

POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA



URZĄD
PATENTOWY
PRL

OPIS PATENTOWY

64716

Patent dodatkowy
do patentu _____

Kl. 21 d³, 2

Zgłoszono: 19.VII.1969 (P 134 946)

Pierwszeństwo: _____

MKP H 02 p, 5/52

Opublikowano: 15.V.1972



Twórca wynalazku: Jerzy Kaliński

Właściciel patentu: Polska Akademia Nauk Zakład Doświadczalny Budowy
Aparatury Naukowej UNIPAN, Warszawa (Polska)

Układ automatycznej kontroli i regulacji optymalnej wartości kąta przesunięcia fazowego napięć zasilania dwufazowych silników asynchronicznych

1

Przedmiotem wynalazku jest układ automatycznej kontroli i regulacji optymalnej wartości kąta przesunięcia fazowego napięć zasilania dwufazowych silników asynchronicznych, jako elementów wykonawczych w układach automatycznej regulacji i sterowania.

Dwufazowe silniki asynchroniczne stosowane jako elementy wykonawcze w układach automatycznej regulacji i sterowania przekształcają określony sygnał elektryczny doprowadzany do uzwojenia sterującego na przemieszczenie kątowe osi silnika.

W zależności od rodzaju sterowania, sygnałami powodującymi działanie silnika są: pojawienie się napięcia sterującego, zmiana fazy napięcia sterującego w stosunku do napięcia wzbudzającego lub jednoczesna zmiana napięcia sterującego i jego fazy względem napięcia wzbudzającego. Największy moment obrotowy na osi silnika wytwarzany w przypadku wzbudzenia kołowego pola wirującego powstaje przy względnym kącie przesunięcia fazowego prądów w obu uzwojeniach, równym $\frac{\pi}{2}$

radianów oraz przy równych przepływach w obu uzwojeniach. Niewypełnienie jednego z tych warunków powoduje powstanie pola eliptycznego stanowiącego sumę dwóch pól kołowych wirujących w przeciwnych kierunkach, przy czym pole współbieżne wytwarza moment obrotowy, zaś pole przeciwbieżne moment hamujący.

Amplituda pola przeciwbieżnego zwiększa się wraz ze wzrostem stopnia odkształcenia pola wypadkowego od pola kołowego, które to pole wypadkowe przechodzi w oscylujące pole przemienne, gdy napięcie sterujące rów-

2

ne jest zeru, albo gdy napięcie wzbudzające równe jest zeru, lub gdy względny kąt przesunięcia fazowego między napięciem sterującym i wzbudzającym równy jest zeru lub wielokrotności π radianów. W takim przypadku amplitudy pól współbieżnego i przeciwbieżnego zostają wyrównane i silnik nie wytwarza momentu obrotowego. W przypadkach pośrednich wystąpienie pola hamującego powodowane zmianą amplitudy lub fazy napięcia sterującego pogarsza wskaźniki energetyczne silnika, zmniejsza sprawność i moc oddawania na wał, ale jednocześnie umożliwia uzyskanie dobrych właściwości regulacyjnych dwufazowego silnika asynchronicznego.

Przy sterowaniu fazowym optymalną wartością amplitudy napięcia sterującego jest jej wartość znamionowa, która utrzymywana jest na stałym poziomie w całym zakresie zmian kąta φ przesunięcia fazowego sygnału sterującego względem wzbudzającego. W takim przypadku wystąpienie pola hamującego jest wynikiem zmiany względnego kąta przesunięcia fazowego między napięciem sterującym i wzbudzającym.

Przy sterowaniu amplitudowym optymalną wartością kąta przesunięcia fazowego φ pomiędzy napięciem sterującym i wzbudzającym jest wartość $\frac{\pi}{2}$ radianów, która

musi być utrzymywana jako wartość stała w całym zakresie zmian amplitudy sygnału sterującego. W zależności od kierunku obrotów silnika zmienia się jedynie znak kąta φ z dodatniego na ujemny lub odwrotnie. W takim przypadku wystąpienie pola hamującego jest wynikiem zmiany amplitudy sygnału napięcia sterującego.

Wszelkie zmiany amplitudy napięcia sterującego przy sterowaniu fazowym lub względnego kąta przesunięcia fazowego napięć sterującego i wzбудzającego przy sterowaniu amplitudowym zniekształcają pole kołowe silnika i powodują powstanie szkodliwego momentu hamującego. W wyniku tego stała czasowa układu regulacyjnego wzrasta a sprawność i moc silnika maleją w stopniu zależnym od stopnia zniekształcenia sterowania amplitudowego jednoczesnymi zmianami fazy lub sterowania fazowego jednoczesnymi zmianami amplitudy.

Przy najczęściej stosowanym sterowaniu amplitudowym przesunięcie fazy pomiędzy napięciem sterującym i wzбудzającym o kąt $\frac{\pi}{2}$ radianów uzyskiwane jest przez włączanie w szereg z uzwojeniem odpowiednio dobrego kondensatora. Warunek ten realizowany jest również przez umieszczenie w torze napięcia sterującego przesuwnika fazowego, o tak dobranym kącie wprowadzonego przesunięcia fazowego, by wypadkowy względny kąt przesunięcia fazowego obu napięć zasilania silnika wynosił $+\frac{\pi}{2}$ lub $-\frac{\pi}{2}$ radianów.

W układach automatycznej regulacji dwufazowy silnik asynchroniczny wykorzystywany jest jako element wykonawczy w pętli sprzężenia zwrotnego. Sterowany sygnałem błędu silnik sprowadza ten sygnał do minimalnej wartości poprzez zmianę określonego parametru lub parametrów regulowanego układu.

W połączeniu takim, sygnał doprowadzany do uzwojenia sterującego silnika zmienia się ze zmianą wielkości tego błędu. Celem zwiększenia szybkości działania takiego układu ze sprzężeniem zwrotnym, w którym napięcie sterujące zmienia się ze zmianą wielkości błędu, niezbędne jest zapewnienie silnikowi nominalnej amplitudy napięcia sterującego przez możliwie najdłuższy okres reagowania układu na sygnał błędu. Wymaganiem to realizowane jest za pomocą wzmacniaczy z nasyceniem lub wzmacniaczy sygnału błędu z automatyczną regulacją wzmocnienia, których sygnał wyjściowy jest w przybliżeniu stały w szerokim zakresie zmian sygnału wejściowego.

Wzmocnienie tego typu wzmacniaczy jest tym większe, im mniejszy sygnał doprowadzany jest do wejścia wzmacniacza, który w zależności od rozwiązania, pracuje w warunkach braku sygnału wejściowego na granicy wzbudzenia lub przy maksymalnym wzmocnieniu. Zastosowanie wzmacniaczy sygnału błędu z automatyczną regulacją wzmocnienia zapewnia silnikowi wykonawczemu optymalne warunki wzbudzenia tj. znamionowe wartości amplitud napięć sterującego i wzbudzającego przez prawie cały okres reagowania układu na sygnał błędu.

Przy stałej i równej $\frac{\pi}{2}$ radianów wartości kąta przesunięcia fazowego prowadzi to do wytworzenia przez silnik kołowego pola wirującego i maksymalnego momentu obrotowego. Warunek stałej wartości kąta przesunięcia fazowego między napięciami zasilania dwufazowego silnika asynchronicznego, zwanego dalej silnikiem, nie jest na ogół spełniany, gdyż charakterystyki fazowe wzmacniaczy z automatyczną regulacją wzmocnienia ulegają znacznym zmianom w funkcji regulacji wzmocnienia. Znamionowy kąt przesunięcia fazowego zapewniany jest jedynie w wąskim zakresie sygnałów wejściowych wzmacniacza.

W wyniku tego stała czasowa układu wzmacniacz — silnik rośnie w stopniu zależnym od zmian charakterystyki fazowej wzmacniacza z automatyczną regulacją wzmocnienia, pomimo zapewnienia nominalnej wartości amplitudy napięcia sterującego. Utrzymanie minimalnej wartości stałej czasowej wymaga również utrzymania kąta przesunięcia fazowego napięć zasilania silnika na nominalnej wartości $\frac{\pi}{2}$ radianów w całym zakresie

zmian sygnału wejściowego wzmacniacza z automatyczną regulacją wzmocnienia.

Celem wynalazku jest zapewnienie dwufazowemu silnikowi asynchronicznemu sterowanemu amplitudowo poprzez wzmacniacz z automatyczną regulacją wzmocnienia, optymalnego kąta przesunięcia fazowego napięć zasilających względem siebie równego $+\frac{\pi}{2}$ lub $-\frac{\pi}{2}$ rad w zależności od względnego kąta przesunięcia fazowego napięcia sterującego względem napięcia wzbudzającego, wyznaczającego kierunek obrotu silnika, w całym zakresie zmian sygnału wejściowego układu wzmacniacz — silnik.

Cel ten osiągnięty został w układzie według niniejszego wynalazku, zgodnie z którym w układzie są dwa detektory fazoczułe połączone wejściami z uzwojeniami sterującym i wzbudzającym silnika asynchronicznego, zaś wyjścia obu detektorów fazoczułych połączone są poprzez odrębne zawory z regulowanym przesuwnikiem fazowym.

Istotna według wynalazku jest również rozbudowa podstawowego układu w celu umożliwienia doboru początkowego punktu pracy. Według wynalazku osiągane jest to przez włączenie szeregowo w tor napięcia sterującego, pomiędzy regulowanym przesuwnikiem fazowym i wzmacniaczem, dodatkowego rozdzielacza fazy i nastawnego przesuwnika fazowego. Równie istotne jest umożliwienie rozszerzenia zakresu dopuszczalnych zmian kąta przesunięcia fazowego. Osiągnięte to zostało w wynalazku przez włączenie w szereg w torze napięcia sterującego, pomiędzy nastawnym przesuwnikiem fazowym i wzmacniaczem, dalszego dodatkowego rozdzielacza fazy oraz dalszego dodatkowego regulowanego przesuwnika fazowego zasilanego, równolegle z pierwszym regulowanym przesuwnikiem fazowym, sygnałem korekcyjnym z detektorów fazoczułych poprzez zawory.

Przedmiot wynalazku jest przedstawiony w przykładach wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schemat blokowy podstawowego układu automatycznie utrzymującego względny kąt przesunięcia fazowego napięć zasilających silnika, na wartości $+\frac{\pi}{2}$ lub

$-\frac{\pi}{2}$ rad, fig. 2 przedstawia uproszczone charakterystyki detektorów fazoczułych, fig. 3 przedstawia przykład wykonania układu umożliwiającego dobór początkowego punktu pracy, natomiast fig. 4 przedstawia przykład wykonania układu umożliwiający rozszerzenie zakresu dopuszczalnych zmian kąta przesunięcia fazowego w torze sygnału sterującego.

Podstawowe zespoły układu automatycznie utrzymującego względny kąt przesunięcia fazowego napięć zasilających dwufazowy silnik asynchroniczny na wartości $+\frac{\pi}{2}$

lub $-\frac{\pi}{2}$ rad przedstawione są na fig. 1. Dwufazowy silnik asynchroniczny 1 zasilany jest dwoma napięciami: napięciem wzbudającym, pobieranym ze źródła zasilania całości układu, oraz pozostającym względem niego w określonej zależności fazowej napięciem sterującym o tej samej częstotliwości, doprowadzanym do uzwojenia silnika poprzez wzmacniacz 2 z automatyczną regulacją wzmocnienia.

Do toru napięcia sterującego silnikiem 1 włączony jest rozdzielacz fazy 3, który zasilą przesuniętymi w fazie o π rad sygnałami, regulowany przesuwnik fazowy 4. Przesuwnik fazowy 4 wprowadza kąt przesunięcia fazowego regulowany w zakresie od 0 do π rad poprzez zmianę impedancji elementu lub elementów składowych tego przesuwnika. Zmiana impedancji elementu lub elementów składowych regulowanego przesuwnika fazowego 4 uzyskiwana jest przez doprowadzenie do tego lub tych elementów sygnału prądu stałego.

Sygnał korekcyjny prądu stałego doprowadzany jest do regulowanego przesuwnika fazowego 4 z wyjść detektorów fazoczułych 5 i 6 poprzez filtry dolnoprzepustowe 7 i 8 oraz zawory 9 i 10. Sygnałami wejściowymi detektorów fazoczułych 5 i 6 są napięcia zasilania silnika 1, których względny kąt przesunięcia fazowego utrzymywany jest na wartości $+\frac{\pi}{2}$ lub $-\frac{\pi}{2}$ rad.

W następnym przykładzie wykonania według wynalazku, pokazanym na fig. 3, niezależnie od regulowanego przesuwnika fazowego 4 wprowadzającego zmienny kąt przesunięcia fazowego kompensujący zmiany charakterystyki fazowej toru napięcia sterującego silnikiem 1, do toru tegoż napięcia włączony jest dodatkowy rozdzielacz fazy 11 i nastawny przesuwnik fazowy 12 umożliwiający wprowadzenie dowolnego kąta przesunięcia fazowego w zakresie od 0 do $-\pi$ rad lub od 0 do $+\pi$ rad.

Za pomocą nastawnego przesuwnika fazowego 12 ustalany jest początkowy kąt przesunięcia fazowego napięcia sterującego względem wzbudającego, a więc i początkowy kąt przesunięcia fazowego wprowadzany przez regulowany przesuwnik fazowy 4. Przy ustawieniu za pomocą przesuwnika 12, przy rozwartej pętli automatycznej regulacji kąta przesunięcia fazowego, wypadkowego kąta przesunięcia fazowego między napięciami zasilania silnika w pobliżu wartości zerowej, regulowany przesuwnik fazowy 4 ustawi się automatycznie w pętli zamkniętej, na wartości kąta zbliżonej do $\frac{\pi}{2}$ rad.

Zakres regulacji kąta przesunięcia fazowego między napięciami zasilania silnika 1 wyniesie w takim przypadku $0 \pm \frac{\pi}{2}$ rad dla jednego kierunku obrotów silnika i $\pm \frac{\pi}{2}$ rad dla drugiego kierunku jego obrotów.

Dla rozszerzenia tego zakresu, przedstawiono na fig. 4 inny przykład wykonania według wynalazku, gdzie w szereg z nastawnym przesuwnikiem fazowym 12 włączone są dalszy dodatkowy rozdzielacz fazy 13 i dodatkowy regulowany przesuwnik fazowy 14. Regulowany przesuwnik fazowy 14 zasilany jest sygnałem korekcyjnym z tego samego układu detektorów fazoczułych 5

i 6, poprzez zawory 9 i 10. Sygnał wyjściowy regulowanego przesuwnika fazowego 14, wzmocniony we wzmacniaczu 2 zasilą uzwojenie sterujące silnika 1.

We wszystkich przedstawionych przykładach wykonania według wynalazku wyjścia detektorów fazoczułych 5 i 6 połączone są ze środkowym punktem rozdzielacza fazy 3 i z regulowanym przesuwnikiem fazowym 4 tak, że uzyskane charakterystyki zależności sygnału korekcyjnego z wyjść filtrów dolnoprzepustowych 7 i 8 od kąta przesunięcia fazowego między obu napięciami wejściowymi detektorów mają przebiegi jak przedstawiono na fig. 2. Niezależnie od znaku względnego kąta przesunięcia fazowego $\frac{\pi}{2}$ rad między napięciem sterującym i

wzbudającym silnika, a więc niezależnie od kierunku obrotów silnika, zmiany charakterystyki toru napięcia sterującego kompensowane są zmianami kąta przesunięcia fazowego regulowanego przesuwnika fazowego 4 na odcinkach charakterystyk detektorów fazoczułych 5 i 6 o jednakowym nachyleniu. Układ według wynalazku utrzymuje z jednakową skutecznością stałą wartość kąta przesunięcia fazowego pomiędzy napięciami zasilającymi silnik niezależnie od tego czy napięcie sterujące silnika wyprowadza napięcie wzbudające czy też opóźnia się względem tego napięcia.

Układ połączeń według wynalazku znajduje zastosowanie w układach automatycznej kontroli i sterowania, w których dwufazowy silnik asynchroniczny jest elementem wykonawczym zawartym w pętli sprzężenia zwrotnego, i sterowany jest amplitudowo sygnałem błędu poprzez wzmacniacz z automatyczną regulacją wzmocnienia oraz w takich układach zasilania silników, w których zasadnicze znaczenie ma minimalna wartość stałej czasowej reagowania układu na sygnał błędu.

Zastrzeżenia patentowe

1. Układ automatycznej kontroli i regulacji optymalnej wartości kąta przesunięcia fazowego napięcia zasilania dwufazowych silników asynchronicznych, zawierający w torze napięcia sterującego silnika rozdzielacz fazy, regulowany przesuwnik fazowy i wzmacniacz, do wyjścia którego przyłączone jest uzwojenie sterujące silnika, **znamienny tym**, że ma dwa detektory fazoczułe (5 i 6), które są połączone wejściami z uzwojeniami sterującym i wzbudającym silnika (1), zaś wyjścia obu detektorów fazoczułych (5 i 6) połączone są poprzez odrębne zawory (9 i 10), z regulowanym przesuwnikiem fazowym (4).

2. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że w torze napięcia sterującego, pomiędzy regulowanym przesuwnikiem fazowym (4) i wzmacniaczem (2) włączone są szeregowo dodatkowy rozdzielacz fazy (11) i nastawny przesuwnik fazowy (12).

3. Układ według zastrz. 1 i 2, **znamienny tym**, że w torze napięcia sterującego, pomiędzy nastawnym przesuwnikiem fazowym (12) i wzmacniaczem (2) włączone są szeregowo dalszy dodatkowy rozdzielacz fazy (13) oraz dalszy dodatkowy regulowany przesuwnik fazowy (14) zasilany równolegle z regulowanym przesuwnikiem fazowym (4) sygnałem korekcyjnym z detektorów fazoczułych (5 i 6) poprzez zawory (9 i 10).

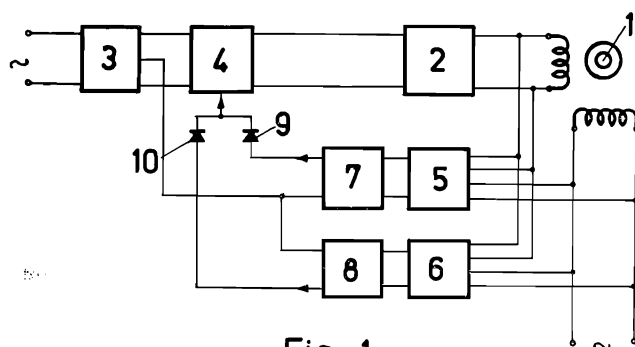


Fig. 1

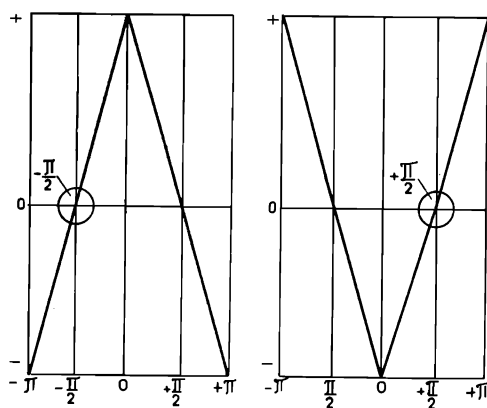


Fig. 2

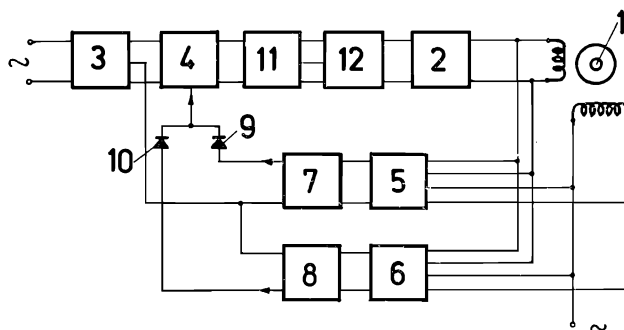


Fig. 3

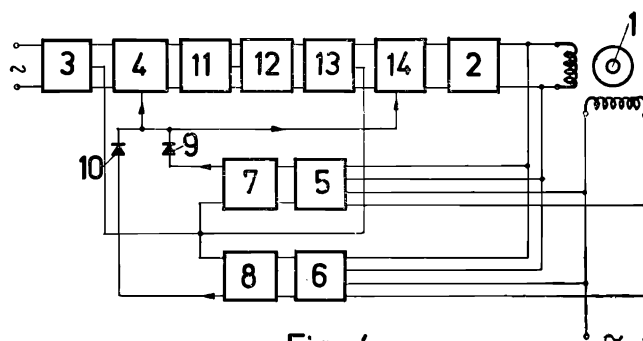


Fig. 4