

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL**

(11) **215269**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **385759**

(51) Int.Cl.

H02M 1/12 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **28.07.2008**

(54) **Sposób i układ tłumienia oscylacji filtra wejściowego w napędach z przekształtnikami impulsowymi lub falownikami napięcia**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

01.02.2010 BUP 03/10

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

29.11.2013 WUP 11/13

(73) Uprawniony z patentu:

**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE,
Kraków, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

STANISŁAW KOSIOROWSKI, Kraków, PL

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Elżbieta Postolek

PL 215269 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób i układ tłumienia oscylacji filtra wejściowego w napędach z przekształtnikami impulsowymi lub falownikami napięcia, znajdujący zastosowanie w automatycznych układach sterowania impulsowego, zwłaszcza napędów trakcji elektrycznej z silnikami prądu stałego w górnictwie podziemnym.

W układach napędowych z półprzewodnikowymi przekształtnikami zasilanymi z obwodu prądu stałego i sterowanymi w zamkniętym układzie regulacji z regulatorem prędkości kątowej i regulatorem prądu silnika stosuje się często filtry dolnoprzepustowe typu Γ , zawierające dławik i baterię kondensatorów, dla ograniczenia negatywnych skutków przepływu impulsowego prądu przekształtnika przez sieć zasilającą i źródło zasilania, wywołującego straty mocy, przebiecia, a także zakłócenia elektromagnetyczne. Stosowanie w tych układach napędowych przekształtników, zawierających półprzewodnikowe elementy energoelektroniczne nowej generacji, umożliwia pracę przekształtnika z większą częstotliwością niż dotychczas stosowaną i równocześnie pozwala na znaczne zmniejszenie parametrów dławika i baterii kondensatorów, a tym samym masy, gabarytów i kosztów. Jednakże, zmniejszanie pojemności kondensatora i indukcyjności dławika filtra wejściowego może być przyczyną niestabilnej pracy układu napędowego, przejawiającego się wystąpieniem oscylacji prądu i napięcia filtra o częstotliwościach co najmniej kilkakrotnie mniejszej w stosunku do częstotliwości impulsowania przekształtnika określonej dla optymalnych warunków pracy napędu. Oscylacje te, zwiększając chwilowe wartości napięcia na baterii kondensatorów mogą być przyczyną uszkodzenia kondensatorów lub półprzewodnikowych zaworów przekształtnika, a także istotnego wzrostu odkształceń prądu w sieci zasilającej.

Znany ze stanu techniki opisu patentowego nr PL 176 313 sposób tłumienia niestabilności filtra wejściowego w napędach z przekształtnikami impulsowymi lub falownikami napięcia polega na tym, że mierzy się sygnał napięcia chwilowego na kondensatorze filtra, po czym wydziela się z niego względną składową przemienną A poprzez podzielenie sygnału napięcia chwilowego przez odfiltrowany z tego sygnału za pomocą filtra inercyjnego sygnał napięcia średniego. Następnie za pomocą bloku mnożącego przemnaża się sygnał momentu zadanego przez sygnał A , A^2 lub A^3 dla pracy silnikowej albo przez sygnał $1/A$ lub $1/A^2$ dla pracy generatorowej napędu, a przy pomocy uzyskanego sygnału, będącym sygnałem zadanego momentu skompensowanego, steruje się układem napędowym.

Znany ze stanu techniki opisu patentowego nr PL 176 313 układ tłumienia niestabilności filtra wejściowego w napędach z przekształtnikami impulsowymi lub falownikami napięcia zawiera układ pomiaru napięcia na kondensatorze filtra wejściowego przekształtnika impulsowego, którego zaciski wejściowe połączone są odpowiednio z dodatnią i ujemną elektrodą kondensatora, a wyjście układu pomiarowego napięcia połączone jest z pierwszym wejściem bloku dzielącego i równocześnie z wejściem filtra inercyjnego. Wyjście tego filtra połączone jest z drugim wejściem bloku dzielącego, którego wyjście połączone jest z pierwszym wejściem bloku mnożącego, zaś do drugiego wejścia bloku mnożącego podłączony jest zadajnik momentu silnika. Natomiast wyjście bloku mnożącego połączone jest z wejściem układu sterowania przekształtnika.

Sposób, według wynalazku, polegający na wypracowaniu sygnałów sterujących pracą zaworów przekształtnika impulsowego lub falownika napięcia przy pomocy układu sterowania w zależności od mierzonej prędkości kątowej i mierzonego prądu silnika oraz pomiarze napięcia na kondensatorze filtra wejściowego za pomocą układu pomiarowego napięcia charakteryzuje się tym, że w czasie pracy silnika napędowego z przekształtnikiem impulsowym za pomocą układu pomiarowego napięcia mierzy się sygnał napięcia na zaciskach kondensatora filtra wejściowego LC, następnie za pomocą detektora oscylacji wykrywa się w mierzonym sygnale oscylacje o częstotliwości mniejszej od częstotliwości impulsowania przekształtnika określonej dla optymalnych warunków pracy napędu, po czym uzyskany sygnał poddaje się całkowaniu przy pomocy bloku proporcjonalno-całkującego. Następnie otrzymany sygnał odejmuje się w bloku sumującym od sygnału prędkości zadawanej z zadajnika prędkości, a na podstawie uzyskanego sygnału różnicy, będącego skorygowanym sygnałem zadawanej prędkości kątowej silnika oraz sygnału rzeczywistej prędkości tego silnika, mierzonej za pomocą układu pomiarowego prędkości wypracowuje się za pomocą regulatora prędkości sygnał, będący sygnałem zadanego prądu. Na podstawie otrzymanego sygnału zadanego prądu oraz sygnału rzeczywistego prądu silnika, mierzonego za pomocą układu pomiarowego prądu wypracowuje się za pomocą regulatora prądu sygnał, przy pomocy którego steruje się w znany sposób pracą zaworów przekształtnika impulsowego.

Ponadto, za pomocą sygnału uzyskanego na wyjściu detektora oscylacji dodatkowo sygnalizuje się wystąpienie oscylacji za pomocą bloku stanów awaryjnych.

Układ, według wynalazku, zawierający silnik napędowy zasilany ze źródła napięcia stałego poprzez filtr wejściowy LC i przekształtnik impulsowy, przy czym do zacisków kondensatora filtra wejściowego podłączony jest układ pomiarowy napięcia, a do przekształtnika impulsowego podłączony jest układ sterowania z podłączonym układem pomiarowym prędkości silnika oraz układem pomiarowym prądu silnika charakteryzuje się tym, że zawiera detektor oscylacji, którego wejście jest połączone z wyjściem znanego układu pomiarowego napięcia, podłączonego do zacisków kondensatora filtra wejściowego, zaś wyjście detektora oscylacji jest połączone poprzez blok proporcjonalno-całkujący z blokiem sumującym, do którego podłączony jest zadajnik prędkości. Wyjście bloku sumującego połączone jest z regulatorem prędkości, do którego jest podłączony znany układ pomiarowy prędkości kątowej silnika, zaś wyjście regulatora prędkości kątowej połączone jest poprzez regulator prądu oraz sterownik z zaworami przekształtnika impulsowego, przy czym do drugiego wejścia regulatora prądu podłączony jest znany układ pomiarowy prądu silnika.

Ponadto do detektora oscylacji jest podłączony dodatkowo blok sygnalizacji stanów awaryjnych.

Jako detektor oscylacji stosuje się filtr środkowoprzepustowy, którego pasmo przenoszenia zawiera częstotliwość własną filtra wejściowego LC.

Sposób i układ tłumienia oscylacji filtra wejściowego w napędach z przekształtnikami impulsowymi lub falownikami napięcia, według wynalazku, umożliwia zmniejszanie prędkości kątowej silnika napędowego w czasie od chwili pojawienia się oscylacji w sieci zasilającej silnik, niezależnie od przyczyny i warunków w jakich powstają aż do chwili ich zaniku, co wpływa na zmniejszenie awaryjności napędu przekształtnikowego, a także pozwala na optymalizację gabarytów elementów filtra wejściowego z równoczesnym zapewnieniem stabilnej pracy napędu.

Rozwiązanie, według wynalazku, przedstawione jest w przykładzie wykonania na rysunku, który przedstawia schemat blokowy układu.

Sposób, według wynalazku, polega na tym, że w czasie pracy silnika 4 prądu stałego z przekształtnikiem impulsowym 3 sterowanego w zależności od jego prędkości kątowej i prądu mierzy się za pomocą układu pomiarowego napięcia 5 sygnał napięcia na zaciskach kondensatora filtra wejściowego LC 2. Następnie za pomocą detektora oscylacji 14 wykrywa się w mierzonym sygnale oscylacje o częstotliwości mniejszej od częstotliwości impulsowania przekształtnika 3, która jest określona dla optymalnych warunków pracy napędu. Sygnał uzyskany na wyjściu detektora oscylacji 14 poddaje się całkowaniu przy pomocy bloku proporcjonalno-całkującego 13. Otrzymany sygnał odejmuje się następnie w bloku sumującym 9 od sygnału prędkości zadawanej z zadajnika prędkości 10, po czym na podstawie uzyskanego sygnału różnicy, będącego skorygowanym sygnałem zadawanej prędkości kątowej silnika 4 oraz sygnału rzeczywistej prędkości tego silnika 4, mierzonej za pomocą znanego układu pomiarowego prędkości 12 wypracowuje się za pomocą regulatora prędkości 8 sygnał, będący sygnałem zadanego prądu. Na podstawie uzyskanego sygnału zadanego prądu oraz mierzonego za pomocą układu pomiarowego prądu 11 sygnału rzeczywistego prądu silnika 4 wypracowuje się za pomocą regulatora prądu 7 sygnał, przy pomocy którego steruje się następnie w znany sposób pracą zaworów przekształtnika impulsowego 3.

W innej wersji sposobu, według wynalazku, za pomocą sygnału, uzyskanego na wyjściu detektora oscylacji 14 dodatkowo sygnalizuje się wystąpienie oscylacji przy pomocy bloku stanów awaryjnych 15.

Układ, według wynalazku, zawiera źródło napięcia stałego 1 połączone poprzez filtr wejściowy LC 2 i przekształtnik impulsowy 3 z silnikiem napędowym 4. Do zacisków kondensatora filtra wejściowego 2 podłączony jest układ pomiarowy napięcia 5, a z przekształtnikiem impulsowym 3 połączony jest układ sterowania, który zawiera na wyjściu sterownik 6. Wejście sterownika 6 poprzez regulator prądu 7, regulator prędkości 8 i blok sumujący 9 jest połączone z zadajnikiem 10 prędkości kątowej silnika 4, a do regulatora prądu 7 podłączony jest znany układ pomiarowy prądu 11, zaś do regulatora prędkości 8 podłączony jest znany układ pomiarowy prędkości kątowej 12 silnika 4. Kolejne wejście bloku sumującego 9 połączone jest poprzez blok proporcjonalno-całkujący 13 z jednym wyjściem detektora oscylacji 14, którego drugie wyjście połączone jest z blokiem sygnalizacji stanów awaryjnych 15, przy czym jako detektor oscylacji 14 stosuje się pasywny filtr środkowoprzepustowy, którego pasmo przenoszenia zawiera częstotliwość własną filtra wejściowego LC 2. Natomiast wyjście detektora oscylacji 14 połączone jest z wyjściem znanego układu pomiarowego napięcia 5 podłączonego do zacisków kondensatora filtra wejściowego 2.

Działanie układu jest następujące. Układ napędowy z silnikiem 4 prądu stałego i przekształtnikiem impulsowym 2 prądu stałego sterowany jest przy pomocy układu sterowania w zależności od wielkości rzeczywistej prędkości kątowej silnika 4 i jego prądu rzeczywistego, które są mierzone odpowiednio przy pomocy układu pomiarowego prędkości kątowej 12 i układu pomiarowego prądu 11. W czasie pracy silnika 4, za pomocą układu pomiarowego napięcia 5 mierzony jest sygnał napięcia na zaciskach kondensatora filtra wejściowego LC 2. W przypadku wystąpienia niskoczęstotliwościowych oscylacji w mierzonym sygnale napięciowym, spowodowanych zmianami napięcia w sieci zasilającej albo zmianami jej rezystancji lub indukcyjności, ewentualnie zmianami parametrów filtra wejściowego LC 2, oscylacje te wykrywane są za pomocą detektora oscylacji 14 w postaci pasywnego filtra środkowoprzepustowego o paśmie przenoszenia zawierającym częstotliwość własną filtra wejściowego LC 2. Pojawiający się na wyjściu detektora oscylacji 12 sygnał powoduje, że za pomocą bloku sygnalizacji stanów awaryjnych 15 sygnalizowane jest wystąpienie oscylacji w sygnale napięcia na zaciskach kondensatora filtra wejściowego LC 2. Równocześnie sygnał z wyjścia detektora oscylacji 12 poddawany jest całkowaniu za pomocą bloku proporcjonalno-całkującego 13, a następnie w bloku sumującym 9 tworzony jest sygnał różnicy sygnału prędkości zadawanej z zadajnika prędkości kątowej 10 i sygnału wyjściowego z bloku proporcjonalno-całkującego 13. Na podstawie uzyskanego sygnału różnicy oraz sygnału rzeczywistej prędkości silnika 4 mierzonej za pomocą układu pomiarowego prędkości 12 wypracowywany jest sygnał sterujący za pomocą regulatora prędkości kątowej 8, będący sygnałem zadanego prądu. Następnie przy pomocy wypracowanego na wyjściu regulatora prędkości kątowej 8 sygnału zadanego prądu oraz sygnału rzeczywistego prądu silnika 4, mierzonego za pomocą układu pomiarowego prądu 11 wypracowywany jest za pomocą regulatora prądu 7 sygnał wejściowy dla sterownika 6, sterującego w znany sposób pracą zaworów przekształtnika impulsowego 3.

Po zaniku oscylacji w sygnale mierzonego napięcia na kondensatorze filtra wejściowego LC 2 i wyzerowaniu wyjścia bloku proporcjonalno-całkującego 13, następuje powrót napędu do pracy z prędkością równą wartości zadawanej z zadajnika prędkości kątowej 10.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób tłumienia oscylacji filtra wejściowego w napędach z przekształtnikami impulsowymi lub falownikami napięcia polegający na wypracowaniu sygnałów sterujących pracą zaworów przekształtnika impulsowego lub falownika napięcia przy pomocy układu sterowania w zależności od mierzonej prędkości kątowej i mierzonego prądu silnika oraz pomiarze napięcia na kondensatorze filtra wejściowego za pomocą układu pomiarowego napięcia, **znamienny tym**, że w czasie pracy silnika (4) napędowego z przekształtnikiem impulsowym (3) za pomocą układu pomiarowego napięcia (5) mierzy się sygnał napięcia na zaciskach kondensatora filtra wejściowego LC (2), następnie za pomocą detektora oscylacji (14) wykrywa się w mierzonym sygnale oscylacje o częstotliwości mniejszej od częstotliwości impulsowania przekształtnika (3) określonej dla optymalnych warunków pracy napędu, po czym uzyskany sygnał poddaje się całkowaniu przy pomocy bloku proporcjonalno-całkującego (13), a następnie otrzymany sygnał odejmuje się w bloku sumującym (9) od sygnału prędkości zadawanej z zadajnika prędkości (10), a na podstawie uzyskanego sygnału różnicy, będącego skorygowanym sygnałem zadawanej prędkości kątowej silnika (4) oraz sygnału rzeczywistej prędkości tego silnika (4) mierzonej za pomocą układu pomiarowego prędkości (12) wypracowuje się za pomocą regulatora prędkości (8) sygnał, będący sygnałem zadanego prądu, po czym na podstawie otrzymanego sygnału zadanego prądu oraz sygnału rzeczywistego prądu silnika (4) mierzonego za pomocą układu pomiarowego prądu (11) wypracowuje się za pomocą regulatora prądu (7) sygnał, przy pomocy którego steruje się w znany sposób pracą zaworów przekształtnika impulsowego (3).

2. Sposób według zastrz. 2, **znamienny tym**, że za pomocą sygnału uzyskanego na wyjściu detektora oscylacji (14) dodatkowo sygnalizuje się wystąpienie oscylacji przy pomocy bloku stanów awaryjnych (15).

3. Układ tłumienia oscylacji filtra wejściowego w napędach z przekształtnikami impulsowymi lub falownikami napięcia zawierający silnik napędowy zasilany ze źródła napięcia stałego poprzez filtr wejściowy LC i przekształtnik impulsowy, przy czym do zacisków kondensatora filtra wejściowego podłączony jest układ pomiarowy napięcia, a do przekształtnika impulsowego podłączony jest układ sterowania z podłączonym układem pomiarowym prędkości silnika oraz układem pomiarowym prądu silnika, **znamienny tym**, że zawiera detektor oscylacji (14), którego wejście jest połączone z wyjściem

znanego układu pomiarowego napięcia (5) podłączonego do zacisków kondensatora filtra wejściowego (2), zaś jedno wyjście detektora oscylacji (14) jest połączone poprzez blok proporcjonalno-całkujący (13) z blokiem sumującym (9), do którego podłączony jest zadajnik prędkości (10), a wyjście bloku sumującego (9) połączone jest z regulatorem prędkości (8), do którego jest podłączony znany układ pomiarowy prędkości kątowej (12) silnika (4), zaś wyjście regulatora prędkości kątowej (8) połączone jest poprzez regulator prądu (7) oraz sterownik (6) z zaworami przekształtnika impulsowego (3), przy czym do drugiego wejścia regulatora prądu (7) podłączony jest znany układ pomiarowy prądu (11) silnika (4), natomiast drugie wyjście detektora oscylacji (14) jest połączone z blokiem sygnalizacji stanów awaryjnych (15).

4 Układ według zastrz. 3, **znamienny tym**, że do detektora oscylacji (14) jest podłączony dodatkowo blok sygnalizacji stanów awaryjnych (15).

5. Układ według zastrz. 3 albo 4, **znamienny tym**, że jako detektor oscylacji (14) stosuje się filtr środkowoprzepustowy, którego pasmo przenoszenia zawiera częstotliwość własną filtra wejściowego LC (2).

Rysunek

