

2
POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA



URZĄD
PATENTOWY
PRL

OPIŚ PATENTOWY

67354

Patent dodatkowy
do patentu _____

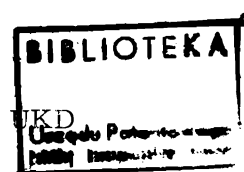
Zgłoszono: 24.X.1969 (P 136 497)

Pierwszeństwo: _____

Opublikowano 28.II.1973

Kl. 21c,59/01

MKP H02p 5/50



Współtwórcy wynalazku: Ludger Szklarski, Bogdan Fijałkowski, Jerzy Cholewka, Władysław Sikora, Andrzej Skalny, Mieczysław Stachura, Józef Strycharz, Borys Wąsowicz, Janusz Zawiliński

Właściciel patentu: Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, Kraków (Polska)

Sposób regulacji prędkości obrotowej silników asynchronicznych i synchronicznych oraz układ do stosowania tego sposobu

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób regulacji prędkości obrotowej silników asynchronicznych i synchronicznych oraz układ do stosowania tego sposobu, znajdujący zastosowanie zwłaszcza do górniczych maszyn urabiających, przenośników, maszyn wyciągowych, kołowrotów, wentylatorów i pomp.

Znany sposób automatycznego sterowania i regulacji prędkości silnika asynchronicznego polega na tym, że zadana prędkość wybiera się zadajnikiem, z którego sygnał formowany integratorem jest porównywany z sygnałem rzeczywistej prędkości silnika, uzyskanym z prądnicy tachometrycznej. W wyniku tego porównania uzyskuje się sygnał błędu, który zostaje przekształcony w regulatorze prędkości silnika na sygnał zadanej wartości prądu silnika. Sygnał zadanej wartości prądu silnika zostaje porównany z rzeczywistym prądem silnika, a otrzymany sygnał błędu prądu zostaje przekształcony w regulatorze prądu i przesłany jedną gałęzią do regulacji napięcia, a druga do regulacji częstotliwości napięcia.

Znany układ, służący do wyżej opisanego sposobu automatycznego sterowania i regulacji prędkości silnika asynchronicznego, ma jedno z wejść węzła sumacyjnego sygnałów prędkości, połączone z tachoprądnicą a drugie wejście węzła sumacyjnego jest połączone poprzez integrator z zadajnikiem. Wyjście węzła sumacyjnego sygnałów prędkości jest połączone poprzez regulator prędkości

2

silnika z jednym z wejść węzła sumacyjnego sygnałów prądowych. Drugie wejście węzła sumacyjnego sygnałów prądowych jest połączone poprzez przekładnik prądowy z siecią zasilającą, oraz poprzez przekładnik prądowy z jednym z wejść elementu sterującego.

Wyjście węzła sumacyjnego sygnałów prądowych jest połączone z regulatorem prądu, którego jedno wyjście jest połączone z drugim wejściem elementu sterującego, a drugie wyjście regulatora jest połączone poprzez konwerter z przekształtnikiem, włączonym w obwód zasilania silnika. Wyjście sterownika jest połączone z przekształtnikiem, połączonym z obwodem zasilającym silnik.

Inny znany sposób do sterowania i regulacji prędkości silnika asynchronicznego polega na tym, że za pomocą sygnału błędu prądu będącego różnicą sygnału prądu zadanego i sygnału prądu rzeczywistego silnika, oddziałuje się na prędkość silnika w zamkniętym układzie regulacji, przez równoczesną regulację częstotliwości i napięcia zasilającego silnik.

Znany układ do stosowania tego sposobu ma węzeł sumacyjny sygnałów prądowych, połączony z przekładnikiem prądowym zespołu i poprzez integrator z zadajnikiem. Uchyb prądowy jest podawany z węzła, połączonego poprzez regulator prądu silnika i przełącznik z następnym węzłem, który jest połączony dodatkowo z prądnicą tachometryczną zespołu. Przełącznik służy do rozłącze-

nia regulatora prądu silnika od węzła sumacyjnego sygnałów prędkości i dołączenia do niego integratora, celem ręcznego sterowania prędkością.

Uchyb prędkości jest kierowany z węzła sumacyjnego sygnałów prędkości połączeniem przez regulator prędkości do konwertora napięcie/częstotliwość zespołu. Wadą tych układów jest to, że przy niskich częstotliwościach maleje moment obrotowy silnika, gdyż nie ma kompensacji spadku napięcia. Ponadto w układach tych zmianę kierunku obrotów uzyskuje się tylko za pomocą przełącznika kierunku obrotów silnika.

Celem wynalazku jest ciągła, automatyczna regulacja prędkości obrotowej silników asynchronicznych i synchronicznych oraz układ, umożliwiający bezstykowy nawrót bez połączeń w obwodzie zasilania silnika a ponadto pracę silnika przy małych wartościach prądu rozruchowego oraz sterowanie prędkości obrotowej kilku silników jednocześnie na przykład taśmociągów lub samotoków.

Cel ten osiąga się za pomocą sposobu, który polega na galwanicznym rozdzieleniu sygnału błędu prędkości na sygnał zadanej wartości częstotliwości i sygnał zadanej wartości napięcia. Sygnał napięcia koryguje się i porównuje się z sygnałem rzeczywistej wartości napięcia, a otrzymany z porównania sygnał błędu zmienia się na sygnał zadanej wartości natężenia prądu. Sygnał ten porównuje się z sygnałem rzeczywistej wartości natężenia prądu w celu uzyskania sygnału błędu natężenia prądu. Sygnał ten reguluje pośrednio napięcie zasilające silnik, a przy równoczesnej regulacji częstotliwości tego napięcia uzyskuje się pracę silnika lub silników przy stałym momencie obrotowym.

Sygnał zadanej wartości napięcia koryguje się w celu kompensacji spadku napięcia, występującego w obwodzie stojana silnika przy niskich częstotliwościach. Sygnał wartości rzeczywistej natężenia prądu otrzymuje się z członu „większy niż” jako największy z trzech sygnałów natężeń prądów mierzonych na wejściu prostownika w obwodzie prądu stałego i na wejściu przemiennika częstotliwości oraz na wyjściu autonomicznego falownika. Sposobem tym ustala się kierunek wirowania silnika oraz dokonuje nawrotu jego obrotów członem zawierającym konwerter analogowo-cyfrowy i rozdzielacz impulsów.

Do stosowania tego sposobu wykorzystuje się układ, którego wyjście sygnału napięciowego regulatora prędkości jest połączone poprzez człon korekcyjny z jednym z wejść węzła sumacyjnego łączy się poprzez człon pomiarowy napięcia z przekładnikiem napięciowym. Wyjście węzła sumacyjnego jest połączone poprzez regulator napięcia z jednym z wejść węzła sumacyjnego sygnałów prądowych, a drugie jego wejście jest połączone z członem „większy niż”. Wyjście tego węzła sumacyjnego jest połączone poprzez regulator natężenia prądu, przerzutnik fazowy z rozdzielaczem impulsów i poprzez wzmacniacz impulsów sterujących z prostownikiem. Trzy wejścia członu „większy niż” są połączone poprzez człony pomiarowe

natężeń prądu z przekładnikami prądowymi oraz z bocznikiem.

Sposób i układ regulacji prędkości obrotowej według wynalazku umożliwia pracę silnika górniczej maszyny urabiającej lub przenośnika bez przeciążeń, zarówno podczas rozruchu jak i w czasie normalnej pracy. Umożliwia on uzyskanie wymaganej częstotliwości i dokładną jej stabilizację, pozwalając na regulację amplitudy i częstotliwości napięcia przemiennego w szerokim zakresie. Częstotliwość napięcia przemiennego nie zależy od wielkości obciążenia, gdyż dokładność stabilizacji częstotliwości wynosi $\pm 0,5\%$.

Sposób i układ według wynalazku zapewnia optymalne wykorzystanie górniczych maszyn urabiających i mocy silnika napędu, przy równoczesnym uzyskaniu pożądanej granulacji urobku węglowego. Łagodny rozruch silnika eliminuje uszkodzenia, spowodowane obciążeniami dynamicznymi. Regulacja prędkości taśm przenośników w zależności od aktualnego obciążenia nadawą, zapewnia znacznie mniejsze zużycie taśmy oraz mechanizmów przenośnika i pozwala na realizowanie ciągłej odstawy urobku przy optymalnej wydajności urządzenia.

Sposób i układ według wynalazku umożliwia również pracę silnika maszyn wyciągowej lub kołowrotu bez przeciążeń podczas rozruchu w czasie jazdy z prędkością ustaloną i podczas hamowania, a ponadto bezstykowy i szybki nawrót silnika. Dzięki układowi według wynalazku uzyskuje się także regulację prędkości obrotowej silników napędowych wentylatorów i pomp w zależności od aktualnie wymaganej wydajności, co zapewnia optymalne przewietrzanie lub odwadnianie na przykład kopalni.

Zastosowanie aparatury o obwodach iskrobezpiecznych oraz silników asynchronicznych klatkowych ułatwia produkcję elementów układu w wykonaniu ognioszczelnym. Użycie asynchronicznych silników klatkowych o małej oporności wirnika to jest o sztywnych charakterystykach mechanicznych, pozwala w większości przypadków, gdy nie jest wymagana duża dokładność regulacji prędkości obrotowej, uniknąć ujemnego prędkościowego sprzężenia zwrotnego, a zatem w układzie można eliminować tachogenerator. W wielu maszynach górniczych, takich jak maszyny urabiające, przenośniki, wentylatory i pompy możliwym jest przełączenie silnika bezpośrednio do sieci zasilającej w razie uszkodzenia przemiennika częstotliwości względnie jego układu sterowania i regulacji.

Układ regulacji prędkości obrotowej według wynalazku jest uwidoczniony w przykładowym rozwiązaniu na rysunku, który przedstawia jego schemat strukturalny i funkcjonalny.

Indukcyjny zadajnik 1 jest połączony z integratorem względnie generatorem 2 funkcji trapezoidalnej lub parabolicznej, który z kolei łączy się z sumacyjnym węzłem A sygnałów prędkości obrotowych i regulatorem 3 prędkości obrotowej. W regulatorze 3 zaczyna się tor regulacji napięcia, oraz tor regulacji częstotliwości. Tor regulacji napięcia zawiera korekcyjny człon 4 sygnału za-

danej bezwzględnej wartości napięcia, połączony poprzez sumacyjny węzeł **B** napięć i regulator 5 napięcia oraz sumacyjny węzeł **C** natężeń prądu z regulatorem 6 natężenia prądu.

Regulator 6 jest połączony za pośrednictwem członu 7, zawierającego przesuwnik fazowy i rozdzielacz impulsów sterujących prostownika oraz przez wzmacniacz 8 impulsów sterujących prostownika z prostownikiem **R**. Tor regulacji częstotliwości zawiera człon 9, składający się z konwertera analogowo-cyfrowego i rozdzielacza impulsów sterujących falownika, połączony poprzez wzmacniacz 10 impulsów sterujących falownika z autonomicznym falownikiem **AI**.

Ponadto w skład układu wchodzi tachogenerator **T**, połączony z sumacyjnym węzłem **A** prędkości obrotowych i napięciowy przekładnik **VT**, połączony poprzez pomiarowy człon 11 z sumacyjnym węzłem **B** napięć. Dwa prądowe przekładniki **CT1**, **CT2** i bocznik **HT** są połączone poprzez pomiarowe człony 12, 13 i 14 oraz człon 15 „większy niż”, z sumacyjnym węzłem **C** natężeń prądu. Człon 11 jest członem pomiaru napięcia, a człony 12, 13 i 14 są członami pomiaru natężenia prądu. Układ jest umieszczony w obudowie, najkorzystniej przewoźnej na szynach.

Sposób regulacji prędkości obrotowej silników asynchronicznych i synchronicznych według wynalazku polega na tym, że prędkość obrotową ω silnika **M**, w zakresie od zera do wartości znamionowej zmienia się zarówno co do wartości jak i znaku kierunku wirowania, przez wychylenie dźwigni sterowniczej indukcyjnego zadajnika 1 o pewien kąt, co powoduje pojawienie się na wyjściu zadajnika sygnału napięciowego, proporcjonalnego do kąta wychylenia θ dźwigni sterowniczej.

Sygnał ten zostaje podany na wejście integratora lub generatora 2 funkcji trapezoidalnej lub parabolicznej, który decyduje o sygnale wartości zadanej prędkości ω^* , zadając czas rozruchu silnika. Dzięki temu unika się zbyt gwałtownych zmian prędkości przy szybkim wychyleniu dźwigni sterowniczej, a ponadto realizuje się wcześniej zadany tachogram silnika. Sygnał zadanej wartości prędkości ω^* zostaje w sumacyjnym węźle **A** sygnałów prędkości obrotowych porównany z sygnałem wartości rzeczywistej prędkości ω , wytworzonym przez tachogenerator **T**.

Sygnał błędu prędkości obrotowej $\Delta\omega$ wystero-
wuje regulator 3 prędkości obrotowej, posiadający jedno wejście i dwa nie połączone ze sobą galwanicznie wyjścia. Regulator 3 umożliwia jednocześnie regulację amplitudy i częstotliwości wyjściowego przemiennego napięcia przemiennika **FC**. Kanał napięciowy regulatora 3, prędkości, regulujący napięcie wyprostowane prostownika **R**, pracuje jako regulator PI lub PID, natomiast kanał częstotliwościowy, regulujący częstotliwość wyjściowego przemiennego napięcia falownika **AI**, pracuje jako generator P.

Sygnał wyjściowy napięciowego kanału regulatora 3 prędkości zostaje podany na wejście korekcyjnego członu 4 sygnału zadanej bezwzględnej wartości napięcia. Człon 4 jest generatorem fun-

kcji, wytwarzającym sygnał zadanej bezwzględnej wartości napięcia **U** w funkcji wzmocnionego przez regulator 3 sygnału błędu prędkości $\Delta\omega$ i częstotliwości przemiennego napięcia falownika **AI**. Sygnał zadanej wartości napięcia **U** zostaje w sumacyjnym węźle **B** napięć porównywany z sygnałem rzeczywistej wartości **U**, mierzonym za pomocą napięciowego przekładnika **VT**, prądu przemiennego i członu 11 pomiaru napięcia. Sygnał błędu wartości napięcia ΔU wystero-
wuje regulator 5 napięcia, pracujący jako regulator PI lub PID.

Na wyjściu regulatora 5 napięcia otrzymuje się sygnał wartości zadanej natężenia prądu **I**, który w sumacyjnym węźle **C** natężeń prądu zostaje porównany z sygnałem wartości rzeczywistej natężenia prądu **I**, otrzymanym z członu 15 „większy niż” i będącym największym z trzech sygnałów natężeń prądów. Sygnały te są mierzone na wejściu prostownika **R** za pomocą prądowego przekładnika **CT1** prądu przemiennego i członu 14 pomiaru natężenia prądu oraz w obwodzie prądu stałego przemiennika częstotliwości **FC** za pomocą bocznika **HT** lub prądowego przekładnika prądu stałego i członu 13 pomiaru natężenia prądu, a ponadto na wyjściu autonomicznego falownika **AI** za pomocą prądowego przekładnika **CT2** prądu przemiennego i członu 12 pomiaru natężenia prądu.

Sygnał błędu wartości natężenia prądu ΔI steruje regulator 6 natężenia prądu, pracujący jako regulator PI lub PID, który z kolei steruje człon 7, złożony z przesuwnika fazowego i rozdzielacza impulsów sterujących prostownika. Po wzmocnieniu we wzmacniaczu 8 impulsy te regulują wartość wyprostowanego napięcia prostownika **R**, a zatem i amplitudę wyjściowego przemiennego napięcia falownika **AI**. Sygnał wyjściowy częstotliwościowego kanału regulatora 3 prędkości steruje człon 9, składający się z konwertera analogowo-cyfrowego i rozdzielacza impulsów sterujących falownika **AI**.

Impulsy te po wzmocnieniu we wzmacniaczu 10 regulują częstotliwość wyjściowego przemiennego napięcia falownika **AI**. Konwerter analogowo-cyfrowy decyduje również o kierunku wirowania silnika, zależnie od znaku błędu prędkości. Dzięki temu nie trzeba dokonywać żadnych przełączeń w obwodzie zasilania silnika, gdyż nawrót odbywa się bezstykowo.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób regulacji prędkości obrotowej silników asynchronicznych i synchronicznych, polegający na porównaniu napięciowych sygnałów prędkości obrotowej zadanej i prędkości obrotowej rzeczywistej, przy czym otrzymany sygnał błędu prędkości, przekształcony na sygnał zadanej wartości prądu jest porównywany z sygnałem rzeczywistego prądu silnika, w wyniku czego uzyskany sygnał błędu prądu oddziałuje na prędkość silnika w zamkniętym układzie regulacji przez równoczesną regulację częstotliwości i napięcia zasilającego silnik, **znamienny tym**, że sygnał błędu prędkości galwanicznie rozdziela się na sygnał zadanej wartości częstotliwości i sygnał zadanej wartości napięcia, który koryguje się i porównuje z sygnałem

rzeczywistej wartości napięcia, a otrzymany z porównania sygnał błędu zamienia się na sygnał zadanej wartości natężenia prądu i porównuje się go z sygnałem rzeczywistej wartości natężenia prądu, w celu uzyskania sygnału błędu natężenia prądu, służącego do pośredniej regulacji napięcia zasilającego silnik, przy czym z równoczesną regulacją częstotliwości tego napięcia uzyskuje się pracę silnika lub silników przy stałym momencie obrotowym.

2. Sposób regulacji prędkości według zastrz. 1, **znamienny tym**, że sygnał zadanej wartości napięcia koryguje się, w celu kompensacji spadku napięcia występującego w obwodzie stojana silnika przy niskich częstotliwościach.

3. Układ regulacji prędkości obrotowej silników asynchronicznych i synchronicznych do stosowania sposobu według zastrz. 1—2, **znamienny tym**, że indukcyjny zadajnik (1) jest połączony poprzez integrator względnie generator (2) funkcji trapezoidalnej lub parabolicznej i sumacyjny węzeł (A) sygnałów prędkości obrotowych z regulatorem (3) prędkości obrotowej, przy czym z regulatora (3) odgałęzia się tor regulacji napięcia i tor regulacji częstotliwości.

4. Układ regulacji prędkości według zastrz. 3, **znamienny tym**, że tor regulacji napięcia zawiera korekcyjny człon (4) sygnału zadanej bezwzględnej wartości napięcia, połączony poprzez sumacyjny węzeł (B) napięć i regulator (5) napięcia oraz sumacyjny węzeł (C) natężeń prądu z regulatorem (6) natężenia prądu, który jest połączony za pośrednictwem członu (7), zawierającego przesuw-
nik fazowy i rozdzielacz impulsów sterujących prostownika oraz poprzez wzmacniacz (8) impulsów sterujących prostownika z prostownikiem (R).

5. Układ regulacji prędkości według zastrz. 3 i 4, **znamienny tym**, że tor regulacji częstotliwości zawiera człon (9), składający się z konwertora analogowo-cyfrowego i rozdzielacza impulsów sterujących falownika, połączony poprzez wzmacniacz (10) impulsów sterujących falownika, z autonomicznym falownikiem (AI).

6. Układ regulacji prędkości według zastrz. 3—5, **znamienny tym**, że ma napięciowy przekładnik (VT), połączony poprzez człon (11) pomiaru napięcia z sumacyjnym węzłem (B) sygnałów napięć oraz przekładniki prądowe CT1 i CT2 prądu przemennego, które są połączone poprzez człony (14) i (12) pomiaru natężenia prądu i człon (15) „większy niż” z sumacyjnym węzłem (C) sygnałów natężeń prądu.

7. Układ regulacji prędkości według zastrz. 3—6, **znamienny tym**, że ma boczny (HT) połączony przez człon (13) pomiaru natężenia prądu i człon (15) „większy niż” z sumacyjnym węzłem (C) sygnałów natężeń prądu.

8. Odmiana układu według zastrz. 3—6, **znamienna tym**, że ma przekładnik prądowy prądu stałego w obwodzie prądu stałego przetwornika (PC) częstotliwości, połączony poprzez człon (13) pomiaru natężenia prądu i człon (15) „większy niż” z sumacyjnym węzłem (C) sygnałów natężeń prądu.

9. Odmiana układu według zastrz. 3—8, dla przypadków, gdy wymagana jest duża dokładność regulacji, **znamienna tym**, że układ zawiera tachogenerator (T), połączony z sumacyjnym węzłem (A) sygnałów prędkości obrotowych.

10. Układ regulacji prędkości według zastrz. 3—9, **znamienny tym**, że całość jest umieszczona w obudowie, najkorzystniej przewoźnej na szynach.

