



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(21) Numer zgłoszenia: 306048

(51) IntCl⁶:
G01R 31/34

(22) Data zgłoszenia: 28.11.1994

(54) Sposób i układ do kontroli klatki wirnika silnika indukcyjnego

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
10.06.1996 BUP 12/96

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
30.06.1998 WUP 06/98

(73) Uprawniony z patentu:
Akademia Górniczo-Hutnicza
im. Stanisława Staszica, Kraków, PL

(72) Twórcy wynalazku:
Witold Rams, Kraków, PL
Jan Rusek, Kraków, PL

(74) Pełnomocnik:
Adamek-Obłąkowska Maria, Akademia
Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica

(57) 1. Sposób kontroli klatki wirnika silnika indukcyjnego polegający na uruchomieniu silnika poprzez podłączenie go do sieci, wydzieleniu podczas jego biegu jałowego z sygnału prądu stojana składowych o częstotliwościach zbliżonych do częstotliwości trzeciej harmonicznej sieci zasilającej i pomiarze pulsacji amplitudy uzyskanego sygnału, **znamienny tym**, że po uruchomieniu silnika indukcyjnego (AS) poprzez podłączenie go do sieci, uzwojenie stojana silnika (AS) w czasie jego biegu jałowego zasilane jest silnie asymetrycznym układem napięć przemiennych, uzyskanym korzystnie poprzez dokonanie za pomocą wyłącznika (W) przerwy albo włączenia szeregowo dużej impedancji (X) w co najmniej jednym z przewodów zasilających silnik (AS), po czym sygnał napięciowy proporcjonalny do chwilowych wartości prądu stojana po uprzednim wytłumieniu w nim za pomocą układu tłumiącego (1) składowej podstawowej o częstotliwości napięcia zasilającego, sumuje się w sumatorze (2) z sygnałem napięciowym o określonej amplitudzie i częstotliwości równej częstotliwości trzeciej harmonicznej napięcia zasilającego silnik (AS), generowanym za pomocą generatora (3), a następnie z otrzymanego sygnału za pomocą filtra pasmowoprzepustowego (4) wydziela się składowe o częstotliwości zbliżonej do częstotliwości trzeciej harmonicznej napięcia zasilającego i mierzy się pulsację amplitudy uzyskanego wypadkowego sygnału za pomocą miernika (5) napięcia zmiennego.

2. Układ do kontroli klatki wirnika silnika indukcyjnego zawierający filtr pasmowoprzepustowy, **znamienny tym**, że zawiera układ sumujący (2), którego jedno wejście jest połączone z generatorem napięcia (3), a drugie jego wejście jest połączone z układem tłumiącym (1), na wejście którego podawany jest sygnał napięciowy proporcjonalny do prądu stojana silnika (AS), zasilanego silnie asymetrycznym układem napięć przemiennych, natomiast wyjście układu sumującego (2) jest połączone poprzez filtr pasmowoprzepustowy (4) z miernikiem (5) napięcia zmiennego.

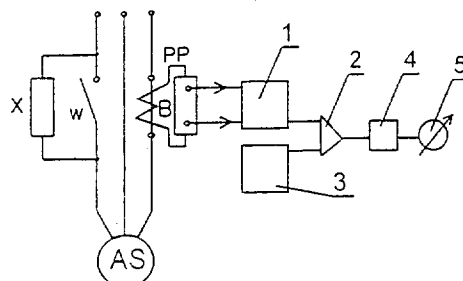


Fig. 1

Sposób i układ do kontroli klatki wirnika silnika indukcyjnego

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób kontroli klatki wirnika silnika indukcyjnego polegający na uruchomieniu silnika poprzez podłączenie go do sieci, wydzieleniu podczas jego biegu jałowego z sygnału prądu stojana składowych o częstotliwościach zbliżonych do częstotliwości trzeciej harmonicznej sieci zasilającej i pomiarze pulsacji amplitudy uzyskanego sygnału, **znamienny tym**, że po uruchomieniu silnika indukcyjnego (AS) poprzez podłączenie go do sieci, uzwojenie stojana silnika (AS) w czasie jego biegu jałowego zasila się silnie asymetrycznym układem napięć przemiennych, uzyskanym korzystnie poprzez dokonanie za pomocą wyłącznika (W) przerwy albo włączenia szeregowo dużej impedancji (X) w co najmniej jednym z przewodów zasilających silnik (AS), po czym sygnał napięciowy proporcjonalny do chwilowych wartości prądu stojana po uprzednim wythumieniu w nim za pomocą układu tłumiącego (1) składowej podstawowej o częstotliwości napięcia zasilającego, sumuje się w sumatorze (2) z sygnałem napięciowym o określonej amplitudzie i częstotliwości równej częstotliwości trzeciej harmonicznej napięcia zasilającego silnik (AS), generowanym za pomocą generatora (3), a następnie z otrzymanego sygnału za pomocą filtra pasmowoprzepustowego (4) wydziela się składowe o częstotliwości zbliżonej do częstotliwości trzeciej harmonicznej napięcia zasilającego i mierzy się pulsację amplitudy uzyskanego wypadkowego sygnału za pomocą miernika (5) napięcia zmiennego.

2. Układ do kontroli klatki wirnika silnika indukcyjnego zawierający filtr pasmowoprzepustowy, **znamienny tym**, że zawiera układ sumujący (2), którego jedno wejście jest połączone z generatorem napięcia (3), a drugie jego wejście jest połączone z układem tłumiącym (1), na wejście którego podawany jest sygnał napięciowy proporcjonalny do prądu stojana silnika (AS), zasilanego silnie asymetrycznym układem napięć przemiennych, natomiast wyjście układu sumującego (2) jest połączone poprzez filtr pasmowoprzepustowy (4) z miernikiem (5) napięcia zmiennego.

* * *

Przedmiotem wynalazku jest sposób i układ do kontroli klatki wirnika silnika indukcyjnego, znajdujący zastosowanie do badania silników w postaci gotowego wyrobu zarówno przy seryjnej produkcji silników jak i po ich remoncie.

Znany z opisu patentowego WNP nr 1121633 sposób kontroli uszkodzeń klatki wirnika zwartego silnika asynchronicznego polega na tym, że po uruchomieniu silnika poprzez podłączenie go do sieci, z prądu stojana wydziela się jego trzecią harmoniczną o częstotliwości napięcia zasilania i mierzy się pulsację jej amplitudy, a po poziomie oscylacji ocenia się stopień uszkodzenia uzwojenia wirnika silnika.

Inny znany z polskiego opisu patentowego nr 147 101 sposób wykrywania wad i uszkodzeń klatek silników indukcyjnych polega na tym, że w czasie pracy silnika mierzy się pasmowo charakterystyki częstotliwościowe przy pomocy analizatora częstotliwości przebiegów czasowych wartości chwilowych prądów stojana silnika pod kątem stwierdzenia występowania w widmie dominant o częstotliwościach charakterystycznych dla wad i uszkodzeń klatek $f_1(1-2s)$, $kf_1-f_1(1-2s)$, $kf+f_1(1-2s)$ lub ich harmonicznych na poziomie właściwym dla danej wady i uszkodzenia, gdzie f_1 - częstotliwość sieci zasilającej, k - liczba naturalna, s - poślizg silnika. Uzyskany w czasie pomiaru sygnał typu napięciowego porównuje się z wartością zadaną, a przekroczenie wartości zadanej oznacza wystąpienie uszkodzenia klatki silnika.

Wadą rozwiązania według patentu WNP nr 1121633 jest to, że interpretacja mierzonych oscylacji jest utrudniona z uwagi na występowanie w napięciu sieci zasilającej składowej trzeciej

harmonicznej o niestalej amplitudzie, która wywołuje także przy symetrycznej klatce wirnika badanego silnika składową trzeciej harmonicznej prądu stojana o niestalej amplitudzie zakłócając znacznie pomiar kontrolny.

Znany z polskiego opisu patentowego nr 147 101 układ do wykrywania wad i uszkodzeń klatek wirników silników indukcyjnych zawiera dwa tory pomiarowe, z których jeden ma na wejściu pierwszy filtr wąskopasmowy środkowoprzepustowy, którego wyjście poprzez drugi filtr wąskopasmowy środkowoprzepustowy oraz układ uśredniania i pomiaru jest połączone z układem porównującym, który jest połączony z jednym wejściem układu sygnalizacji stanu. Drugi tor pomiarowy składa się z wejściowego filtra wąskopasmowego środkowoprzepustowego podwójnego, którego wyjście poprzez drugi układ uśredniania i pomiaru jest połączony z drugim układem porównującym. Wejście drugiego układu porównującego jest połączone z drugim wejściem układu sygnalizacji stanu.

Sposób według wynalazku, polegający na uruchomieniu silnika poprzez podłączenie go do sieci, wydzieleniu podczas jego biegu jałowego z sygnału prądu stojana składowych o częstotliwości zbliżonych do częstotliwości trzeciej harmonicznej sieci zasilającej i pomiarze pulsacji amplitudy uzyskanego sygnału charakteryzuje się tym, że po uruchomieniu silnika indukcyjnego znanym sposobem poprzez podłączenie go do sieci, uzwojenie stojana silnika w czasie jego biegu jałowego zasilane jest silnie asymetrycznym układem napięć przemiennych, uzyskanym korzystnie poprzez dokonanie za pomocą wyłącznika przerwy albo włączenia szeregowo dużej impedancji w co najmniej jednym z przewodów zasilających silnik, po czym sygnał napięciowy proporcjonalny do chwilowych wartości prądu stojana po uprzednim wytłumieniu w nim za pomocą układu tłumiącego składowej podstawowej o częstotliwości napięcia zasilającego, sumuje się w sumatorze z sygnałem napięciowym o określonej amplitudzie i częstotliwości równej częstotliwości trzeciej harmonicznej napięcia zasilającego silnik, generowanym za pomocą generatora. Następnie z otrzymanego sygnału za pomocą filtra pasmowoprzepustowego wydziela się składowe o częstotliwości zbliżonej do częstotliwości trzeciej harmonicznej napięcia zasilającego i mierzy się pulsację amplitudy uzyskanego wypadkowego sygnału za pomocą miernika napięcia zmiennego.

Układ według wynalazku, zawierający filtr pasmowoprzepustowy charakteryzuje się tym, że zawiera układ sumujący, którego jedno wejście jest połączone z generatorem napięcia, a drugie jego wejście jest połączone z układem tłumiącym, na wejście którego podawany jest sygnał napięciowy proporcjonalny do prądu stojana silnika zasilanego silnie asymetrycznym układem napięć przemiennych. Wyjście układu sumującego jest połączone poprzez filtr pasmowoprzepustowy z miernikiem napięcia zmiennego.

Sposób i układ według wynalazku, umożliwia wykonanie kontroli klatki wirnika niewielkim nakładem kosztów i czasu dodatkowo podczas próby biegu jałowego wykonywanej rutynowo na stacji prób gotowego wyrobu przy seryjnej produkcji lub po remoncie silnika. Zastosowanie operacji sumowania sygnału mierzonego z dodatkowo generowanym sygnałem napięciowym o odpowiedniej amplitudzie eliminuje niekorzystny wpływ zmiennej przypadkowo składowej trzeciej harmonicznej napięcia sieciowego na wyniki kontroli.

Przedmiot wynalazku uwidoczniony jest w przykładowym wykonaniu na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schemat blokowy układu, a fig. 2 - przebieg czasowy sygnału na wejściu układu kontrolnego.

Sposób według wynalazku, polega na tym, że po uruchomieniu silnika indukcyjnego AS znanym sposobem poprzez zasilanie uzwojenia stojana symetrycznym układem napięć przemiennych o częstotliwości $f_1 = 50$ Hz, uzwojenie stojana silnika AS w czasie jego biegu jałowego zasilane jest silnie asymetrycznym układem napięć przemiennych o częstotliwości 50 Hz, uzyskanym korzystnie poprzez dokonanie za pomocą wyłącznika W przerwy w jednym z przewodów zasilających silnik AS. Następnie sygnał napięciowy proporcjonalny do chwilowej wartości prądu stojana po uprzednim wytłumieniu w nim za pomocą układu tłumiącego 1 składowej podstawowej o częstotliwości napięcia zasilającego, sumuje się w sumatorze 2 z sygnałem napięciowym o określonej amplitudzie i częstotliwości równej częstotliwości trzeciej harmonicznej napięcia zasilającego, generowanym za pomocą generatora 3 o regulowanej amplitudzie,

po czym z otrzymanego sygnału za pomocą filtra pasmowoprzepustowego 4 wydziela się składowe o częstotliwości zbliżonej do częstotliwości trzeciej harmonicznej napięcia zasilającego i mierzy się pulsację amplitudy wypadkowego sygnału za pomocą miernika 5 napięcia zmiennego.

Układ według wynalazku, zawiera filtr środkowozaporowy 1, na wejście którego podawany jest sygnał napięciowy proporcjonalny do sygnału prądu stojana z bocznika pomiarowego **B**, włączonego w obwód wtórny przekładnika pomiarowego prądu **PP**, którego obwód pierwotny jest włączony w jeden z przewodów zasilających uzwojenie stojana silnika **AS**. W kolejny przewód zasilający silnik **AS** włączony jest wyłącznik **W**. Wyjście filtra 1 połączone jest z jednym wejściem układu sumującego 2, którego drugie wejście jest połączone z generatorem napięcia 3 o regulowanej amplitudzie. Wyjście układu sumującego 2 jest połączone poprzez filtr środkowoprzepustowy 4 z miernikiem 5 napięcia zmiennego w postaci miernika amplitudy.

Działanie układu jest następujące. Po uruchomieniu trójfazowego klatkowego silnika indukcyjnego **AS** zasilanego z sieci o częstotliwości f_1 równej 50 Hz, w czasie jego biegu jałowego poprzez zmianę położenia wyłącznika **W** uzyskuje się przerwę w jednym z przewodów zasilających. Silnik **AS** zasilany jest wówczas silnie asymetrycznym układem napięć przemiennych, a w magnetycznym polu szczelinowym maszyny powstaje obok składowej zgodnej strumienia magnetycznego również jego składowa przeciwna o znacznej wartości. Gdy klatka wirnika jest symetryczna, bez uszkodzeń, składowa przeciwna strumienia magnetycznego wywołuje w prądzie stojana silnika **AS** dodatkową składową przeciwną o częstotliwości f_1 .

Natomiast, gdy klatka wirnika jest niesymetryczna, czyli posiada pęknięcia lub uszkodzenia, w prądzie przewodowym zasilającym stojan silnika **AS** pojawia się dodatkowa składowa o znacznej amplitudzie i częstotliwości zależnej od poślizgu silnika opisanej zależnością $f_1(3-2s)$, gdzie s - poślizg silnika. Mała wartość poślizgu na biegu jałowym silnika **AS** sprawia, że częstotliwość tej składowej jest bardzo bliska częstotliwości składowej trzeciej harmonicznej prądu $3f_1$. Sygnał proporcjonalny do prądu uzwojenia stojana silnika **AS** uzyskany z bocznika **B** włączonego w obwód wtórny pomiarowego przekładnika prądowego **PP**, podawany jest do układu tłumiącego 1 w postaci filtra środkowozaporowego, w którym zostaje wytłumiona składowa podstawowa prądu o częstotliwości f_1 . Sygnał z wyjścia układu tłumiącego 1 sumowany jest następnie w sumatorze 2 z sygnałem napięciowym o stałej określonej amplitudzie i częstotliwości równej częstotliwości trzeciej harmonicznej napięcia zasilającego, a generowanym za pomocą generatora 3 o regulowanej amplitudzie.

Następnie z uzyskanego sygnału za pomocą filtra pasmowoprzepustowego 4 o częstotliwości środkowej równej częstotliwości trzeciej harmonicznej napięcia zasilającego $3f_1$ wydzielone są składowe o częstotliwości zbliżonej do częstotliwości trzeciej harmonicznej, a pulsacje amplitudy wypadkowej sygnału mierzone są na wyjściu filtra 4 za pomocą miernika 5 napięcia zmiennego w postaci miernika amplitudy lub wartości skutecznej. Pulsacje amplitudy kontrolowanego wypadkowego sygnału prądu stojana wywołane są przez składową dodatkową zależną od poślizgu, a uwarunkowaną występowaniem asymetrii klatki wirnika badanego silnika **AS**.

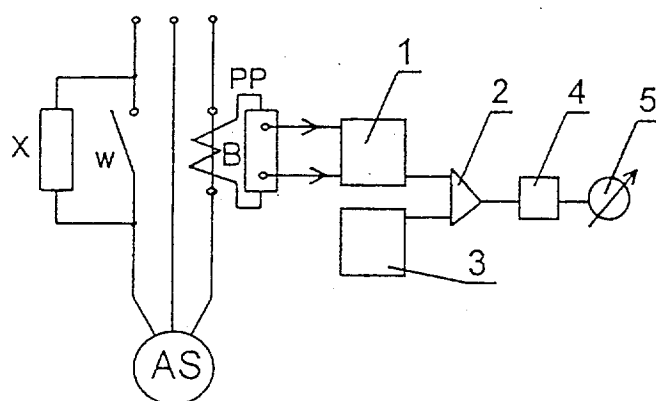


Fig. 1

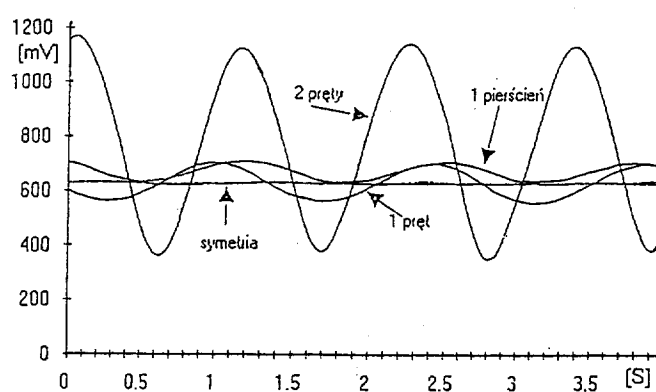


Fig. 2