

POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA



URZĄD
PATENTOWY
PRL

OPIS PATENTOWY

63 238

Patent dodatkowy
do patentu

Zgłoszono: 29.VII.1969 (P 135 105)

Pierwszeństwo: _____

Opublikowano: 25.IX.1971

Kl. 42 o, 13/05

MKP G 01 p, 3/56

UKD

Współtwórcy wynalazku: Karol Paderewski, Jan Brewiński, Zbigniew Zieliński

Właściciel patentu: Politechnika Warszawska, Warszawa (Polska)

Sposób pomiaru zmian stosunku prędkości kątowych i urządzenie do stosowania tego sposobu

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób pomiaru zmian stosunku prędkości kątowych elementów łańcuchów kinematycznych obrabiarek, a zwłaszcza frezarek obwiedniowych oraz urządzenie do stosowania tego sposobu. Zmiany stosunku prędkości kątowych końcowych elementów łańcucha kinematycznego nazywane będą dalej błędem kinematycznym łańcucha.

Istnieje szereg urządzeń przeznaczonych do podobnych celów. Są to między innymi znane przyrządy oparte na zasadzie zapisu magnetycznego, przyrządy sejsmiczne, względnie oparte na mechanicznych wzorcach ruchu. Powyższe przyrządy są urządzeniami skomplikowanymi, kłopotliwymi w obsłudze o trudnej do oceny dokładności pomiaru. Istotnym problemem mającym wpływ na jakość kół zębatach wykonywanych na frezarkach obwiedniowych jest zachowanie stałości stosunku prędkości kątowych obrotowych elementów łańcuchów kinematycznych tych obrabiarek.

Celem wynalazku jest opracowanie sposobu określania wartości błędu kinematycznego przy zastosowaniu przyrządu pomiarowego realizującego wyżej wymieniony sposób dla umożliwienia wprowadzenia w łańcuch kinematyczny urządzeń zmniejszających ten błąd.

Cel ten został osiągnięty przez opracowanie sposobu pomiaru według wynalazku przy zastosowaniu dwóch czujników pomiarowych, wrzeczona i stołu, oraz współpracujących z nimi układów

2

elektrycznych. Sygnał elektryczny generatora sygnału pomiarowego czujnika wrzeczona porównuje się fazowo w układzie porównywania fazowego z sygnałem generatora sygnału pomiarowego czujnika stołu, przy czym częstotliwość chwilową tych sygnałów doprowadza się do częstotliwości równej sumie lub różnicy częstotliwości obrotów napędów pomocniczych i elementów mierzonych. Sygnały posiadające chwilową częstotliwość równą częstotliwości obrotów napędów pomocniczych pochodzące z generatorów sygnałów pomocniczych czujników wrzeczona i stołu porównuje się w układzie porównywania fazowego. Napięcia wychodzące z układów porównywania fazowego proporcjonalne do kąta przesunięcia fazy każdej z par sygnałów porównywanych sumuje się w układzie sumującym na wyjście którego otrzymuje się napięcie proporcjonalne do mierzonych zmian stosunku prędkości kątowych elementów badanych, a następnie przekazuje do układu filtrującego i rejestrującego wyniki pomiaru.

Czujnik wrzeczona posiada napęd pomocniczy napędzający tarczę pomiarową modulującą swymi obrotami sygnał generatora sygnału pomiarowego połączonego z elementem końcowym mierzonego łańcucha kinematycznego za pomocą gniazda stołowego oraz sygnał generatora sygnału pomocniczego zamocowanego do korpusu czujnika. Czujnik stołu posiada napęd pomocniczy napędzający tarczę pomiarową poprzez przekładnię dodatkową mo-

dulującą sygnał generatora sygnału pomiarowego połączanego z drugim końcem mierzonego łańcucha kinematycznego za pomocą gniazda stożkowego oraz sygnał generatora sygnału pomocniczego zamocowanego do korpusu czujnika. Przełożenie przekładni dodatkowej równe jest przełożeniu mierzonego łańcucha, a tarcza pomiarowa przez odpowiednią konstrukcję zapewnia zwielokrotnienie sygnału równe przełożeniu tej przekładni w celu zrównania częstotliwości sygnałów pochodzących z generatorów sygnałów pomiarowych obu czujników. Przez zastosowanie w obu czujnikach synchronicznych napędów pomocniczych o stosunku obrotów najkorzystniej równym jedności sygnały pochodzące z generatorów sygnałów pomiarowych i pomocniczych obu czujników zostały przesunięte o stałą częstość.

Urządzenie według wynalazku w przykładowym wykonaniu jest przedstawione na rysunku na którym fig. 1 przedstawia schemat blokowy układu pomiarowego, fig. 2 — schemat budowy czujnika wrzeciona, a fig. 3 — schemat budowy czujnika stołu.

Przedstawiony na fig. 1 układ pomiarowy składa się z dwóch obwodów porównujących; pomiarowego i pomocniczego. Obwód porównujący pomiarowy obejmuje sobą generatory sygnałów pomiarowych, **FR** czujnika wrzeciona oraz **ZFR** czujnika stołu, których sygnały poprzez przesuwnik fazowy **PF₁**, po wzmocnieniu we wzmacniaczach **V₁**, **V₂** doprowadzone zostają do układu porównywania fazowego **UPF₁**. Układ ten porównuje fazę doprowadzonych sygnałów dając na swoim wyjściu napięcie proporcjonalne do kąta przesunięcia fazy tych sygnałów. Obwód porównujący pomocniczy obejmuje sobą generatory sygnałów pomocniczych, **FN** czujnika wrzeciona oraz **ZFN** czujnika stołu, których sygnały poprzez przesuwnik fazowy **PF₂**, wzmocnione we wzmacniaczach **V₃**, **V₄** doprowadzone zostają do układu porównywania fazowego **UPF₂**. Układ ten w sposób podobny jak poprzedni porównuje fazę doprowadzanych sygnałów dając na swoim wyjściu napięcie proporcjonalne do kąta przesunięcia fazy tych sygnałów. Wychodzące z obu układów porównujących napięcia sumowane są w układzie sumującym **US** i suma ta po wzmocnieniu we wzmacniaczu **V₅** podana zostaje na zespół filtrów **F** w celu oddzielenia od siebie częstotliwości odpowiadających składowym błędowi mierzonego. Wyniki pomiaru można utrwalić korzystając z urządzenia rejestrującego **R**. Miernik fazy **M** służy do kontroli prawidłowości działania układu, a do regulacji i cechowania służą przesuwniki fazowe **PF₁** i **PF₂**.

Czujnik wrzeciona na fig. 2 umieszczony w obudowie 3 posiada własny napęd pomocniczy 1 w postaci silnika synchronicznego, który służy do napędzania tarczy pomiarowej 2 wykonanej w postaci dwóch pierścieniowych segmentów o kącie rozwarcia 180° każdy. Do obudowy czujnika 3, zamocowany jest generator sygnału pomocniczego **FN**, składający się na przykład ze źródła światła, fotodiody, między którymi przechodzi segment tarczy pomiarowej 2. W obudowie ułożyskowany jest tocznie element, posiadający w dolnej części gniazdo

stożkowe 4 służące do powiązania czujnika z elementem końcowym mierzonego łańcucha kinematycznego. Na elemencie tym zamocowany jest generator sygnału pomiarowego **FR** składający się na przykład ze źródła światła, fotodiody, podobnie jak poprzednio usytuowany względem drugiego segmentu tarczy pomiarowej 2 oraz zespół pierścieni ślizgowych 5, służący do odprowadzania sygnału z ruchomej fotodiody i doprowadzania zasilania źródła światła.

Czujnik stołu na fig. 3 umieszczony w obudowie 3 posiada własny napęd pomocniczy 1 w postaci silnika synchronicznego który służy do napędzania tarczy pomiarowej 2 poprzez przekładnię dodatkową składającą się z przekładni ślimakowej 7 i przekładni gitarowej 6 rozszerzającej zakres mierzonych przełożeń. Do obudowy dookoła tarczy pomiarowej 2 zamocowanych jest na przykład dwanaście równo rozmieszczonych generatorów sygnału pomocniczego **ZFN**, składających się ze źródła światła i fotodiody, między którymi przechodzi ta tarcza. W obudowie 3 łożyskowany jest tocznie element posiadający w dolnej części gniazdo stożkowe 4 służące do powiązania czujnika z elementem końcowym mierzonego łańcucha kinematycznego, na którym zamocowane jest dwanaście równo rozmieszczonych na obwodzie generatorów sygnału pomiarowego **ZFR**, podobnej budowy jak w czujniku wrzeciona, i w ten sam sposób usytuowanych względem tarczy pomiarowej 2 oraz zespół pierścieni ślizgowych 5, pozwalający na odprowadzenie sygnału fotodiod ruchomych i na doprowadzenie zasilania źródeł światła.

Urządzenie pomiarowe według wynalazku działa w sposób opisany poniżej. Z końcowymi elementami mierzonego łańcucha kinematycznego powiązane są czujniki pomiarowe, których obudowy 3 są nieruchome względem układu odniesienia (korpusu obrabiarki).

Końcowy element łańcucha kinematycznego o wyższej częstości obrotowej związany jest z czujnikiem wrzeciona, za pomocą gniazda stożkowego 4. Tarcza pomiarowa 2 przysłania lub odsłania swymi segmentami strumień świetlny generatora sygnału pomiarowego **FR** i generatora sygnału pomocniczego **FN** w taki sposób, że czas przysłonięcia równa się czasowi odsłonięcia. Końcowy element łańcucha kinematycznego o niższej częstości obrotowej powiązany jest za pomocą gniazda stożkowego 4 z czujnikiem stołu, którego tarcza pomiarowa 2 posiada na obwodzie dwa rzędy otworków (liczba otworków w każdym z rzędów jest liczbowo równa przełożeniu mierzonego łańcucha) przysłaniających i odsłaniających strumień świetlny generatorów sygnału pomiarowego **ZFR** oraz generatorów sygnału pomocniczego **ZFN** w taki sposób, że czas przysłonięcia równa się czasowi odsłonięcia. Napędy pomocnicze 1 obu czujników są synchroniczne, a kierunki obrotu są tak dobrane aby względem kierunków obrotu końców łańcucha kinematycznego oba były współbieżne lub przeciwbieżne.

Układ pomiarowy połączony według schematu blokowego służy do porównania ze sobą sygnałów generatorów sygnału pomiarowego **FR** i **ZFR** odpowiednio czujnika wrzeciona i czujnika stołu.

Przyjmując:

$m = 3000 \text{ (obr./min.)} = 50 \text{ (Hz)}$ — częstość obrotów napędów pomocniczych.

k — liczba obrotów na sek. końcowego elementu łańcucha kinematycznego o wyższej częstości obrotowej.

i_k — stosunek obrotów elementu końcowego łańcucha kinematycznego o wyższej częstości obrotowej do obrotów końcowego elementu łańcucha kinematycznego o niższej częstości obrotowej.

i_p — stosunek obrotów napędu pomocniczego czujnika stołu do obrotów tarczy pomiarowej czujnika stołu.

i_o — liczba otworków w jednym rzędzie tarczy pomiarowej czujnika stołu.

Częstotliwość sygnału generowanego przez generator sygnału pomiarowego **FR** czujnika wrzeciona wyniesie

$$f_{FR} = 50 \pm k(\text{Hz})$$

Częstotliwość sygnału generowanego przez generator sygnału pomiarowego **ZFR** czujnika stołu wyniesie

$$f_{ZFR} = 50 \cdot \frac{1}{i_p} \cdot i_o \pm \frac{k}{i_k} \cdot i_o \text{ (Hz*)}$$

Przy założeniu braku błędów w łańcuchu kinematycznym mierzonym oraz w łańcuchu kinematycznym napędu tarczy pomiarowej 2 czujnika stołu, wielkości i_p , i_k , i_o , są sobie liczbowo równe co pozwala równanie *)

$$f_{ZFR} = 50 \pm k \text{ (Hz)}$$

Wynika z tego, że sygnały generowane przez generatory sygnału pomiarowego **FR** i **ZFR** są ze sobą porównywalne. Sygnały te, po odpowiednim wzmacnieniu są porównywane w układzie porównywania fazowego **UPF₁** na wyjściu którego otrzymuje się napięcie proporcjonalne do kąta przesunięcia fazowego sygnałów porównywanych, czyli proporcjonalne do błędu kinematycznego. Ponieważ wielkością mierzoną jest odchylenie wartości chwilowej i_k od wartości teoretycznej, w celu wyeliminowania, wpływu wartości i_p , i_o oraz innych czynników na pomiar, zastosowano układ czynnego wyznaczania tych błędów za pomocą porównywania fazowego sygnałów pochodzących z generatora sygnału pomocniczego **FN** czujnika wrzeciona oraz generatora sygnału pomocniczego **ZFN** czujnika stołu w układzie porównywania fazowego **UPF₂**. Różnica napięć otrzymywanych na wyjściach układów porównywania fazowego **UPF₁** i **UPF₂** jest czystym błędem kinematycznym łańcucha. W celu oddzielenia od siebie składowych błędów o różnych częstościach zastosowano na wyjściu zespół filtrów **F** oraz rejestrator **R** utrwalający wyniki pomiarów. Miernik fazy **M** oraz przesuwniki fazowe **PF₁** i **PF₂** służą do kontroli prawidłowości działania układu oraz do jego prawidłowego zestrojenia.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób pomiaru zmian stosunku prędkości kątowych, przy zastosowaniu dwóch czujników pomiarowych wrzeciona i stołu, z których każdy za-

opatrzony jest w generatorzy sygnału pomiarowego i pomocniczego oraz napęd pomocniczy, **znamienny tym**, że sygnały z generatorów pomiarowych i pomocniczych w czujnikach wrzeciona i stołu otrzymuje się przez zastosowanie wirującej tarczy napędzanej napędem pomocniczym, a następnie sygnał elektryczny generatora sygnału pomiarowego czujnika wrzeciona porównuje się fazowo w układzie porównywania fazowego (**UPF₁**) z sygnałem generatora sygnału pomiarowego czujnika stołu, przy czym częstotliwość chwilową tych sygnałów dopowadza się do częstotliwości równej sumie lub różnicy częstości obrotów napędów pomocniczych i elementów mierzonych, przy czym sygnały posiadające chwilową częstotliwość równą częstości obrotów napędów pomocniczych pochodzące z generatorów sygnałów pomocniczych czujników wrzeciona i stołu porównuje się w układzie porównywania fazowego (**UPF₂**), a napięcia wychodzące z układów porównywania fazowego (**UPF₁**, **UPF₂**) proporcjonalne do kąta przesunięcia fazy każdej z par sygnałów porównywanych sumuje się w układzie sumującym (**US**) na wyjściu którego otrzymuje się napięcie proporcjonalne do mierzonych zmian stosunku prędkości kątowych elementów badanych i przekazuje do układu filtrującego (**F**) i rejestrującego (**R**) wyniki pomiaru.

2. Sposób pomiaru według zastrz. 1, **znamienny tym**, że przesuwają się o stałą częstość sygnały pochodzące z generatorów sygnałów pomiarowych i pomocniczych czujników wrzeciona i stołu przez zastosowanie w nich napędów pomocniczych.

3. Urządzenie do stosowania sposobu według zastrz. 1 i 2, składające się, z czujnika wrzeciona posiadającego napęd pomocniczy napędzający tarczę pomiarową modulującą swymi obrotami sygnał generatora sygnału pomiarowego połączonego z elementem końcowym mierzonego łańcucha kinematycznego za pomocą gniazda stożkowego oraz sygnał generatora sygnału pomocniczego zamocowanego do korpusu czujnika oraz z czujnika stołu posiadającego napęd pomocniczy napędzający tarczę pomiarową poprzez przekładnię dodatkową modulującą sygnał generatora sygnału pomiarowego połączonego z drugim końcem mierzonego łańcucha kinematycznego za pomocą gniazda stożkowego oraz sygnał generatora sygnału pomocniczego zamocowanego do korpusu czujnika, połączonych poprzez elektryczne układy porównujące i układ sumujący z układem wyodrębniającym składowe mierzonego błędu w postaci wykresu, **znamiennie tym**, że czujnik stołu wyposażony w napęd pomocniczy (1) połączony jest poprzez przekładnię dodatkową (6 i 7), o przełożeniu równym przełożeniu mierzonego łańcucha kinematycznego, z tarczą pomiarową (2) zapewniającą zwielokrotnienie sygnału równe przełożeniu tej przekładni dla zrównania częstotliwości sygnałów pochodzących z generatorów sygnałów pomiarowych (**FR**, **ZFR**) obu czujników.

4. Urządzenie według zastrz. 3, **znamiennie tym**, że zastosowany do każdego z czujników pomiarowych wrzeciona i stołu synchroniczny napęd pomocniczy (1) posiada stosunek obrotów najkorzystniej równy jedności.

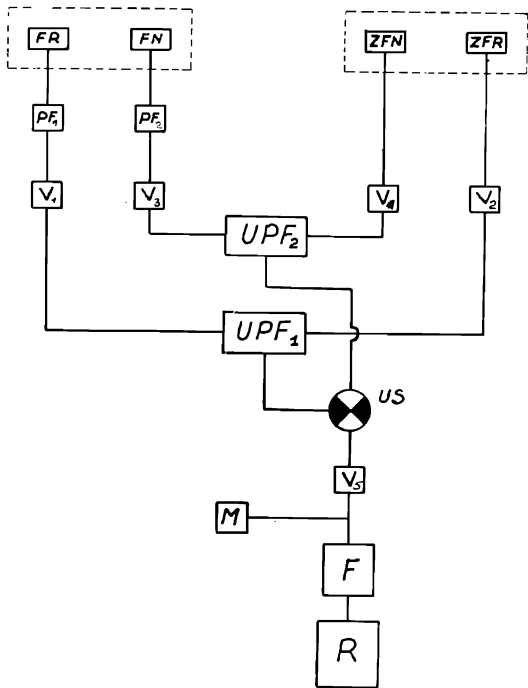


Fig 1

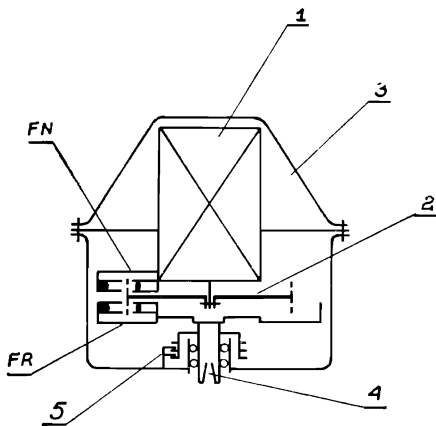


Fig. 2

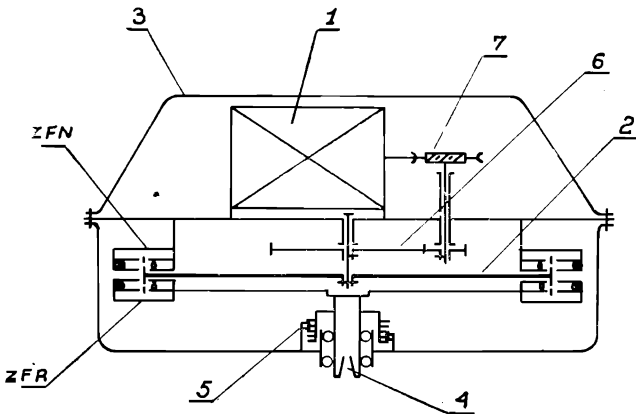


Fig. 3