



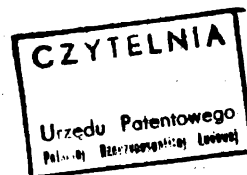
Patent dodatkowy
do patentu nr _____

Zgłoszono: 82 03 05 (P. 235361)

Pierwszeństwo: _____

Zgłoszenie ogłoszono: 83 09 12

Opis patentowy opublikowano: 1986 09 30



Int. Cl.³

G01M 15/00

G06G 7/64

Twórcy wynalazku: Waldemar F. Łastowski, Zbigniew Kowalski, Roman Zieliński

Uprawniony z patentu: Politechnika Gdańska, Gdańsk (Polska)

Sposób i układ do wyznaczania charakterystyk statycznych i dynamicznych regulatorów prędkości obrotowej oraz pomiaru rozkładu mocy przy pracy równoległej wysokoprężnych silników spalinowych i/lub turbin

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób i układ do wyznaczania charakterystyk statycznych i dynamicznych regulatorów prędkości obrotowej oraz pomiaru rozkładu mocy przy pracy równoległej wysokoprężnych silników spalinowych i/lub turbin.

Dotychczas regulatory prędkości obrotowej sprawdza się w bezpośredniej współpracy z obiektami regulacji, najczęściej podczas prób silników spalinowych na hamowni lub na statkach. Jest to metoda czasochłonna i kosztowna, a przy tym wykonywanie przy jej zastosowaniu niektórych badań parametrów regulatorów jest utrudnione lub wręcz niemożliwe.

Znane dotąd metody pomiarowe umożliwiają pomiar i nastawy podstawowych charakterystyk statycznych pojedynczego regulatora prędkości obrotowej. Są to rozwiązania firm Woodward Governor Co., Barber Colman Co., Regulateurs BV, w których po zainstalowaniu regulatora, przy pomocy zadajników, nastawia się kolejne wartości odpowiednich sygnałów wejściowych regulatora i mierzy jego odpowiedź. W ten sposób można prowadzić pomiar tylko niektórych charakterystyk statycznych, natomiast pomiar pełnych charakterystyk dynamicznych regulatora i zespołu napędowego jest niemożliwy. Ocena reakcji regulatora na zakłócenia dynamiczne odbywa się pośrednio wskutek skokowego, krótkotrwałego zmniejszenia prędkości wału napędowego przy pomocy sterowanego ręcznie hamulca mechanicznego.

2

Podstawową niedogodnością takiego sposobu jest bardzo mała dokładność i niska powtarzalność wyników przy wyznaczaniu charakterystyk regulatora, a przy tym nie ma możliwości bezpośredniego wyznaczania charakterystyk dynamicznych układu regulacji prędkości obrotowej zespołu napędowego silnik spalinowy — odbiornik mocy.

Do badania pojedynczych regulatorów służy także znany z opisu patentowego PRL nr 56 231 analogowy elektromechaniczny symulator silnika spalinowego. Wyposażony jest on w silnik elektryczny i prosty układ kształtowania charakterystyk regulacyjnych silnika.

Niedogodnością tego urządzenia oraz zastosowanego w nim sposobu pomiaru jest silny wpływ na dynamikę badanego modelu własności poszczególnych elementów składowych, a przede wszystkim silnika elektrycznego.

Ponadto, istnieje duża trudność w uzyskaniu w szerokim zakresie parametrów dynamicznych i statycznych modelu, jak też brak możliwości modelowania niektórych parametrów, na przykład przebiegu ciśnień powietrza doładowania.

Do chwili obecnej nie są znane sposoby i urządzenia do pomiaru rozkładu mocy przy pracy równoległej wysokoprężnych silników spalinowych i/lub turbin.

Sposób wyznaczania charakterystyk statycznych i dynamicznych regulatorów prędkości obrotowej oraz pomiaru rozkładu mocy przy pracy równoległej

głej wysokoprężnych silników spalinowych i/lub turbin według wynalazku polega na tym, że na wejścia modelu odwzorowującego własności statyczne i dynamiczne badanego zespołu napędowego podaje się sygnały wyjściowe regulatorów prędkości obrotowej, a wypracowane przez model sygnały wyjściowe doprowadza się na wejścia regulatorów prędkości obrotowej, po czym z uzyskanej pętli regulacyjnej wyznacza się charakterystyki i rozkład mocy.

Układ do wyznaczania charakterystyk statycznych i dynamicznych regulatorów prędkości obrotowej oraz pomiaru rozkładu mocy przy pracy równoległej wysokoprężnych silników spalinowych i turbin, według wynalazku charakteryzuje się tym, że model odwzorowujący własności statyczne i dynamiczne zespołu napędowego, korzystnie o zmiennej strukturze, połączony jest przynajmniej z jednym układem przetwarzającym, wyposażonym w zespół przetworników wykonawczych, zespół przetworników pomiarowych, regulator prędkości obrotowej oraz układ napędu regulatora prędkości obrotowej i z aparaturą sterująco-kontrolną w ten sposób, że jedno wyjście modelu połączone jest z wejściem układu napędu regulatora prędkości obrotowej, którego drugie wejście połączone jest z aparaturą sterująco-kontrolną, zaś wyjście z regulatorem prędkości obrotowej, drugie wyjście modelu połączone jest z wejściem zespołu przetworników wykonawczych, których wyjście połączone jest z wejściem regulatora prędkości obrotowej, zaś wyjście regulatora połączone jest z wejściem zespołu przetworników pomiarowych, natomiast wejście modelu połączone jest z wyjściem zespołu przetworników pomiarowych, przy czym model, zespół przetworników wykonawczych i pomiarowych oraz regulator prędkości obrotowej sprzężone są z aparaturą sterująco-kontrolną, a układ napędu regulatora prędkości obrotowej sprzężony jest z zespołem przetworników pomiarowych.

W celu sprawdzenia prawidłowości działania i zgodności uzyskiwanych wyników na stanowisku symulacyjnym według wynalazku z wynikami eksperymentów na obiekcie rzeczywistym przeprowadzono badania porównawcze. Na trawlerze „Denebola” przeprowadzono rejestrację przebiegu podstawowych zmiennych podsystemu napędowego w trakcie manewrów.

Następnie regulator silnika głównego zdjęto ze statku i zainstalowano na stanowisku symulacyjnym, na którym zasymulowano przebieg tych samych manewrów.

Realizowano następujące manewry:

- zmiana wartości zadanej prędkości obrotowej,
 - skokowa zmiana wartości momentu obciążenia silnika,
 - zmiana skoku śruby nastawnej;
- przy czym zmiany te realizowano w maksymalnych dopuszczalnych granicach.

Nieoczekiwanie okazało się, że dla całego czasu trwania badanych manewrów różnice w przebiegu zmiennych, uzyskanych w wyniku eksperymentu symulacyjnego z wynikami pomiarów w rzeczywistym podsystemie napędowym są mniejsze od 5%

wartości rzeczywistej. Jest to praktycznie maksymalna, możliwa do uzyskania dokładność modelowania przebiegów rzeczywistych, gdyż dotychczas w pomiarach i rejestracji zmiennych w rzeczywistym okrętowym podsystemie napędowym uzyskuje się dokładność co najwyżej 5%, a nierzadko i mniejszą.

Na stanowisku symulacyjnym przeprowadzono również dobór nastaw charakterystyk regulatorów typu Woodward PGA-58, przeznaczonych do pracy w podsystemach napędowych czterech kolejnych jednostek typu B-400. Dobierano następujące charakterystyki;

- układu zadawania prędkości,
- układu nastawy statyzmu,
- układu ograniczenia dawki paliwa w funkcji ciśnienia powietrza doładowania w celu zapewnienia poprawnej pracy równoległej obu silników podsystemu napędowego.

Po zainstalowaniu regulatorów na statku zbędnym było przeprowadzenie jakichkolwiek korekt nastawionych charakterystyk, gdyż od razu uzyskano poprawną, spełniającą wszystkie wymagania, pracę układów regulacji prędkości. Dokładność modelowania charakterystyk rzeczywistego układu oraz powtarzalność nastaw jest bardzo wysoka i znacznie przekracza pierwotne oczekiwania.

Sposób i układ według wynalazku pozwalają na wyeliminowanie dotychczas prowadzonych badań regulatorów na pracującym silniku spalinowym na hamowni lub bezpośrednio na statku. Na dynamikę modelu nie mają wpływu własności poszczególnych elementów składowych układu. Własności dynamiczne, stałe czasowe i opóźnienia przetworników prędkości i ciśnienia są pomijalne w stosunku do stałych czasowych modelu.

Ponadto, przy odpowiednim zestawie urządzeń sterująco-kontrolnych możliwy jest bardzo elastyczny dobór zakresu prac badawczych regulatora. Istnieje również możliwość wyznaczania charakterystyk kompletnego zespołu napędowego, jak też odpowiednie dostosowanie regulatora do zadanych charakterystyk modelu.

Konstrukcja stanowiska pozwala także na dowolne rozszerzanie zespołu przetworników pomiarowych i wykonawczych zależnie od typu regulatora prędkości obrotowej, instalowanego na stanowisku. Możliwe jest również zastosowanie modelu pracy równoległej silnik spalinowy — silnik spalinowy — turbina oraz turbina — turbina.

Przedmiot wynalazku pokazany jest w przykładzie wykonania na rysunku, który przedstawia schemat blokowy układu do wyznaczania charakterystyk regulatorów prędkości obrotowej oraz pomiaru rozkładu mocy przy pracy równoległej.

Jak pokazano na rysunku, układ składa się z dwóch identycznych układów przetwarzających 1, symetrycznie połączonych z modelem analogowym 2 zespołu napędowego statku, który sterowany jest przez aparaturę sterująco-kontrolną 3.

W skład układów przetwarzających 1 wchodzi zespół przetworników wykonawczych 4 w postaci przetwornika elektryczno-pneumatycznego 5, zespół przetworników pomiarowych 6, w którym

znajduje się przetwornik hydrauliczno-elektryczny 7, przetwornik mechaniczno-elektryczny 8 oraz prądnica tachometryczna 9, regulator prędkości obrotowej 10 i elektryczny zespół napędowy 11 regulatora 10. Układy przetwarzające 1 połączone są z modelem analogowym 2 i aparaturą sterująco-kontrolną 3 w ten sposób, że jedno wyjście modelu 2 połączone jest z wejściem przetwornika elektryczno-pneumatycznego 5, zaś drugie wyjście z wejściem elektrycznego zespołu napędowego 11.

Jedno wejście modelu 2 połączone jest z wyjściem przetwornika hydrauliczno-elektrycznego 7, drugie wejście — z wyjściem przetwornika mechaniczno-elektrycznego 8, zaś trzecie wejście modelu 2 połączone jest z wyjściem prądnicy tachometrycznej 9.

Jedno wejście regulatora prędkości obrotowej 10 połączone jest z przetwornikiem elektryczno-pneumatycznym 5, drugie zaś wejście — z wyjściem elektrycznego zespołu napędowego 11, natomiast oba wyjścia regulatora 10 połączone są kolejno z wejściem przetwornika hydrauliczno-elektrycznego 7 i z wejściem przetwornika mechaniczno-elektrycznego 8. Wyjście prądnicy tachometrycznej 9 połączone jest z wejściem elektrycznego zespołu napędowego 11. Model analogowy 2, zespół przetworników wykonawczych 4, zespół przetworników pomiarowych 6 i regulator prędkości obrotowej 10 sprzężone są z aparaturą sterująco-kontrolną 3, natomiast prądnica tachometryczna 9 sprzężona jest z elektrycznym zespołem napędowym 11.

Sposób wyznaczania charakterystyk statycznych i dynamicznych regulatorów prędkości obrotowej oraz pomiaru rozkładu mocy przy pracy równoległej polega na tym, że poszczególne charakterystyki statyczne i dynamiczne wyznacza się poprzez zmiany poszczególnych stanów pracy regulatorów prędkości obrotowej dokonywane za pośrednictwem odpowiednich nastaw modelu analogowego 2 o zmiennej strukturze i parametrach zespołu napędowego oraz nastaw wartości wielkości wejściowych regulatorów prędkości obrotowej 10, przeznaczonych zarówno do pracy pojedynczej, jak też do pracy równoległej.

Model analogowy 2 stanowi wyspecjalizowaną maszynę analogową lub cyfrową z zaprogramowanym modelem matematycznym zespołu napędowego statku o zmiennej strukturze i parametrach. Modelowany zespół napędowy statku składa się z silników wysokoprężnych z doładowaniem dwóch sprzęgieł podatnych, dwóch załączalnych dwustopniowo sprzęgieł ciernych, przekładni redukcyjnej i śruby nastawnej wraz z mechanizmem zmiany skoku. Przy pomocy odpowiednich elementów aparatury sterująco-kontrolnej 3 możliwy jest właściwy dobór wartości współczynników modelu 2, wybór konfiguracji modelowanego zespołu oraz symulowanie wymaganych manewrów zespołu, a przede wszystkim określenie wartości i przebiegu obciążenia. W regulatorze prędkości obrotowej 10 mierzona jest rzeczywista prędkość wału napędowego, sprzężonego z wałem silnika i porównywana z wartością prędkości zadanej. W zależności od różnicy wartości rzeczywistej i zada-

nej zmienia się położenie wału wyjściowego regulatora 10, połączonego z dźwigniami sterowania dopływu paliwa do silnika. W celu sprawdzenia dokładności regulacji prędkości obrotowej dla różnych wartości zadanych z zakresu dopuszczalnego dla danego regulatora 10, mierzony jest dla różnych stanów obciążenia zakres wahań prędkości obrotowej.

Dla przeprowadzenia pełnych prób regulatora 10 koniecznym jest uzyskanie zamkniętej pętli regulacyjnej, o parametrach maksymalnie zbliżonych do rzeczywistych. W tym celu z regulatora 10 podawany jest sygnał wyjściowy w postaci, na przykład kąta obrotu lub przesunięć liniowych tłoka silownika, zamieniany poprzez odpowiedni przetwornik mechaniczno-elektryczny 8 na sygnał napięciowy, podawany na wejście modelu analogowego 2. Ponadto, z układu kontroli obciążenia w regulatorze 10 podawany jest również sygnał odpowiadający ciśnieniu oleju, który w przetworniku hydrauliczno-elektrycznym 7 zostaje przetworzony na odpowiadający mu sygnał napięciowy, przekazywany na wejście modelu analogowego 2.

Na podstawie zamodelowanych parametrów takich jak, obciążenia oraz wielkości z przetworników 7, 8 i prądnicy tachometrycznej 9, które określają reakcję regulatora 10, w modelu analogowym 2 zostaje wytworzony sygnał napięciowy prędkości badanego silnika oraz ciśnienia „powietrza doładowania”. Napięciowy sygnał ciśnienia „powietrza doładowania” przetwarzany jest przez przetwornik elektryczno-pneumatyczny 6 na rzeczywiste ciśnienie „powietrza doładowania” podawane na wejście regulatora 10 w funkcji ciśnienia „powietrza doładowania” ograniczane jest dawką paliwa przez układy ograniczające w regulatorze 10.

Napięciowy sygnał prędkości obrotowej podawany jest do elektrycznego zespołu napędowego 11, w którym zostaje przetworzony na rzeczywistą prędkość silnika elektrycznego, z którym sprzężony jest wał napędowy regulatora 10. Prędkość ta stanowi sygnał wejściowy do regulatora 10. Prądnica tachometryczna 9 określa sygnał prędkości, który podawany jest do modelu analogowego 2 oraz elektrycznego zespołu napędowego 11. Wartość prędkości zadanej, doprowadzonej do regulatora 10, określa się przy pomocy odpowiedniego doboru parametrów w aparaturze sterująco-kontrolnej 3.

W przypadku właściwego doboru struktury i wartości współczynników modelu 2 przebiegi poszczególnych zmiennych w układzie stanowiska badawczego jednoznacznie odpowiadają przebiegom tych zmiennych w układzie rzeczywistym. Regulator 10 pracuje identycznie jak podczas pracy z silnikiem.

Dla jednoczesnego niezależnego badania dwóch regulatorów 10, przeznaczonych do pracy pojedynczej oraz dla badania dwóch regulatorów 10, przeznaczonych do współpracy w zespole napędowym, złożonym z dwóch silników spalinowych, pracujących równolegle na wspólny odbiornik, na stanowisku badawczym instaluje się dwa symetryczne układy przetwarzające 1, połączone z modelem analogowym 2 o zmiennej strukturze. Przy pomo-

cy modelu analogowego 2 zmienia się stan obciążenia w pełnym zakresie zmian parametrów, sprawdzając prawidłowość rozkładów obciążeń czynnych w stanach statycznych. Dla sprawdzenia poprawności pracy w stanach dynamicznych w modelu analogowym 2 generuje się odpowiednie dynamiczne zmiany obciążenia. Zarejestrowane przebiegi podstawowych zmiennych obu regulatorów 10 i modelu 2 są zgodne z przebiegami rzeczywistymi.

Próby takie prowadzone są dla regulatorów wysokoprężnych silników spalinowych o szerokim zakresie stosowania, przede wszystkim dla silników spalinowych napędu głównego statku, zespołów spalinowo-prądotwórczych oraz napędu lokomotyw.

Postać modelu analogowego 2 zespołu napędowego oraz elementy składowe zespołu przetworników wykonawczych 4 i pomiarowych 6 mogą być dobierane w zależności od typu badanego regulatora 10 oraz jego przeznaczenia. W przypadku regulatorów 10, przeznaczonych do pracy pojedynczej model analogowy 2, odwzorowuje się zespół napędowy pracy pojedynczej o odpowiednim obciążeniu z modelem silnika spalinowego lub prądnicy. Dla regulatorów 10, przeznaczonych dla zespołów pracy równoległej wybiera się model dwusilnikowego zespołu napędowego.

Skład zespołów przetworników 4 i 6 determinuje typ badanego regulatora 10 oraz sygnały wejściowe i wyjściowe, których wymaga jego funkcjonowanie. I tak na przykład, badanie regulatora 10 typu Woodward UG40 w wykonaniu dźwigniowym wymaga zastosowania jedynie przetwornika pomiarowego 6 kąta obrotu wału wyjściowego regulatora 10, zaś badanie regulatora 10 typu Woodward PGA z typowym dla zastosowań okrętowych zestawem urządzeń pomocniczych powoduje konieczność zastosowania także przetworników elektropneumatycznych 5 w zespole przetworników wykonawczych 4 i hydrauliczno-elektrycznych 7 w zespole przetworników pomiarowych 6.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób wyznaczania charakterystyk statycznych i dynamicznych regulatorów prędkości obro-

towej oraz pomiaru rozkładu mocy przy pracy równoległej wysokoprężnych silników spalinowych i/lub turbin, **znamienny tym**, że na wejścia modelu odwzorowującego własności statyczne i dynamiczne badanego zespołu napędowego podaje się sygnały wyjściowe regulatorów prędkości obrotowej, a wypracowane przez model sygnały wyjściowe doprowadza się na wejścia regulatorów prędkości obrotowej, po czym z uzyskanej pętli regulacyjnej wyznacza się charakterystyki i rozkład mocy.

2. Układ do wyznaczania charakterystyk statycznych i dynamicznych regulatorów prędkości obrotowej oraz pomiaru rozkładu mocy przy pracy równoległej wysokoprężnych silników spalinowych i/lub turbin, **znamienny tym**, że model (2) odwzorowujący własności statyczne i dynamiczne zespołu napędowego, korzystnie o zmiennej strukturze, połączony jest z przynajmniej jednym układem przetwarzającym (1), wyposażonym w zespół przetworników wykonawczych (4), zespół przetworników pomiarowych (6), regulator prędkości obrotowej (10) oraz układ napędu (11) regulatora (10) i z aparaturą sterująco-kontrolną (3) w ten sposób, że jedno wyjście modelu (2) połączone jest z wejściem układu napędu (11), którego drugie wejście połączone jest z aparaturą sterująco-kontrolną (3), zaś wyjście z regulatorem prędkości obrotowej (10), drugie wyjście modelu (2) połączone jest z wejściem zespołu przetworników wykonawczych (4), których wyjście połączone jest z wejściem regulatora (10), natomiast wyjście regulatora (10) połączone jest z wejściem zespołu przetworników pomiarowych (6), zaś wejścia modelu (2) połączone jest z wyjściem zespołu przetworników pomiarowych (6), przy czym model (2), zespół przetworników wykonawczych (4) i pomiarowych (6) oraz regulator (10) sprzężone są z aparaturą sterująco-kontrolną (3), a układ napędu (11) sprzężony jest z zespołem przetworników pomiarowych (6).

