

**Układ sterowania prędkością i współbieżnym wysuwem tłoczyk  
dwóch siłowników pneumatycznych oraz sposób sterowania prędkością  
i współbieżnym wysuwem tłoczyk dwóch siłowników pneumatycznych**

Przedmiotem wynalazku jest układ sterowania prędkością i współbieżnym wysuwem tłoczyk dwóch siłowników pneumatycznych oraz sposób sterowania prędkością i współbieżnym wysuwem tłoczyk dwóch siłowników pneumatycznych mające zastosowanie zwłaszcza w sprzęcie rehabilitacyjnym.

Ze stanu techniki znane są sposoby sterowania siłownikami poprzez użycie do tego celu regulatora proporcjonalno-całkująco-różniczkującego z odpowiednio dobranymi nastawami, rozdzielacza lub zaworu proporcjonalnego ze sterownikiem zaworu.

W pneumatycznych układach napędowych urządzeń, czy też maszyn, zdarza się, że istotnym jest uzyskanie ruchu dwóch siłowników z równorzędną prędkością. Głównym powodem braku uzyskania tych samych prędkości wysuwu tłoczyk dwóch siłowników pracujących równocześnie, są ich różne obciążenia zewnętrzne, a także zróżnicowane opory własne bądź ściśliwość czynnika roboczego. Problem równomiernej pracy – wysuwu bądź wsuwu – dwóch siłowników pneumatycznych, rozwiązywany jest przez stosowanie zaworów proporcjonalnych sterowanych układami elektronicznymi, przy wykorzystaniu układu pomiaru położenia tłoczyk siłowników. Zawory te są drogie i złożone w swojej budowie.

Z polskiego opisu patentowego PL 221414 B1 znany jest zawór do sterowania napędów płynowych, zwłaszcza pneumatycznych napędów siłownikowych, zawierający korpus z oknami przepływowymi oraz suwak

rozdzielający. Na końcach suwaka są zainstalowane magnesy trwałe, a w korpusie, korzystnie w osi suwaka, są zainstalowane czujniki pola magnetycznego połączone z przetwornikiem A/C układu sterowania.

Znane ze stanu techniki rozwiązania zapewniające współbieżny wysuw tłoczyk dwóch siłowników pneumatycznych mają złożoną budowę oraz są drogie i skomplikowane we wdrożeniu co wpływa na ich ograniczone stosowanie zwłaszcza w urządzeniach rehabilitacyjnych.

Układ sterowania prędkością i współbieżnym wysuwaniem tłoczyk dwóch siłowników pneumatycznych, zawierający sterownik oraz zawory, według wynalazku charakteryzuje się tym, że zawiera pierwszy zespół zaworów elektropneumatycznych, drugi zespół zaworów elektropneumatycznych, pierwszy zespół zaworów dławiająco-zwrotnych oraz drugi zespół zaworów dławiająco-zwrotnych, przy czym zarówno pierwszy zespół zaworów elektropneumatycznych jak i drugi zespół zaworów elektropneumatycznych zawiera co najmniej po cztery dwustanowe zawory elektropneumatyczne, natomiast pierwszy zespół zaworów dławiająco-zwrotnych zawiera zawory dławiająco-zwrotne w liczbie odpowiadającej liczbie dwustanowych zaworów elektropneumatycznych w pierwszym zespole zaworów elektropneumatycznych a drugi zespół zaworów dławiająco-zwrotnych zawiera zawory dławiająco-zwrotne w liczbie odpowiadającej liczbie dwustanowych zaworów elektropneumatycznych w drugim zespole zaworów elektropneumatycznych, ponadto każdemu dwustanowemu zaworowi elektropneumatycznemu z pierwszego zespołu zaworów elektropneumatycznych jest przyporządkowany, połączony z nim pneumatycznie, jeden zawór dławiająco-zwrotny pierwszego zespołu zaworów dławiająco-zwrotnych, a do każdego zaworu elektropneumatycznego drugiego zespołu zaworów elektropneumatycznych jest przypisany połączony z nim pneumatycznie jeden zawór dławiająco-zwrotny drugiego zespołu zaworów dławiająco-zwrotnych, natomiast dwustanowe zawory elektropneumatyczne pierwszego zespołu zaworów elektropneumatycznych są

połączone pneumatycznie z pierwszym siłownikiem, a dwustanowe zawory elektropneumatyczne drugiego zespołu zaworów elektropneumatycznych są połączone pneumatycznie z drugim siłownikiem, ponadto układ zawiera czujniki wysuwu tłoczyk pierwszego siłownika oraz drugiego siłownika.

Korzystnie każdy z zaworów dławiająco-zwrotnych pierwszego zespołu zaworów dławiająco-zwrotnych oraz drugiego zespołu zaworów dławiająco-zwrotnych ma inne dławienie.

Dalsze korzyści uzyskuje się, jeśli układ zawiera elektrozawór sterujący podłączony z jednej strony z pierwszym siłownikiem pneumatycznym oraz z drugim siłownikiem pneumatycznym a z drugiej strony z pierwszym zespołem zaworów dławiająco-zwrotnych oraz z drugim zespołem zaworów dławiająco-zwrotnych.

Kolejne korzyści uzyskiwane są, jeżeli zastosowany w układzie elektrozawór sterujący jest zaworem pięciodrożnym, trzypołożeniowym.

Następne korzyści uzyskiwane są, jeżeli czujniki wysuwu tłoczyk obejmują pierwszy czujnik potencjometryczny będący potencjometrem obrotowym sprzężonym mechanicznie z tłoczyskiem pierwszego siłownika oraz drugi czujnik potencjometryczny będący potencjometrem obrotowym sprzężonym mechanicznie z tłoczyskiem drugiego siłownika.

Dalsze korzyści uzyskiwane są, jeżeli czujniki potencjometryczne układu są podłączone do sterownika.

Kolejne korzyści uzyskuje się, jeśli w torach sygnałowych czujników potencjometrycznych zamontowane są filtry eliminacji zakłóceń.

Następne korzyści uzyskuje się, jeżeli układ ma bajpas pierwszego zespołu zaworów elektropneumatycznych oraz pierwszego zespołu zaworów dławiająco-zwrotnych, w postaci pierwszego oddzielnego zaworu dławiająco-zwrotnego, a także bajpas drugiego zespołu zaworów elektropneumatycznych oraz drugiego zespołu zaworów dławiająco-zwrotnych w postaci drugiego oddzielnego zaworu dławiająco-zwrotnego.

Dalsze korzyści uzyskuje się, jeśli układ zawiera czujnik ciśnienia, z

analogowym wyjściem napięciowym, podłączony do sterownika.

Kolejne korzyści uzyskiwane są, jeżeli jego sterownik jest w postaci mikrokontrolera zawierającego przetwornik A/C.

Następne korzyści uzyskuje się, jeżeli układ zawiera pierwszy moduł mocy oraz drugi moduł mocy przy czym pierwszy zespół zaworów elektropneumatycznych jest sterowany z mikrokontrolera za pośrednictwem pierwszego modułu mocy a drugi zespół zaworów elektropneumatycznych jest sterowany z mikrokontrolera za pośrednictwem drugiego modułu mocy.

Dalsze korzyści uzyskiwane są, jeśli dwustanowe zawory elektropneumatyczne pierwszego zespołu zaworów elektropneumatycznych oraz drugiego zespołu zaworów elektropneumatycznych układu są sterowane binarnie z mikrokontrolera.

Sposób sterowania prędkością i współbieżnym wysuwem tłoczków dwóch siłowników pneumatycznych z wykorzystaniem układu, według wynalazku charakteryzuje się tym, że w pierwszym etapie sprawdza się wysuw tłoczyska pierwszego siłownika oraz tłoczyska drugiego siłownika, następnie sprawdza się jaka jest różnica pomiędzy wysuwem tłoczyska pierwszego siłownika a wysuwem tłoczyska drugiego siłownika, po czym na podstawie tej różnicy włącza albo wyłącza się poszczególne zawory elektropneumatyczne pierwszego zespołu zaworów elektropneumatycznych oraz drugiego zespołu zaworów elektropneumatycznych regulując prędkość wysuwu tłoczków pierwszego siłownika oraz drugiego siłownika.

Korzystnie włączanie albo wyłączanie zaworów elektropneumatycznych pierwszego zespołu zaworów elektropneumatycznych oraz drugiego zespołu zaworów elektropneumatycznych realizuje się za pomocą mikrokontrolera poprzez podawanie kombinacji binarnej.

Dalsze korzyści uzyskiwane są, jeżeli wysuw tłoczyska sprawdza się za pomocą podłączonych do mikrokontrolera czujników potencjometrycznych a bieżącą prędkość wysuwu oblicza się za pomocą kontrolera na podstawie pomiarów wysuwu tłoczków siłowników w jednostkach czasu.

Rozwiązanie znajduje zastosowanie w przypadku, gdy wymagane jest uzyskanie jednakowej prędkości pracy dwóch siłowników pneumatycznych w mniej wymagających zastosowaniach, takich jak przykładowo sprzęt rehabilitacyjny. Miarą sygnału sterującego są wartości wag poszczególnych bitów bezpośrednio wysyłane na zawory – nie są one przetwarzane na postać analogową w celu otrzymania analogowego sygnału sterującego. Charakteryzuje się niewielkim stopniem skomplikowania, wykorzystując zawory dwustanowe oraz odpowiednio wyskalowane zawory dławiająco-zwrotne. Zaletą wynalazku jest prostota konstrukcji układu sterowania, niskie koszty wykonania oraz szybkość reakcji na zmieniające się warunki pracy siłownika – takie jak zakłócenia zewnętrzne – opory własne sterowanego urządzenia, opory tarcia lub ruch wywołany przez pacjenta ćwiczącego na urządzeniu rehabilitacyjnym poruszonym przez te siłowniki.

Układ sterowania prędkością i współbieżnym wysuwem tłoczków dwóch siłowników pneumatycznych oraz sposób sterowania prędkością i współbieżnym wysuwem tłoczków dwóch siłowników pneumatycznych, w przykładzie wykonania są bliżej wyjaśnione na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schemat części elektropneumatycznej układu a fig. 2 – schemat blokowy części elektrycznej.

Układ sterowania prędkością i współbieżnym wysuwem tłoczków siłowników pneumatycznych w przykładzie wykonania jest zastosowany w urządzeniu rehabilitacyjnym zawierającym pierwszy siłownik 1 pneumatyczny oraz drugi siłownik 2 pneumatyczny. Układ zawiera elektrozawór sterujący 3, pierwszy zespół zaworów elektropneumatycznych 4, drugi zespół zaworów elektropneumatycznych 5, a także pierwszy zespół zaworów dławiająco-zwrotnych 6 oraz drugi zespół zaworów dławiająco-zwrotnych 7, pierwszy czujnik potencjometryczny, 8, drugi czujnik potencjometryczny 9, pierwszy oddzielny

zawór dławiąco-zwrotny 10, drugi oddzielny zawór dławiąco-zwrotny 11, mikrokontroler 12, pierwszy moduł mocy 13, drugi moduł mocy 14 oraz czujnik ciśnienia 15. Użyty elektrozawór sterujący 3 jest zaworem pięciodrożnym, trzyłożeniowym i jest z jednej strony połączony przewodem pneumatycznym z pierwszym siłownikiem 1 pneumatycznym oraz z drugim siłownikiem 2 pneumatycznym. Z drugiej strony elektrozawór sterujący 3 jest połączony przewodem pneumatycznym do pierwszego zespołu zaworów dławiąco-zwrotnych 6 zawierającego cztery zawory dławiąco-zwrotne. Każdy z zaworów dławiąco-zwrotnych danego zespołu zaworów dławiąco-zwrotnych 6 i 7 ma inne dławienie, wyskalowane rosnąco w odniesieniu do wag bitów, tak że jest ono inne co ustalony krok. Pierwszy zespół zaworów elektropneumatycznych 4 zawiera cztery zawory elektropneumatyczne dwustanowe, a każdy z nich jest połączony pneumatycznie z jednym odpowiadającym mu zaworem dławiąco-zwrotnym pierwszego zespołu zaworów dławiąco-zwrotnych 6. Drugi zespół zaworów elektropneumatycznych 5 również zawiera cztery zawory elektropneumatyczne dwustanowe, a każdy z nich jest połączony pneumatycznie z jednym odpowiadającym mu zaworem dławiąco-zwrotnym drugiego zespołu zaworów dławiąco-zwrotnych 7. Zawory elektropneumatyczne pierwszego zespołu zaworów elektropneumatycznych 4 są połączone pneumatycznie z pierwszym siłownikiem 1 pneumatycznym, zaś zawory drugiego zespołu zaworów elektropneumatycznych 5 są połączone pneumatycznie z drugim siłownikiem 2 pneumatycznym. Pierwszy czujnik potencjometryczny 8 stanowi potencjometr obrotowy sprzężony mechanicznie za pomocą przekładni z pierwszym siłownikiem 1 pneumatycznym, zaś drugi czujnik potencjometryczny 9 stanowi potencjometr obrotowy sprzężony mechanicznie z drugim siłownikiem 2 pneumatycznym. Pełny wysuw liniowy tłoczyska danego siłownika 1, 2 pneumatycznego odpowiada pełnemu zakresowi danego czujnika potencjometrycznego 8, 9. Sygnały napięciowe z czujników potencjometrycznych przekazywane są na wejście przetwornika A/C mikrokontrolera 12 pełniącego funkcję sterownika dla całego układu. W torach sygnałowych czujników

potencjometrycznych zamontowane są filtry eliminujące zakłócenia. Pierwszy oddzielny zawór dławiąco-zwrotny 10 stanowi bajpas dla pierwszego zespołu zaworów elektropneumatycznych 4 oraz pierwszego zespołu zaworów dławiąco-zwrotnych 6. Drugi oddzielny zawór dławiąco-zwrotny 11 stanowi bajpas dla drugiego zespołu zaworów elektropneumatycznych 5 oraz drugiego zespołu zaworów dławiąco-zwrotnych 7. Utworzone przez pierwszy oddzielny zawór dławiąco-zwrotny 10 oraz drugi oddzielny zawór dławiąco-zwrotny 11 bajpasy umożliwiają szybki powrót tłoczek siłowników 1 i 2 do pozycji wyjściowej. Po zakończonym wysuwie gaz roboczy pomija poprzez te bajpasy zespoły zaworów elektropneumatycznych 4 i 5 oraz zespoły zaworów dławiąco-zwrotnych 6 i 7.

Zespoły zaworów elektropneumatycznych 4 i 5 są sterowane binarnie w taki sposób, że podczas regulacji wysuwu tłoczek siłowników 1 i 2 sterownik traktuje kolejne zawory elektropneumatyczne danego zespołu zaworów elektropneumatycznych 4 i 5 oraz połączone z nimi przewodami pneumatycznymi odpowiednio wyskalowane zespoły zaworów dławiąco-zwrotnych 6 i 7, jak wagi poszczególnych bitów w systemie dwójkowym, załączając lub wyłączając je w odpowiedniej kombinacji.


Pierwszy zespół zaworów elektropneumatycznych 4 jest sterowany z mikrokontrolera 12 poprzez pierwszy moduł mocy 13, natomiast drugi zespół zaworów elektropneumatycznych 5 jest sterowany z mikrokontrolera poprzez drugi moduł mocy 14. Analogowy sygnał z czujnika ciśnienia 15 jest podawany na wejście przetwornika A/C mikrokontrolera 12. Czujnik ciśnienia 15 ma za zadanie monitorowanie wartości ciśnienia gazu roboczego, które powinno się mieścić w dobranych wcześniej granicach dla napędzanego przez siłowniki 1 i 2 mechanizmu.

Dodatkowo układ jest wyposażony w klawiaturę 16, wyświetlacz LCD 17 oraz blok zasilający 18.

Przedstawiony w przykładzie wykonania układ służy do regulacji prędkości wysuwu siłowników 1 i 2. W przypadku konieczności sterowania współbieżnego siłowników w obie strony potrzebny jest drugi taki układ.

Sposób sterowania prędkością i współbieżnym wysuwem tłoczyśk dwóch siłowników pneumatycznych w przykładzie realizacji realizowany jest z wykorzystaniem układu opisanego powyżej. W pierwszej kolejności za pomocą czujników potencjometrycznych 8 i 9 sprawdza się poziom wysunięcia pierwszego siłownika 1 pneumatycznego oraz drugiego siłownika 2 pneumatycznego, następnie sprawdza się jaka jest różnica pomiędzy wysuwem tłoczyśk pierwszego siłownika 1 i drugiego siłownika 2, po czym na podstawie tej różnicy włącza albo wyłącza się zawory elektropneumatyczne pierwszego zespołu zaworów elektropneumatycznych 4 oraz drugiego zespołu zaworów elektropneumatycznych 5. Włączanie albo wyłączenie zaworów elektropneumatycznych realizuje się za pomocą mikrokontrolera 12 poprzez podawanie kombinacji binarnej i w ten sposób reguluje się prędkość wysuwu tłoczyśk pierwszego siłownika 1 oraz drugiego siłownika 2. Bieżąca prędkość wysuwu tłoczyśk siłowników 1 i 2 podczas jej regulacji za pomocą włączania i wyłączania zaworów elektropneumatycznych, jest obliczana za pomocą mikrokontrolera 12 na podstawie kolejnych pomiarów drogi w kolejnych jednostkach czasu, dokonywanych za pomocą czujników potencjometrycznych. W zależności od wartości uchybu – błędu – określonego na podstawie odczytu napięcia z czujników potencjometrycznych 8 i 9 w odniesieniu do przyjętych wartości dla stref, mikrokontroler 12 wysyła ustaloną dla danej strefy kombinację zer i jedynek załączających odpowiednio zawory elektropneumatyczne pierwszego zestawu zaworów elektropneumatycznych 4 oraz drugiego zestawu zaworów elektropneumatycznych 4 w odpowiedniej kombinacji dla danej strefy.

000001749  
POLITECHNIKA RZESZOWSKA  
im. Ignacego Łukasiewicza  
35-959 Rzeszów, Al. Powstańców Warszawy 12  
tel. 17 865-11-00  
NIP 8130266999

RZECZNIK PATENTOWY  
  
Piotr Okarmus