



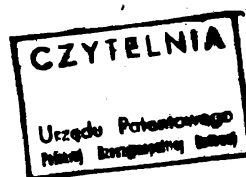
Patent dodatkowy
do patentu nr _____

Zgłoszono: 17.11.76 (P. 193765)

Pierwszeństwo: _____

Zgłoszenie ogłoszono: 22.05.78

Opis patentowy opublikowano: 30.04.1980



Int. Cl.² H02P 5/16

Twórcy wynalazku: Ryszard Stachowiak, Roman Lubasz

Uprawniony z patentu: Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Automatyki
i Urządzeń Precyzyjnych „MERA-POLTIK”,
Łódź (Polska)

Układ regulatora prędkości napędu

1

Przedmiotem wynalazku jest układ regulatora prędkości napędu zwłaszcza silników prądu stałego zasilanych impulsowo lub w sposób ciągły.

Wśród znanych układów regulacji prędkości napędów jedynie układy analogowo-cyfrowe spełniają wysokie wymagania, a mianowicie zapewnienie stabilizacji prędkości i dużej szybkości regulacyjnej, jakie stawia się obecnie przed układami regulacji prędkości. Człon analogowy tych układów zapewnia szybką korekcję dynamiczną występujących w czasie pracy zakłóceń, zaś człon dyskretny zapewnia wysoką dokładność działania w stanie ustalonym.

Znane analogowo-cyfrowe układy regulacji prędkości napędu posiadają w członie analogowym sprzężenie prędkościowe zrealizowane za pomocą wysokostabilnej prądnicy tachometrycznej oraz analogowy układ zadający i układy pośredniczące. Człon cyfrowy posiada impulsator służący do cyfrowego pomiaru prędkości i cyfrowy układ zadający np. w postaci generatora impulsów, których impulsy wyjściowe są podawane na dwa wejścia układu antykoincydencyjnego przepuszczającego impulsy wejściowe tylko wtedy gdy nie pojawiają się jednocześnie w czasie.

Impulsy wyjściowe z układu antykoincydencyjnego podawane są na dwa wejścia wielobitowego licznika rewersyjnego sterującego przetwornikiem analogowo-cyfrowym. Sygnały z części analogowej i cyfrowej poprzez układy pośredniczące są poda-

2

wane na wejście wzmacniacza regulatora napędu kształtującego odpowiednio charakterystykę regulatora, gdzie w pętli sprzężenia zwrotnego znajduje się kondensator połączony szeregowo z rezystorem. Sygnał wyjściowy z wzmacniacza poprzez modulator szerokości impulsu taktowany z oddzielnego generatora steruje wzmacniaczem mocy napędu.

Znany układ regulatora wymaga stosowania skomplikowanych i precyzyjnych podzespołów, co podraża koszt urządzenia, a rozbudowana konstrukcja układu zmniejsza niezawodność działania. Człon cyfrowy wymaga stosowania układu antykoincydencyjnego, wielobitowego licznika rewersyjnego i przetwornika analogowo-cyfrowego, którego rozdzielczość uzależniona jest od stabilności temperaturowej i czasowej poszczególnych podzespołów przetwornika jak drabinki rezystorowej, precyzyjnego źródła napięcia odniesienia wraz z układem kompensacji termicznej, niesymetrycznych źródeł prądowych, przełączników prądu w liczbie równej ilości bitów licznika rewersyjnego oraz układu sumującego jakim jest najczęściej wzmacniacz operacyjny.

Przetwornik analogowo-cyfrowy cechuje duża bezwładność — zmiany prędkości napędu powodują powolne i bardzo małe zmiany sygnału na jego wyjściu. Powolna reakcja układu nawet na małe zakłócenia zmusza do stosowania członu analogowego, który zapewnia odpowiednią charakterysty-

kę dynamiczną regulatora w stanach przejściowych, złożonego z wysokostabilnej prądnicy tachometrycznej i, analogowego układu zadającego, przy czym zmiany prędkości napędu wymagają jednocześnie i współbieżnej zmiany nastawy w analogowym i cyfrowym członie zadającym, co dodatkowo komplikuje nawet mechaniczne rozwiązanie członu zadającego.

Układ regulatora prędkości napędu według wynalazku posiada taktowany z generatora standaryzator impulsów o dwóch wejściach i wyjściach. Do jednego z wejść są doprowadzone impulsy z układu zadającego a do drugiego z impulsatora wytwarzającego impulsy proporcjonalne do rzeczywistej prędkości napędu. Sygnały wyjściowe ze standaryzatora stanowiące dwa ciągi impulsów o częstotliwościach równych częstotliwościom impulsów wejściowych, a szerokościach równych okresowi drgań generatora taktującego sterują przełącznikami prądu przetworników cyfrowo-analogowych, które stanowią dwa przeciwsobne, symetryczne względem siebie źródła prądowe, zbudowane korzystnie każde na dwóch tranzystorach komplementarnych, zawierających połączone szeregowo rezystory polaryzujące bazy tranzystorów.

W wyniku kluczowania źródeł prądowych impulsami wyjściowymi standaryzatora otrzymane impulsy prądu na wyjściu przetwornika stanowią dwa ciągi impulsów o identycznym czasie trwania i o stałym stosunku ich wartości a o przeciwnych kierunkach. Impulsy prądowe są doprowadzone do wejścia odwracającego wzmacniacza regulatora prędkości. Regulator posiada dwie pętle sprzężenia zwrotnego: główną dopasowującą transmitację regulatora do transmitacji obciążenia oraz dodatkową kształtującą czasy narastania i opadania prędkości. Sygnał wyjściowy z regulatora poprzez modulator szerokości impulsu, sterowany potencjometrem ustalającym wartość prądu wejściowego na drugim wejściu modulatora, steruje wzmacniaczem mocy napędu.

Zastosowanie w układzie regulacji prędkości napędu standaryzatora impulsów zamieniającego impulsy wejściowe na impulsy o identycznym czasie trwania oraz przetworników stanowiących dwa przeciwstawne, symetryczne elektrycznie względem siebie źródła prądowe pozwoliło uzyskać identyczne czasy trwania każdego impulsu zadającego jak i pomiarowego niezależnie od prędkości napędu oraz identyczną wartość prądów otrzymywanych ze źródeł prądowych. Dzięki temu o sygnale błędu jaki pojawia się na wejściu wzmacniacza regulatora decyduje tylko różnica ilości impulsów jaka przychodzi na obydwa wejścia standaryzatora, a więc różnica między prędkościąadaną a rzeczywistą. Układ według wynalazku o prostej, taniej budowie wykonany z dostępnych elementów, zwłaszcza układ źródeł prądowych nie wymaga stosowania wysokostabilizowanych napięć zasilających oraz układów kompensacji termicznej, gdyż zmiany zachodzące w jednym źródle są takie same jak w drugim i kompensują się wzajemnie.

Układ według wynalazku porównuje wszystkie sygnały przychodzące do standaryzatora, co daje ciągłość regulacji i umożliwia znaczne zwiększenie

impulsu prądowego z przetwornika, dzięki czemu nawet mała różnica między wartościąadaną a rzeczywistą powoduje dużą zmianę napięcia na wejściu wzmacniacza regulatora, powodując szybką reakcję regulatora na wszelkie zakłócenia i stany przejściowe. Powyższe oraz zastosowanie sprzężeń zwrotnych według wynalazku w regulatorze kształtujących charakterystykę wzmacniacza pozwoliło uzyskać w stanach przejściowych charakterystykę układu typową dla członów analogowych regulatorów napędu. Zaś w stanie ustalonym uzyskano wysoką dokładność regulacji dzięki cyfrowemu pomiarowi prędkości i właściwościom układu odpowiadającym członom cyfrowym regulatorów napędu. Zastosowanie dodatkowo potencjometru sterującego modulatorem szerokości impulsu rozszerza możliwości kształtowania charakterystyk całego układu.

Wynalazek jest bliżej objaśniony na podstawie przykładu wykonania pokazanym na rysunku, który przedstawia uproszczony schemat ideowy regulatora prędkości wraz z modulatorem i napędem.

Układ regulatora posiada taktowany z generatora 1 standaryzator impulsów 2 o dwóch wejściach i wyjściach. Jedno wejście jest połączone z układem zadającym 3 wytwarzającym sygnał impulsowy f_a o częstotliwości proporcjonalnej do zadanej prędkości. Drugie wejście jest połączone z impulsatorem 4 w torze sprzężenia zwrotnego prędkości, stanowiącym generator impulsów f_b o częstotliwości proporcjonalnej do rzeczywistej prędkości napędu N . Standaryzator impulsów 2 przetwarza sygnały wejściowe f_a i f_b na impulsy f'_a i negowany sygnał f'_b o częstotliwościach impulsów wejściowych, lecz o szerokościach jednakowych, równych okresowi drgań generatora taktującego 1.

Impulsy wyjściowe f'_a i f'_b ze standaryzatora są doprowadzone odpowiednio do przełączników prądu 5 i 6 przetworników cyfrowo-analogowych 7 i 8 (na rysunku sygnał f'_a do przełącznika 5 przetwornika 7, a sygnał f'_b do przełącznika 6 przetwornika 8) zasilanych napięciem stabilizowanym diodą Zenera D_1 . Przetworniki 7 i 8 stanowią dwa przeciwsobne, symetryczne względem siebie źródła prądowe. Zbudowane są każdy z dwóch komplementarnych tranzystorów T_1 i T_2 i odpowiednio T_3 i T_1 stanowiących wraz z rezystorami sprzężenia zwrotnego źródła R_1 i odpowiednio R_2 źródła prądowe, oraz posiadają połączone szeregowo rezystory polaryzujące R_3 , R_4 , R_5 włączone równolegle do diody D_1 stabilizującej napięcie.

Bazy tranzystorów T_1 i T_4 , do których emiterów są przyłączone rezystory sprzężenia zwrotnego źródła R_1 i odpowiednio R_2 , są przyłączone odpowiednio między rezystory polaryzujące, a mianowicie baza tranzystora T_1 między rezystor skrajny R_3 a środkowy R_4 , a baza tranzystora T_4 między rezystor środkowy R_4 a drugi skrajny R_5 .

Prądy wyjściowe przetworników 5, 7 i 8 kluczowane impulsami wyjściowymi standaryzatora impulsów 2 doprowadzone są na wejście odwracające wzmacniacza W regulatora prędkości 9, który poprzez modulator szerokości impulsu 10 o dwóch wejściach, taktowany z generatora 11 i sterowany dodatkowo potencjometrem P_1 steruje wzmacnia-

czem mocy 12 napędu. Wyjście z regulatora prędkości 9 może bezpośrednio sterować wzmacniaczem mocy 12 napędu.

Regulator prędkości 9, zawierający wzmacniacz W o możliwie małym wejściowym prądzie polaryzującym, posiada dwie pętle ujemnego sprzężenia zwrotnego. Jedna stanowi główny obwód sprzężenia zwrotnego dopasowujący transmitancję regulatora do transmitancji obciążenia. Składa się z obwodu szeregowego złożonego z rezystora R_6 i kondensatora C_2 połączonego równolegle z kondensatorem C_1 , którego głównym zadaniem jest zamiana impulsowych sygnałów prądowych z konwerterów na sygnał ciągły. Druga, dodatkowa pętla sprzężenia zwrotnego kształtująca czasy narastania i opadania prędkości jest zbudowana z dwóch równoległych gałęzi złożonych każda z diody i potencjometru D_2 , P_2 i D_3 , P_3 oraz z kondensatora C_3 i posiada dodatkowy rezystor R_7 przyłączony do punktu wspólnego kondensatora C_3 z gałęziami D_2 , P_2 , D_3 , P_3 i do wejścia nieodwracającego wzmacniacza W regulatora.

Układ regulatora według wynalazku działa następująco: Sygnał z układu zadającego 3 w postaci ciągu impulsów f_a o określonej częstotliwości jest przekazywany na jedno wejście standaryzatora impulsów 1. Natomiast sygnał sprzężenia zwrotnego prędkości, którym są impulsy f_b otrzymywane z impulsatora 4, o częstotliwości proporcjonalnej do rzeczywistej prędkości napędu jest przekazywany na drugie wejście standaryzatora 1.

Na wyjściach standaryzatora taktowanego z generatora 2 otrzymujemy dwa ciągi impulsów f'_a i negowany sygnał f'_b o częstotliwościach sygnałów wejściowych f_a i f_b , lecz o szerokościach równych okresowi drgań generatora taktującego. Uformowane w ten sposób sygnały f'_a i f'_b poprzez przełączniki prądu 5 i 6 kluczują prądy wyjściowe przetworników 7 i 8, dzięki czemu na wyjściu każdego z przetworników otrzymujemy impulsy prądowe identyczne co do wartości i czasu trwania, lecz o przeciwnych kierunkach. Impulsy te doprowadzone są do wejścia odwracającego wzmacniacza regulatora prędkości 9, który formuje swą transmitancją sygnał powstający z różnicy częstotliwości sygnałów wejściowych f'_a i f'_b . Nieliniowe, dodatkowe, ujemne sprzężenie zwrotne regulatora formuje czasy: narastania — gałąź z P_2 i opadania — gałąź z P_3 — prędkości przy skokowej zmianie prędkości zadanej. W stanie ustalonym diody D_2 i D_3 odłączają dodatkową pętlę sprzężenia zwrotnego, dzięki czemu układ zachowuje dużą szybkość regulacyjną. Dodatkowy rezystor R_7 tej pętli eliminuje wpływ prądu upływowego kondensatora C_3 o dużej pojemności na błąd układu.

Sygnał wyjściowy z regulatora 8 zależny od prędkości napędu i momentu obciążenia steruje bezpośrednio wzmacniaczem mocy napędu 12 lub w przypadku wyposażenia układu w modulator szerokości impulsów 10 podawany jest na wejście modulatora 10 taktowanego z drugiego generatora 11. Na wyjściu modulatora otrzymujemy ciąg impulsów prostokątnych o częstotliwości drugiego

generatora taktującego 11 i szerokości zależnej od sygnału wyjściowego regulatora i nastawionej wartości potencjometru P_1 modulatora, który umożliwia niezależną regulację szerokości impulsów wyjściowych modulatora.

W układzie regulacji prędkości według wynalazku dzięki elektrycznie symetrycznej względem siebie budowie toru zadającego i toru sprzężenia zwrotnego prędkości wszelkie zmiany i zakłócenia występujące w jednym torze są automatycznie kompensowane przez podobne zmiany w drugim torze. Dzięki temu regulator jest w dużym stopniu niewrażliwy na zmiany takich czynności jak temperatura, czas, napięcie zasilające, zmiany parametrów elementów itp. i zapewnia utrzymanie z dużą dokładnością prędkości napędu oraz bardzo dokładne zadawanie prędkości przy zachowaniu w stanach ustalonych dużych szybkości regulacyjnych.

Układ znajduje zastosowanie wszędzie tam, gdzie układy analogowe nie spełniają wymagań odnośnie dokładności stabilizacji i zadawania prędkości obrotowej, a układy cyfrowe nie zapewniają odpowiednich charakterystyk dynamicznych napędu.

Zastrzeżenia patentowe

1. Układ regulatora prędkości napędu zawierający układ zadający, impulsator, generator taktujący, przetworniki cyfrowo-analogowe oraz połączone kolejno regulator prędkości z pętlą sprzężenia zwrotnego posiadającą połączony szeregowo kondensator z rezystorem, modulator szerokości impulsu taktowany z drugiego generatora i wzmacniacz mocy, **znamienny tym**, że posiada taktowany z generatora (1) standaryzator impulsów (2) o dwóch wejściach i wyjściach kluczujący poprzez przełączniki prądu (5 i 6) wyjściowe impulsy prądowe przetworników cyfrowo-analogowych (7 i 8) stanowiących dwa przeciwsołbne, symetryczne względem siebie źródła prądowe, których wyjścia są przyłączone bezpośrednio do wejścia odwracającego wzmacniacza regulatora prędkości (9) posiadającego dwie pętle sprzężenia zwrotnego — główną i dodatkową.

2. Układ regulatora według zastrz. 1, **znamienny tym**, że sygnały wyjściowe, kluczujące standaryzatora impulsów (2) stanowią dwa ciągi impulsów o częstotliwościach równych częstotliwościom impulsów wejściowych, a o szerokościach równych okresowi drgań generatora taktującego (1) standaryzator, a impulsy prądowe z przetworników cyfrowo-analogowych (7 i 8) stanowią dwa ciągi impulsów o takim samym czasie trwania i o stałym stosunku ich wartości, a o przeciwnych kierunkach.

3. Układ regulatora według zastrz. 1, **znamienny tym**, że przetworniki cyfrowo-analogowe (7 i 8) zbudowane korzystnie każdy na dwóch tranzystorach komplementarnych (T_1 , T_2 , T_3 , T_4) stanowiących źródła prądowe, zawierają połączone szeregowo rezystory (R_3 , R_4 , R_5), polaryzujące bazy tych tranzystorów, włączone równolegle do diody stabilizującej napięcie zasilające przetworniki.

4. Układ regulatora według zastrz. 1, **znamienny** tym, że główna znana pętla ujemnego sprzężenia zwrotnego (R_6 , C_2) regulatora prędkości (9) posiada włączony równolegle kondensator (C_1) a dodatkowa pętla ujemnego sprzężenia zwrotnego składa się z dwóch równoległych gałęzi zbudowanych każda z diody i potencjometru (D_2 , P_2 i D_3 , P_3) połączonych szeregowo z kondensatorem

(C_3) i posiada rezystor (R_7) włączony między wejście nieodwracające wzmacniacza (W) regulatora a punkt wspólny gałęzi z kondensatorem (C_3).

5. Układ regulator według zastrz. 1, **znamienny** tym, że modulator szerokości impulsu (10) o dwu wejściach w członie wyjściowym połączony jest z potencjometrem (P_1) sterującym tym modulatorem (10).

