



Patent dodatkowy
do patentu nr _____

Zgłoszono: 27.06.77 (P. 199195)

Pierwszeństwo: 29.06.76 Stany Zjednoczone
Ameryki

Zgłoszenie ogłoszono: 30.01.78

Opis patentowy opublikowano: 15.06.1984

Int. Cl³ G05B 11/06
F02D 31/00

CZYTELNIA

Urzędu Patentowego
Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej

Twórca wynalazku: _____

Uprawniony z patentu: Barber-Colman-Company, Rockford (Stany
Zjednoczone Ameryki)

Automatyczny układ sterowania

1

Przedmiotem wynalazku jest automatyczny układ sterowania, zwłaszcza układ sterujący, w którym wykorzystywane sygnały są połączeniem funkcji sygnału proporcjonalności, jego całki i pochodnej.

Automatyczne układy sterowania są znane w technice. Takie układy odbierają sygnały elektryczne reprezentujące stan elementu sterowanego i porównują ten sygnał z sygnałem odniesienia, aby uzyskać sygnał błędu. Konkretnym zastosowaniem takich układów sterowania jest sterowanie regulatorem prędkości obrotowej silników spalinowych.

W wielu zastosowaniach jest konieczne sterowanie prędkością obrotową silnika, aby utrzymywać stałą prędkość niezależnie od zmian obciążenia silnika. Jest pożądane wprowadzenie układu, w którym czas reakcji, tzn. czas odpowiedzi silnika i układu sterującego na zmianę warunków pracy był zminimalizowany. Pozwala to uniknąć zbyt dużych prędkości, kołysania i niestabilności, co potencjalnie szkodzi układowi.

Automatyczny układ sterowania mający pożądane charakterystyki dla wyżej wspomnianych zastosowań jest opisany w zgłoszeniu patentowym USA nr 538 133.

W tym zgłoszeniu opisano automatyczny układ sterowania, w którym prędkość silnika jest wykrywana przez magnetyczny przetwornik cewkowy. Po ukształtowaniu i wzmocnieniu sygnał jest

2

dostarczany poprzez separujący zespół przełączający do wejścia wzmacniacza operacyjnego.

Ten wzmacniacz porównuje średni poziom napięcia stałego z sygnałem odniesienia w celu wytworzenia sygnału błędu. Ten sygnał błędu jest następnie różniczkowany i całkowany w czasie. Sygnał proporcjonalny do sygnału błędu, jego całka i jego pochodna są sumowane, aby uzyskać sygnał sterujący do uruchomienia organu wykonawczego, który może sterować zaworem paliwa albo mechanizmem przepustnicy. Przez zastosowanie elementu sprzężenia zwrotnego połączonego z organem wykonawczym uzyskuje się dokładne sterowanie urządzenia.

W celu zabezpieczenia działania urządzenia sterującego, często trzeba zastosować jeden, lub więcej zewnętrznych obwodów stanu granicznego. Takie obwody wytwarzają przeciążeniowy sygnał sterujący w przypadku, gdy nastąpi wykrycie szkodliwego warunku. Takie warunki obejmują nadmierną temperaturę silnika, nadmierne dymienie, niewłaściwe ciśnienie sprężania i temu podobne. Jeżeli któryś z tych warunków występuje, jest pożądane przeciążyć automatyczny układ sterowania bez względu na prawidłowe warunki pracy, na przykład prędkość silnika i zmniejszyć prędkość roboczą silnika, albo całkowicie zatrzymać silnik, ze względu na towarzyszące okoliczności.

Kiedy sterowanie graniczne powoduje przeciąże-

nie układu automatycznego sterowania, obwód integratora w układzie sterowania jest „okłamany” przez ciągłą pracę silnika przy wartości innej niż charakterystyczna dla sterowania automatycznego. To powoduje, że integrator rozpoczyna działanie w sposób niekorzystny dla dokładności sterowania, kiedy zostaje usunięte zewnętrzne graniczne sterowanie.

Jeśli integrator nie zostanie zabezpieczony przed zmianą punktu pracy w czasie działania ograniczenia, wówczas dla bardzo długiego okresu czasu po usunięciu zewnętrznego ograniczenia, integrator powoduje, że układ automatycznego sterowania działa w sposób niewłaściwy, na przykład występuje kołysanie do pożądanego punktu ustalenia.

Dzieje się tak, ponieważ sygnał wyjściowy integratora jest używany jako miara sumarycznego błędu między szybkością pożądanego punktu ustalenia, a szybkością rzeczywistą. Dlatego, jeśli integrator jest znacznie oddalony od właściwego punktu pracy układ nie będzie zabezpieczał tak dokładnego sterowania, jak jest to normalnie osiągalne.

Celem wynalazku jest opracowanie układu sterującego, w którym zapobiega się nasyceniu integratora w czasie jego działania.

Automatyczny układ sterowania, zwłaszcza dla sterowania silnika spalinowego, zawierający obwody do wytwarzania sygnału błędu wskazującego stan sterowanego urządzenia, obwód do całkowania sygnału błędu, obwody wytwarzające sygnał sterujący z sygnału błędu oraz jego całki, ponadto zawierający zewnętrzny obwód ograniczenia przeciążenia wytwarzający sygnał zewnętrznego ograniczenia przewyższający wartość sygnału sterującego, według wynalazku charakteryzuje się tym, że do wyjścia zewnętrznego obwodu ograniczenia przeciążenia dołączony jest obwód stabilizacji poziomu zawierający wzmacniacz operacyjny, do którego wyjścia dołączone są szeregowo dwa rezystory oraz dioda, która połączona jest z wejściem integratora dla zmiany sygnału wyjściowego integratora w przypadku gdy sygnał zewnętrznego ograniczenia przewyższa wartość sygnału sterującego i utrzymania integratora w prawidłowym obszarze pracy aż do wytworzenia następnego sygnału sterującego po okresie przewyższania sygnału sterującego przez sygnał zewnętrznego ograniczenia, przy czym sygnał doprowadzany z obwodu stabilizacji poziomu do wejścia integratora jest przeciwnej polaryzacji niż sygnał w węźle sygnału błędu, a jego amplituda jest równa lub większa od amplitudy sygnału błędu.

Wyjście zewnętrznego obwodu ograniczenia przeciążenia jest połączone z jednym wejściem wzmacniacza operacyjnego poprzez drugą diodę, dla wykrywania obecności sygnału zewnętrznego ograniczenia.

Korzystnie wzmacniacz operacyjny jest połączony jak wzmacniacz różnicowy.

Integrator stanowi wzmacniacz operacyjny połączony w układzie całkującym.

Przedmiot wynalazku zostanie objaśniony w przykładzie wykonania podanym na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schemat blokowy automatycznego układu sterowania, a fig. 2A i 2B przedstawiają kształty sygnałów wyjściowych integratora.

Na figurze 1 jest przedstawiony schemat blokowy układu sterowania według wynalazku. Prędkość obrotowa silnika napędzającego, takiego jak silnik wysokoprężny lub podobny silnik spalinowy, jest wykrywana przez magnetyczny przetwornik cewkowy 10. Sygnał sinusoidalny wytworzony przez cewkę zostaje doprowadzony do obwodu kształtującego-wzmacniającego 12, który przekształca ten sygnał do postaci fali impulsów prostokątnych. Ten szereg impulsów, których częstotliwość jest proporcjonalna do wykrytej prędkości obrotowej silnika, jest podawany poprzez elektroniczny obwód przełączający i eliminujący szum 14.

Obwód ten wytwarza średni poziom napięcia stałego proporcjonalny do odbieranych impulsów z kształtującego obwodu 12. Średni sygnał napięcia stałego jest podawany do obwodu wzmacniacza różnicowego 16 w celu wytworzenia sygnału błędu w węźle 18. Sygnał błędu jest całkowany przez integrator 20 i różniczkowany przez różniczkujący obwód 22. Sygnał proporcjonalny do sygnału błędu, jego całka i jego pochodna są sumowane w węźle 23 i podawane do generatora sygnału sterującego 24, którego wyjście dochodzi do wejścia sygnału sterującego 26.

Element sterujący, którego stan jest sterowany przez sygnał w węźle 26, może być utworzony przez dowolną liczbę urządzeń. W przypadku regulatora silnika element sterujący jest korzystnie zaworem regulującym dopływ paliwa do silnika. Położenie tego zaworu jest określona przez stan pobudzenia cewki organu wykonawczego, takiej jak cewka 28. Stan pobudzania jest oczywiście funkcją średniego prądu płynącego przez cewkę.

W celu dostarczenia sygnału reprezentującego aktualne położenie zaworu, element sprzężenia zwrotnego — korzystnie potencjometr, jest mechanicznie dołączony do cewki organu wykonawczego, żeby wytworzyć napięcie sprzężenia zwrotnego charakterystyczne dla tego położenia.

Dekoder położenia 30 stanowiący element sprzężenia zwrotnego dostarcza napięcie do wejścia sygnału sterującego 26. Węzeł 26 stanowi wejście różnicowego wzmacniacza 32, który to wzmacniacz porównuje wielkość sygnału sterującego z wielkością sygnału sprzężenia zwrotnego. Różnica pomiędzy tymi sygnałami, jeśli występuje, jest podawana na jedno wejście obwodu różnicowego wzmacniacza 32. Sygnał piłokształtny z generatora 34 jest podawany na drugie wejście różnicowego wzmacniacza 32 w celu wytworzenia sygnału impulsowego o modulowanej szerokości impulsów na wyjściu wzmacniacza, który wyznacza średni prąd płynący przez cewkę organu wykonawczego 28.

Opisany układ stanowi układ automatycznego

sterowania do utrzymywania silnika w regulowanych warunkach pracy na przykład w stałej prędkości.

Dodatkowo układ według wynalazku zawiera korzystnie zewnętrzny obwód ograniczenia przeciążenia 36, który może odłączyć sygnał z generatora sygnału sterującego 24 po wykryciu określonych warunków, takich jak wysoka temperatura, nadmierne dymienie, niewłaściwe ciśnienie sprężania i tym podobne.

Kiedy wystąpi jeden z kontrolowanych warunków zewnętrznego ograniczenia, prawidłowe działanie układu sterującego ulega zmianie. Zamiast sterowania różnicowego wzmacniacza 32 w oparciu o sygnał sterujący wytwarzany przez generator 24, wzmacniacz 32 jest sterowany sygnałem z obwodu ograniczenia przeciążenia 36, doprowadzanym przez przewód 38. Generator sygnału sterującego 24 zostaje skutecznie wyeliminowany z układu za pomocą diody 40. Prawidłowo sygnał sterujący jest doprowadzony przez diodę 40 do węzła sygnału sterującego 26. Prawidłowo sygnał ten jest ujemny. Jeśli w węźle 26 nie występuje żaden zewnętrzny sygnał ograniczenia, dioda 40 przewodzi.

Jednakże gdy jakiś zewnętrzny sygnał ograniczenia jest doprowadzany przewodem 38, który to sygnał jest bardziej ujemny niż sygnał sterujący, dioda 40 jest spolaryzowana w kierunku zaporowym i nie przewodzi. Zewnętrzny sygnał z przewodu 38 wraz z sygnałem sprzężenia zwrotnego z detektora położenia 30 determinuje wówczas sygnał wyjściowy różnicowego wzmacniacza 32.

Gdy wystąpi zewnętrzne ograniczenie, integrator 20 nie jest poinformowany o tym stanie. W przypadku braku obwodu według obecnego wynalazku, obwód integratora zaledwie wykrywa fakt, że regulowane urządzenie nie pracuje już w wybranym zakresie, zależnie do przyrostu sygnału błędu w węźle sygnału błędu 18.

Sygnał wyjściowy integratora w pewnych warunkach jest przedstawiony na fig. 2A. Ten wykres schematycznie przedstawia sygnał wyjściowy integratora w funkcji czasu. W przedziale 1 układ pracuje prawidłowo, a sygnał wyjściowy integratora jest stały, przyjmując, że silnik jest eksploatowany prawidłowo. W przedziale 2 zewnętrzny warunek ograniczający powoduje zakłócenie prawidłowej pracy układu i zmniejszenie prędkości obrotowej silnika, odpowiednio na przykład do nadmiernej temperatury, albo dymu. Jeśli prędkość obrotowa silnika spada, sygnał błędu wzrasta powodując wzrost sygnału wyjściowego integratora, który trwa aż integrator zostanie wprowadzony w stan nasycenia. Wówczas integrator „widzi” w węźle sygnału błędu 18 stały błąd i dąży do maksymalnego sygnału wyjściowego próbując wytworzyć sygnał, który skoryguje błąd.

W przedziale 3 ograniczenie przeciążeniowe zainika i regulacja silnika odbywa się ponownie w obwodzie sterującym. Ponieważ jednak integrator pozwoił osiągnąć dodatnie nasycenie, jego sygnał wyjściowy jest teraz daleki od pożądanego pozio-

mu do szybkiego osiągnięcia i utrzymywania sygnału zadającego działanie silnika napędzającego. Jego sygnał wyjściowy po pewnym okresie czasu wróci do właściwego poziomu, ale do okresu zaznaczonego w przedziale 3 automatyczny układ sterowania nie zabezpiecza zadawającego sterowania. Może wystąpić przesunięcie albo spadek sygnału.

Aby opanować ten problem, zwłaszcza gdy warunki zewnętrznego ograniczenia występują często, pożądanym jest przesunąć lub przestawić punkt pracy integratora 20 podczas tych okresów, kiedy zewnętrzne warunkowe ograniczenie rzeczywiście występuje. Konieczna jest stabilizacja poziomu sygnału wyjściowego integratora do wybranego poziomu podczas wystąpienia zewnętrznego warunkowego ograniczenia.

Wynik stabilizacji poziomu albo przesunięcia punktu pracy integratora, jest przedstawiony na fig. 2B. Ten wykres jest taki sam jak na fig. 2A w przedziale 1, w czasie prawidłowego działania obwodu sterującego. W przedziale 2 jednakże, gdy zewnętrzne ograniczenie przeciąża działanie obwodu, opisany obwód przesunięcia powstrzymuje integrator przed osiągnięciem dodatniego nasycenia i utrzymuje go na wartości, lub nieznacznie poniżej wartości w czasie, gdy ograniczenie rzeczywiście występowało. W przedziale 3, gdy ograniczenie jest usunięte, integrator szybko podejmuje na nowo swój właściwy poziom wyjściowy do dostarczania dokładnej informacji do generatora 24 sygnału sterującego.

Nawiązując ponownie do fig. 1, układ według wynalazku tu przedstawiony zawiera również obwód stabilizacji poziomu ograniczony linią przerywaną. Wystąpienie warunku zewnętrznego ograniczenia w obwodzie 36 jest wykrywane przez diodę 42 dołączoną do wejść wzmacniacza operacyjnego 44.

Wzmacniacz operacyjny 44 zachowuje się jak przełącznik i przechodzi ze stanu dodatniego nasycenia do ujemnego nasycenia zależnie od tego, czy dioda 42 jest spolaryzowana w kierunku przewodzenia, czy w kierunku zaporowym. Dioda 42 jest spolaryzowana w kierunku przewodzenia kiedy obwód ograniczenia 36 przeciąża obwód automatycznego sterowania, ponieważ sygnał wytwarzany przez obwód ograniczenia jest ujemny. Prąd przepływa od źródła zasilającego 46 poprzez rezystor 47, przewód 38 i diodę 42. To powoduje polaryzację diody w kierunku przewodzenia, wprowadzając wzmacniacz operacyjny 44 w stan dodatniego nasycenia.

Sygnał wyjściowy wzmacniacza operacyjnego 44 jest doprowadzany przez rezystory 48, 50 i diodę 52 do wejścia 54 integratora 20. Gdy ograniczenie zewnętrzne rzeczywiście występuje, wzmacniacz operacyjny 44 przechodzi w stan dodatniego nasycenia. Sygnał wyjściowy wzmacniacza jest wówczas doprowadzony do wejścia 54 integratora 20, gdzie jest odejmowany od sygnału błędu wytwarzanego przez wzmacniacz różnicowy 16. Tak jest, kiedy sygnał ograniczenia zmniejsza prędkość obrotową silnika od wartości utrzymywanej przez

obwód sterowania automatycznego, a sygnał błędny o pierwszej biegunowości, na przykład ujemnej, jest wytwarzany w węźle sygnału błędny 18. Następnie ten sygnał błędny jest doprowadzany do wejścia 54 integratora 20.

Sygnał wytwarzany przez obwód stabilizacji poziomu jest biegunowości przeciwnej niż sygnał błędny, w tym przypadku dodatni. Jego wielkość jest wybrana tak, by była zawarta między wielkością równą lub większą od sygnału błędny normalnie spotykanego w wybranym zakresie eksploatacji dla przedmiotowego rozwiązania. Jeśli sygnał stabilizacji poziomu doprowadzany przewodem 56 nieznacznie przewyższa sygnał błędny, uzyskuje się kształt sygnału przedstawiony na fig. 2B — przedział 2.

Kiedy zewnętrzne ograniczenie przestaje blokować działanie generatora sygnału sterującego 24, dioda 42 przestanie przewodzić. Wzmacniacz operacyjny 44 wchodzi wówczas w stan słabego nasycenia, a dodatni sygnał będzie usunięty z przewodu 56, pozwalając integratorowi 20 reagować na sygnał błędny doprowadzany z węzła sygnału błędny 18.

Zastrzeżenia patentowe

1. Automatyczny układ sterowania, zwłaszcza dla sterowania silnika spalinowego, zawierający obwody do wytwarzania sygnału błędny wskazującego stan sterowanego urządzenia, obwody do wytwarzania całki sygnału błędny, obwody wytwarzające sygnał sterujący z sygnału błędny oraz je-

go całki, ponadto zawierający zewnętrzny obwód ograniczenia przeciążenia wytwarzający sygnał zewnętrznego ograniczenia przewyższający wartość sygnału sterującego, **znamienny tym**, że do wyjścia zewnętrznego obwodu ograniczenia przeciążenia (36) dołączony jest obwód stabilizacji poziomu zawierający wzmacniacz operacyjny (44), do którego wyjścia dołączone są szeregowo dwa rezystory (48, 50) oraz dioda (52), która połączona jest z wejściem integratora (20) dla zmiany sygnału wyjściowego integratora (20) w przypadku gdy sygnał zewnętrznego ograniczenia przewyższa wartość sygnału sterującego i utrzymywania integratora (20) w prawidłowym obszarze pracy aż do wytworzenia następnego sygnału sterującego po okresie przewyższania sygnału sterującego przez sygnał zewnętrznego ograniczenia, przy czym sygnał doprowadzany z obwodu stabilizacji poziomu do wejścia integratora (20) jest przeciwnej polaryzacji niż sygnał błędny w węźle sygnału błędny (18), a jego amplituda jest równa lub większa od amplitudy sygnału błędny.

2. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że wyjście zewnętrznego obwodu ograniczenia przeciążenia (36) jest połączone z jednym wejściem wzmacniacza operacyjnego (44) poprzez drugą diodę (42) dla wykrywania obecności sygnału zewnętrznego ograniczenia.

3. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że wzmacniacz operacyjny (44) jest połączony jak wzmacniacz różnicowy.

4. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że integrator (20) stanowi wzmacniacz operacyjny połączony w układzie całkującym.

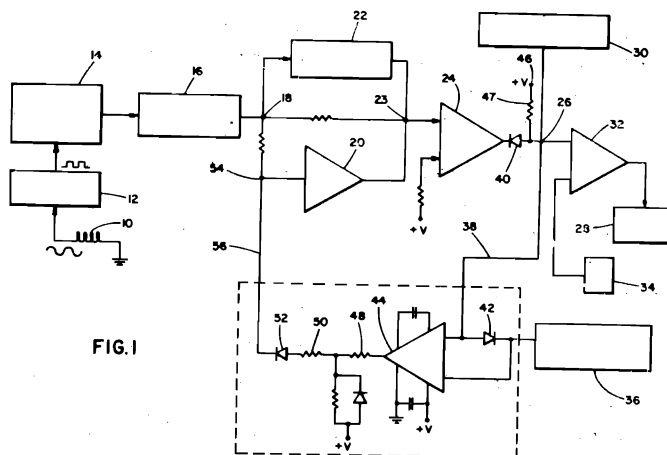


FIG. 2A

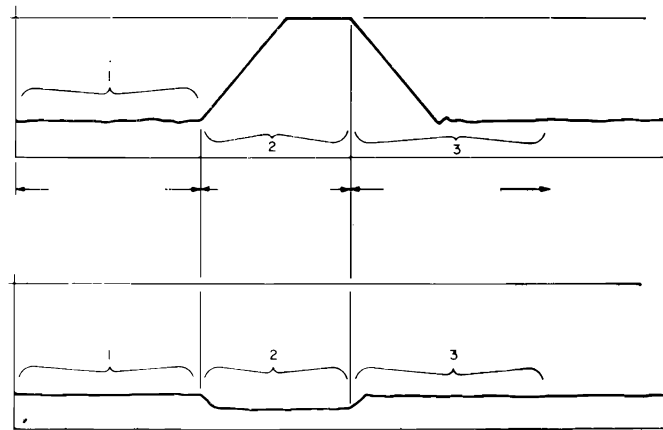


FIG. 2B

