bloku wypracowań ograniczeń sygnału wyjściowego z regulatora częstotliwości jest połączone z regulatorem częstotliwości. Dodatkowe wejście regulatora strumienia czynnego jest połączone z blokiem pomiaru strumienia czynnego.

Zaletą sposobu i układu sterowania częstotliwościowego napędu elektrycznego, według wynalazku, jest wyeliminowanie techniczne trudnego do uzyskania sygnału momentu bądź poślizgu silnika i zastąpienie go znacznie łatwiejszym do realizacji sygnałem strumienia czynnego lub sygnałem kąta fazowego między strumieniem a prądem, przy utrzymaniu dobrych własności statycznych i dynamicznych napędu. Układ według wynalazku, ułatwia konstrukcję napędu grupowego, gdyż nominalna wartość sygnału strumienia czynnego nie zmienia się w zależności od ilości równolegle połączonych silników.

Przedmiot wynalazku jest uwidoczniony w przykładowym wykonaniu na rysunku, który przedstawia schemat blokowy układu.

Sposób sterowania częstotliwościowego napędu asynchronicznego realizuje zmiany napięcia lub prądu wyjściowego oraz częstotliwość przemiennika. Zwiększenie momentu obciążenia silnika spowoduje zmniejszenie prędkości obrotowej wału, zmniejszenie strumienia magnetycznego i zwiększenie strumienia czynnego. W wyniku czego pojawi się sygnał błędu strumienia, który kształtuje się w regulatorze proporcjonalno-całkującym w zależności od różnicy sygnału napięcia zadanego z regulatora częstotliwości i sygnału proporcjonalnego do składowej czynnej strumienia magnetycznego maszyny, lub sygnału proporcjonalnego do wartości kąta fazowego między strumieniem maszyny a prądem przemiennika. Sygnałem tym zwiększa się prąd przekształtnika tak, aby błąd strumienia został zredukowany do zera. Jednocześnie sygnałem błędu strumienia zmniejsza się sygnał zadanego strumienia czynnego, który się teraz będzie różnił od rzeczywistego strumienia czynnego. Regulatorem strumienia czynnego wypracowuje się zmieniony sygnał częstotliwości falownika, tak aby błąd strumienia czynnego zredukować do zera. Sygnał wyjściowy z regulatora częstotliwości ogranicza się sygnałem strumienia rzeczywistego maszyny lub sygnałem, będącym sumą sygnałów strumienia rzeczywistego i błędu strumienia albo sygnałem będącym sumą sygnałów prądu rzeczywistego i błędu strumienia lub sygnału będącego sumą sygnału stałego i sygnału błędu strumienia bądź sygnałem będącym sumą sygnałów prądu rzeczywistego i sygnału strumienia rzeczywistego.

Jeżeli wartość sygnału strumienia rzeczywistego obniży się do 90% jego wartości nominalnej, to sygnał wyjściowy z regulatora częstotliwości ogranicza się do 80% wartości zadanej panującej przy strumieniu znamionowym. Natomiast jeżeli wartość sygnału strumienia rzeczywistego obniży się do 50% jego wartości nominalnej to sygnał wyjściowy z regulatora częstotliwości ogranicza się do zera.

Układ zawiera blok obliczania błędu strumienia 1, którego jedno wejście jest połączone z wyjściem bloku kształtowania strumienia 2, a drugie wejście bloku obliczania błędu strumienia 1 jest połączone z blokiem pomiaru strumienia rzeczywistego 3, który również łączy się z jednym z wejść bloku wypracowania ograniczeń 1 sygnału wyjściowego z regulatora częstotliwości. Natomiast wyjście bloku obliczania błędu strumienia 1 jest połączone z kolejnym wejściem bloku wypracowania 4 sygnału wyjściowego z regulatora częstotliwości i z wejściem regulatora strumienia 5, którego wyjście jest połączone z blokiem sterowania przekształtnika 6. Jedno wejście bloku kształtowania strumienia 2 jest połączone z potencjometrycznym zadajnikiem strumienia 7, a drugie z wyjściem regulatora strumienia czynnego 8, które również łączy się z blokiem sterowania falownika 9 i z jednym z wejść sumujących regulatora częstotliwości 10. Wejście ograniczające regulatora częstotliwości 10 jest połączone z wyjściem bloku wypracowania ograniczeń 4, a drugie wejście sumujące z potencjometrycznym zadajnikiem częstotliwości 11. Wyjście regulatora częstotliwości 10 jest połączone z jednym z wejść regulatora strumienia czynnego 8, którego drugie wejście jest połączone z blokiem pomiarowym strumienia czynnego 12. Kolejne dwa wejścia bloku wypracowania ograniczeń 4 są połączone jedno z blokiem pomiaru prądu rzeczywistego 13, a drugie z potencjometrycznym zadajnikiem ograniczeń 14.

Działanie układu, według wynalazku ma przebieg następujący. Sygnał zadanego strumienia magnetycznego maszyny otrzymany z zadajnika potencjometrycznego 7 kształtuje się w bloku kształtowania strumienia 2 przykładowo w celu zmniejszenia oscylacji prądu. Tak ukształtowany sygnał jest następnie porównywany z sygnałem z bloku pomiaru rzeczywistego strumienia 3 w celu otrzymania sygnału błędu strumienia. Sygnał błędu strumienia podaje się na wejście proporcjonalno-całkującego regulatora strumienia 5, którego sygnał wyjściowy jest równocześnie sygnałem zadawanego prądu przekształtnika. Jeżeli sygnał zadanego strumienia jest różny od sygnału strumienia rzeczywistego to regulator strumienia 5 będzie tak zadawał prąd, aby sygnał błędu strumienia 5 zredukować do zera. Sygnał zadanej częstotliwości z zadajnika potencjometrycznego 11 jest podawany na wejście regulatora częstotliwości 10. Na drugie wejście tego regulatora podaje się sygnał częstotliwości rzeczywistej z regulatora strumienia czynnego 8. Regulator częstotliwości 10 typu PI wypracuje sygnał zadanego strumienia czynnego. Wielkość tego sygnału jest ograniczona przez sygnał wypracowany w bloku formowania ograniczeń 4 na podstawie sygnału strumienia i sygnału błędu strumienia.

## Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób sterowania napędu asynchronicznego realizujący zmiany napięcia lub prądu wyjściowego oraz częstotliwości przemiennika, **znamienny tym**, że częstotliwość przemiennika kształtuje się w proporcjonalno-całkującym regulatorze w zależności od różnicy sygnału napięcia zadanego z regulatora częstotliwości i sygnału proporcjonalnego do składowej czynnej strumienia magnetycznego maszyny, bądź sygnału proporcjonalnego do wartości kąta fazowego między strumieniem maszyny a prądem przemiennika, przy czym sygnał wyjściowy z regulatora częstotliwości ogranicza się sygnałem warunkującym powstanie momentu elektromagnetycznego maszyny.

2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że sygnałem warunkującym powstanie momentu elektromagnetycznego maszyny jest sygnał strumienia rzeczywistego maszyny.

3. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że sygnałem warunkującym powstanie momentu elektromagnetycznego maszyny jest sygnał będący sumą sygnałów strumienia rzeczywistego i błędu strumienia.

4. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że sygnałem warunkującym powstanie momentu elektromagnetycznego maszyny jest sygnał będący sumą sygnałów prądu rzeczywistego i błędu strumienia.

5. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że sygnałem warunkującym powstanie momentu elektromagnetycznego maszyny jest sygnał będący sumą sygnału stałego i sygnału błędu strumienia.

6. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że sygnałem warunkującym powstanie momentu elektromagnetycznego maszyny jest sygnał będący sumą sygnału prądu rzeczywistego i sygnału strumienia rzeczywistego.

7. Układ sterowania częstotliwościowego napędu elektrycznego, zawierający blok obliczania błędu strumienia, którego jedno wejście jest połączone z blokiem pomiaru strumienia rzeczywistego, a drugie z wyjściem bloku kształtowania strumienia, mającego jedno wejście połączone z zadajnikiem strumienia, a drugie z wyjściem regulatora strumienia czynnego, które również łączy się z blokiem sterowania falownika i z jednym z wejść regulatora częstotliwości, a jego drugie wejście łączy się z zadajnikiem częstotliwości, zaś wyjście regulatora częstotliwości łączy się z wejściem regulatora strumienia czynnego, zaś wyjście bloku kształtowania błędu strumienia jest połączone poprzez regulator strumienia z blokiem sterowania przekształtnika, **znamienny tym**, że ma blok formowania ograniczeń (4) sygnału wyjściowego z regulatora częstotliwości, którego jedno z wejść jest połączone z blokiem pomiaru prądu rzeczywistego (13), drugie z wyjściem bloku obliczania błędu strumienia (1) trzecie z wyjściem bloku pomiaru strumienia rzeczywistego (3) a pozostałe wejście łączy się z potencjometrycznym zadajnikiem ograniczenia (14), natomiast wyjście bloku formowania ograniczeń (4) sygnału wyjściowego z regulatora częstotliwości jest połączone z wejściem ograniczającym regulatora częstotliwości (10), poza tym drugie wejście regulatora strumienia czynnego (8) jest połączone z blokiem pomiaru strumienia czynnego (12).

