

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL**

(11) **239393**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **428231**

(22) Data zgłoszenia: **18.12.2018**

(51) Int.Cl.

B60W 40/114 (2012.01)

B60G 17/016 (2006.01)

(54) **Układ sterowania przechylem ramy pojazdu oraz sposób sterowania przechylem
ramy pojazdu, zwłaszcza trójkołowego**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

29.06.2020 BUP 14/20

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

29.11.2021 WUP 35/21

(73) Uprawniony z patentu:

**SIEĆ BADAWCZA ŁUKASIEWICZ
– PRZEMYSŁOWY INSTYTUT MOTORYZACJI,
Warszawa, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**BARTŁOMIEJ BURSA, Chynów, PL
KRZYSZTOF POPIOŁEK, Warszawa, PL
KATARZYNA STAŃKO-PAJĄK, Warszawa, PL
ARTUR PACZKOWSKI, Warszawa, PL
TOMASZ DETKA, Warszawa, PL
JAKUB LISIECKI, Łomianki, PL**

PL 239393 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest układ sterowania przechyłem ramy pojazdu oraz sposób sterowania przechyłem ramy pojazdu, zwłaszcza trójkołowego przeznaczonego głównie dla osób niepełnosprawnych.

Pojazdy z przechylaną ramą to często pojazdy trój- i więcej kołowe. Coraz częściej z takich pojazdów korzystają osoby niepełnosprawne z różnym stopniem niepełnosprawności od pasa w dół. Bezwładne kończyny dolne sprawiają, że pod wpływem siły odśrodkowej działającej na pojazd i kierowcę osoby niepełnosprawne nie balansują ciałem i nie są w stanie po przechyleniu powrócić same do pozycji pionowej. W związku z tym sposób sterowania przechyłem pojazdu oraz układ wykorzystujący ten sposób są niezbędne w pojazdach z przechylaną ramą szczególnie przeznaczonych dla osób niepełnosprawnych.

Z europejskiego zgłoszenia wynalazku EP3403857A1 znany jest układ zawieszenia pojazdu trójkołowego, którego dwa przednie koła są napędzane przez umieszczone w nich silniki napędowe, a tylne koło jest kierowane. W układzie zawieszenia zastosowano urządzenie do przechylania pojazdu. Urządzenie zawiera siłownik obrotowy, którego wał połączony jest z dwoma ramionami, przy czym ramiona te zamocowane są prostopadłe do osi wału. Każde z ramion połączonych jest przegubowo z drążkami łączącymi, które drugim końcem połączone są przegubowo ze wspornikami kół. Aktualny kąt pochylenia pojazdu jest kontrolowany przez siłownik obrotowy, sterowany za pomocą elektronicznej jednostki sterującej. Elektroniczna jednostka sterująca oblicza szacunkowe przyspieszenie boczne pojazdu na podstawie kąta skrętu kierownicy i prędkości pojazdu, oraz oblicza docelowy kąt przechyłu pojazdu na podstawie oszacowanego przyspieszenia bocznego. Oblicza także docelowy kąt obrotu siłownika obrotowego i steruje nim do osiągnięcia wymaganego kąta. Ponadto na podstawie kąta skrętu kierownicy i prędkości pojazdu obliczany jest kąt skrętu koła tylnego, po czym jednostka sterująca steruje siłownikiem skrętu koła tylnego aż do osiągnięcia wymaganego kąta.

Z amerykańskiego zgłoszenia wynalazku US2015158386A znany jest składany pojazd trójkołowy z silnikiem elektrycznym. Pojazd ma dwa przednie koła kierowane oraz jedno koło tylne napędzane silnikiem umieszczonym w jego piaście. Pojazd ma układ sterujący, do którego przyłączone są czujnik prędkości i silnik napędowy. W przypadku przekroczenia zadanej prędkości dopuszczalnej, układ sterujący steruje pracą silnika elektrycznego, tak aby pracował jako prądnica ładująca akumulator pojazdu. Ponadto pojazd ma kierownicę połączoną z krzywką. W wyniku wychylenia kierownicy w kierunku przodu pojazdu, krzywka oddziałuje na jednostkę sterującą przyspieszaniem, powodując zwiększenie prędkości pojazdu. Analogicznie wychylenie kierownicy w stronę tyłu pojazdu powoduje, że krzywka oddziałuje na jednostkę sterującą hamowaniem, powodując zmianę trybu pracy silnika na prądnicę. Pojazd ma składane siodelko, które chowane jest w ramie, oraz składaną kierownicę. Pojazd ma ponadto czujniki i wyświetlacz w kierownicy informujące użytkownika o prędkości, poziomie naładowania akumulatora, przebytym dystansie, dostępnym zasięgu do ponownego ładowania.

Z amerykańskiego opisu patentowego US9669841B2 znany jest układ i sposób sterowania w celu zapewnienia bezpieczeństwa w przypadku awarii układu kierowniczego z napędem silnikowym. Układ zawiera m.in. moduł określający czy pojazd porusza się prostoliniowo czy skręca, na podstawie kąta skrętu kierownicy, momentu obrotowego na kole kierownicy oraz prędkości pojazdu, moduł wykrywania awarii wspomagania układu kierowniczego, na podstawie wartości momentu obrotowego na kole kierownicy i momentu obrotowego silnika układu wspomagania oraz moduł wykrywania typu awarii, na podstawie współczynnika odchylenia szybkości zmian, obliczanego z uwzględnieniem prędkości pojazdu i kąta skrętu kierownicy.

Z międzynarodowego zgłoszenia wynalazku WO9914099A znany jest pojazd mający ramę z częścią przednią i częścią tylną, które mogą odchylać się względem siebie. Pojazd jest zaopatrzony w trzy lub więcej koła, z możliwością obracania przedniego koła względem kolumny kierowniczej. Czujnik określa kąt obrotu pomiędzy przednim kołem, a kolumną kierowniczą i w funkcji tego kąta obrotu, uruchamia zespoły odchylające pojazd. W wyniku następującego odchylenia przedniej części ramy oraz w wyniku prędkości z jaką jedzie pojazd, przednie koło i kąt odchylenia automatycznie dostosowują się do właściwego poziomu umożliwiającego pojazdowi stabilną jazdę na zakrętach z daną prędkością.

Układ sterowania przechyłem ramy pojazdu trójkołowego, zawierającego przednią część ramy, do której zamocowane jest koło kierowane i siedzenie oraz tylną część ramy, do której zamocowane są koła tylne, przy czym przednia i tylna część ramy połączone są ze sobą przegubowo, który to układ

zawiera sterownik, do którego przyłączone są: czujnik kąta obrotu kierownicy, czujnik pomiaru prędkości oraz układ sterowania silnika połączony z silnikiem mechanizmu wymuszania przechyłu, charakteryzuje się tym, że pomiędzy czujnikiem kąta obrotu kierownicy, a sterownikiem jest przetwornik analogowo-cyfrowy i filtr cyfrowy, a pomiędzy czujnikiem pomiaru prędkości, a sterownikiem jest układ licznikowy. Ponadto wyjście sterownika połączone jest poprzez pierwszy węzeł sumacyjny z regulatorem położenia, który z kolei połączony jest poprzez drugi węzeł sumacyjny z regulatorem prądu, który poprzez generator sygnału PWM połączony jest z układem sterowania silnika. Układ sterowania silnika (SS) poprzez przetwornik analogowo-cyfrowy i filtr cyfrowy połączony jest także z drugim węzłem sumacyjnym. Czujnik kąta pochylenia ramy pojazdu poprzez przetwornik analogowo-cyfrowy i filtr cyfrowy połączony jest z pierwszym węzłem sumacyjnym.

Regulator położenia może być regulatorem proporcjonalnym lub proporcjonalno-całkującym.

Funkcję czujnika kąta obrotu kierownicy oraz czujnika kąta pochylenia ramy pojazdu mogą pełnić czujniki potencjometryczne o napięciowym lub prądowym sygnale wyjściowym, czujnik hallotronowy lub enkoder absolutny z szeregowym interfejsem cyfrowym lub połączeniem równoległym wielobitowym.

Funkcję czujnika prędkości pojazdu mogą pełnić czujnik magnetyczny, czujnik indukcyjny lub enkoder przyrostowy.

Czujnik kąta obrotu kierownicy jest połączony z wałem kierowniczym oraz z nieruchomą obudową wału kierownicy.

Czujnik kąta pochylenia ramy pojazdu znajduje się pomiędzy przednią, a tylną częścią ramy pojazdu, korzystnie połączony jest z jednym końcem wahacza przedniej ramy pojazdu oraz z tylną częścią ramy pojazdu.

Czujnik prędkości pojazdu umieszczony jest w silniku napędzającym koła pojazdu lub bezpośrednio w piaście koła pojazdu.

Sposób sterowania przechyłem pojazdu, w którym na podstawie sygnałów z czujnika kąta obrotu kierownicy oraz czujnika prędkości pojazdu sterownik zadaje sygnał kąta przechyłu, charakteryzuje się tym, że na podstawie sygnałów z czujnika kąta obrotu kierownicy oraz czujnika prędkości pojazdu sterownik zadaje sygnał kąta przechyłu, który zostaje skorygowany o wartość sygnału sprzężenia zwrotnego z czujnika kąta pochylenia ramy pojazdu, a następnie przetworzony przez regulator położenia, po czym ponownie skorygowany o wartość prądu zmierzonego pomiędzy modułem sterowania silnika a silnikiem elektrycznym. Następnie sygnał ten przekazywany jest do regulatora prądu, który na jego podstawie generuje sygnał sterujący dla układu sterowania silnika, który zostaje przetworzony na sygnał PWM w generatorze sygnału PWM, po czym układ sterowania silnika zasila silnik elektryczny napędzający mechanizm wymuszenia przechyłu.

Do pomiaru prądu pomiędzy modułem sterowania silnika a silnikiem elektrycznym wykorzystywany jest czujnik działający na zasadzie efektu Halla lub bocznik połączony z przetwornikiem analogowo-cyfrowym.

Mechanizm wymuszenia przechyłu zawiera silnik elektryczny, którego obracający się wał oddziałuje poprzez koło napędowe i cięgno na górne ramiona dźwigni trójramiennej, której trzecie ramie połączone jest z wahaczem, powodując jego obrót, przy czym jeden koniec wahacza połączony jest trwale z przednią częścią ramy pojazdu a drugi koniec połączony jest obrotowo z tylną częścią ramy pojazdu.

Przedmiot wynalazku jest uwidoczniony w przykładnie wykonania na rysunku, na którym:

fig. 1 – przedstawia schemat blokowy układu sterowania,

fig. 2 – przedstawia widok mechanizmu wymuszającego przechył w rzucie aksonometrycznym,

fig. 3 – przedstawia widok pojazdu w rzucie aksonometrycznym.

Oznaczenia:

1 – koło napędowe,

2 – cięgno,

3 – dźwignia trójramienna,

4 – wahacz,

CV – czujnik prędkości pojazdu,

CK – czujnik kąta skrętu kierownicy,

CP – czujnik kąta pochylenia ramy pojazdu,

M – silnik elektryczny,

AC1, AC2, AC3 – przetworniki analogowo-cyfrowe,

L1 – układ licznikowy (timer),
R1 – regulator położenia,
R2 – regulator prądu,
FC1, FC2, FC3 – filtry cyfrowe,
PWM – generator sygnału PWM,
SS – sterownik silnika,
S – sterownik.

W korzystnym przykładzie wykonania układ sterowania przechyłem zastosowano w trójkołowym pojeździe, który ma przednią część ramy, do której zamocowane są koło kierowane, kierownica i siedzenie oraz tylną część ramy, do której zamocowane są dwa koła, silnik napędowy i mechanizm wymuszania przechyłu. Przednia część ramy pojazdu ma wahacz 4, którego koniec połączony jest obrotowo z tylną częścią ramy. Na końcu wahacza 4 zamontowany jest czujnik kąta pochylenia ramy pojazdu CP, który mierzy kąt pochylenia przedniej części ramy względem tylnej części ramy. Tylne koła napędzane są dwoma niezależnymi silnikami elektrycznymi, w których wbudowano czujniki prędkości pojazdu CV. W przedniej części ramy na wale kierowniczym zamontowany jest czujnik kąta skrętu kierownicy CK. Czujniki kąta pochylenia ramy pojazdu CP i kąta skrętu kierownicy CK są czujnikami potencjometrycznymi. Powyższe czujniki przyłączone są do układu sterowania, przy czym czujnik kąta obrotu kierownicy CK przyłączony jest poprzez przetwornik analogowo-cyfrowy AC1 i filtr cyfrowy FC1 do sterownika S, do którego poprzez układ licznikowy L1 przyłączony jest również czujnik pomiaru prędkości CV. Funkcję czujnika prędkości CV pełni czujnik magnetyczny. W innych przykładach wykonania może to być również czujnik indukcyjny lub enkoder przyrostowy. Sygnał z tego typu czujników ma zmienną częstotliwość, dlatego w układzie wykorzystywany jest układ licznikowy (timer) L1, dzięki któremu określana jest częstotliwość proporcjonalna do częstotliwości sygnału. Wyjście sterownika S połączone jest poprzez pierwszy węzeł sumacyjny z regulatorem położenia R1, który z kolei połączony jest poprzez drugi węzeł sumacyjny z regulatorem prądu R2, który poprzez generator sygnału PWM i układ sterowania silnika SS połączony jest z silnikiem M mechanizmu wymuszania przechyłu. Układ sterowania silnika SS poprzez przetwornik analogowo-cyfrowy AC3 i filtr cyfrowy FC3 połączony jest z drugim węzłem sumacyjnym, a czujnik kąta pochylenia CP ramy pojazdu poprzez przetwornik analogowo-cyfrowy AC2 i filtr cyfrowy FC2 połączony jest z pierwszym węzłem sumacyjnym.

Układ na podstawie danych wejściowych z czujników generuje sygnał sterujący układem wykonawczym – silnikiem elektrycznym M mechanizmu wymuszenia przechyłu – w celu uzyskania najbardziej korzystnego kąta pochylenia ramy podczas pokonywania łuku drogi.

Sterownik S zawiera w pamięci operacyjnej tablice kąta skrętu, tablice kąta prędkości oraz tablice kąta przechyłu. Sterownik S przyporządkowuje sygnały z czujników kąta skrętu kierownicy CK i prędkości pojazdu CV do dyskretnych wartości zawartych w tablicach danych – tablicy kąta skrętu i tablicy prędkości. Następnie na podstawie tych wartości sterownik dokonuje wyboru kąta przechyłu pojazdu z tablicy kąta przechyłu i generuje sygnał dla urządzeń wykonawczych. Kąt zadany określany jest więc za pomocą funkcji dyskretniej, której argumentami są: kąt skrętu kierownicy oraz prędkość pojazdu. Następnie sygnał korygowany jest poprzez sprzężenie zwrotne o wartość sygnału pochodzącego z czujnika kąta pochylenia CP ramy pojazdu. W dalszej kolejności sygnał jest przetwarzany w regulatorze położenia R1 (proporcjonalno-całkującym) i korygowany o wartość prądu zmierzonego przy pomocy bocznika pomiędzy modulem sterowania silnika SS a silnikiem elektrycznym M. Zmierzona wartość jest sygnałem analogowym, który po przetworzeniu przez przetwornik analogowo-cyfrowy FC3 staje się sygnałem cyfrowym reprezentującym natężenie prądu. Cyfrowy sygnał natężenia prądu jest odejmowany od sygnału z wyjścia regulatora położenia R1. Skorygowana wartość sygnału przekazywana jest do regulatora prądu R2 (proporcjonalno-całkującego), który generuje sygnał sterujący dla układu sterowania silnika SS. Sygnał sterujący zostaje przetworzony na sygnał PWM (ang. Pulse Width Modulation – sygnał prostokątny o zmiennym wypełnieniu) w generatorze sygnału PWM, po czym układ sterowania silnika SS zasila silnik elektryczny M napędzający mechanizm wymuszenia przechyłu. W zależności od wartości sygnału sterującego, wał silnika może obracać się w lewo lub w prawo. Na wale silnika zamontowane jest koło napędowe 1, opasane pasem 2, którego końce połączone są z górnymi ramionami dźwigni trójamiennej 3. Dolne ramię dźwigni trójamiennej połączone jest z wahaczem 4. Obrót wału silnika M powoduje przemieszczenie pasa 2, który oddziałując na górne ramiona dźwigni trójamiennej 3 powoduje obrót wahacza 4, a tym samym przemieszczenie kątowe przedniej części ramy pojazdu względem tylnej części ramy pojazdu.

Układ generujący sygnał sterujący działa w układzie kaskadowym tj. regulatory położenia kąto-
wego ramy i natężenia prądu układu wykonawczego są połączone szeregowo.

Przetworniki analogowo-cyfrowe AC1, AC2, AC3, układ licznikowy L1, regulatory R1 i R2, filtry
cyfrowe FC1, FC2, FC3, generator sygnału PWM, węzły sumacyjne, sterownik S oraz sterownik silni-
ka SS mogą być zintegrowane w jednym mikrokontrolerze.

Zastrzeżenia patentowe

1. Układ sterowania przechyłem ramy pojazdu trójkołowego, zawierającego przednią część ramy, do której zamocowane jest koło kierowane i siedzenie oraz tylną część ramy, do której zamocowane są koła tylne, przy czym przednia i tylna część ramy połączone są ze sobą przegubowo, który zawiera sterownik (S), do którego przyłączone są: czujnik kąta obrotu kierownicy (CK), czujnik pomiaru prędkości (CV) oraz układ sterowania silnika (SS) połączony z silnikiem (M) mechanizmu wymuszania przechyłu, **znamienny tym**, że pomiędzy czujnikiem kąta obrotu kierownicy (CK) a sterownikiem (S) jest przetwornik analogowo-cyfrowy (AC1) i filtr cyfrowy (FC1), a pomiędzy czujnikiem pomiaru prędkości (CV) a sterownikiem (S) jest układ licznikowy (L1), przy czym wyjście sterownika (S) połączone jest poprzez pierwszy węzeł sumacyjny z regulatorem położenia (R1), który z kolei połączony jest poprzez drugi węzeł sumacyjny z regulatorem prądu (R2), który poprzez generator sygnału PWM (PWM) połączony jest z układem sterowania silnika (SS), przy czym układ sterowania silnika (SS) poprzez przetwornik analogowo-cyfrowy (AC3) i filtr cyfrowy (FC3) połączony jest z drugim węzłem sumacyjnym, a czujnik kąta pochylenia (CP) ramy pojazdu poprzez przetwornik analogowo-cyfrowy (AC2) i filtr cyfrowy (FC2) połączony jest z pierwszym węzłem sumacyjnym.
2. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że regulator położenia (R1) jest regulatorem proporcjonalnym.
3. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że regulator położenia (R1) jest regulatorem proporcjonalno-całkującym.
4. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że czujnik kąta obrotu kierownicy (CK) jest czujnikiem potencjometrycznym o napięciowym lub prądowym sygnale wyjściowym.
5. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że czujnik kąta obrotu kierownicy (CK) jest czujnikiem hallotronowym.
6. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że czujnik kąta obrotu kierownicy (CK) jest enkoderem absolutnym z szeregowym interfejsem cyfrowym lub połączeniem równoległym wielobitowym.
7. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że czujnik kąta pochylenia (CP) ramy pojazdu jest czujnikiem potencjometrycznym o napięciowym lub prądowym sygnale wyjściowym.
8. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że czujnik kąta pochylenia (CP) ramy pojazdu jest czujnikiem hallotronowym.
9. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że czujnik kąta pochylenia (CP) ramy pojazdu jest enkoderem absolutnym z szeregowym interfejsem cyfrowym lub połączeniem równoległym wielobitowym.
10. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że czujnik prędkości pojazdu (CV) jest czujnikiem magnetycznym.
11. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że czujnik prędkości pojazdu (CV) jest czujnikiem indukcyjnym.
12. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że czujnik prędkości pojazdu (CV) jest enkoderem przyrostowym.
13. Układ według zastrz. 1, 4, 5 albo 6, **znamienny tym**, że czujnik kąta obrotu kierownicy (CK) jest połączony z wałem kierowniczym oraz z nieruchomą obudową wału kierownicy.
14. Układ według zastrz. 1, 7, 8 albo 9, **znamienny tym**, że czujnik kąta pochylenia (CP) ramy pojazdu znajduje się pomiędzy przednią, a tylną częścią ramy pojazdu.
15. Układ według zastrz. 1, 7, 8, 9 albo 14, **znamienny tym**, że czujnik kąta pochylenia (CP) ramy pojazdu połączony jest z jednym końcem wahacza (1) przedniej ramy pojazdu oraz z tylną częścią ramy pojazdu.

16. Układ według zastrz. 1, 10, 11 albo 12, **znamienny tym**, że czujnik prędkości pojazdu (CV) umieszczony jest w silniku napędzającym koła pojazdu.
17. Układ według zastrz. 1, 10, 11 albo 12, **znamienny tym**, że czujnik prędkości pojazdu (CV) umieszczony jest w piaście koła pojazdu.
18. Sposób sterowania przechyłem pojazdu, w którym na podstawie sygnałów z czujnika kąta obrotu kierownicy oraz czujnika prędkości pojazdu sterownik zadaje sygnał kąta przechyłu, **znamienny tym**, że zadany sygnał kąta przechyłu, zostaje skorygowany o wartość sygnału sprzężenia zwrotnego z czujnika kąta pochylenia (CP) ramy pojazdu, a następnie przetworzony przez regulator położenia (R1), po czym ponownie skorygowany o wartość prądu zmierzonego pomiędzy modułem sterowania silnika (SS) a silnikiem elektrycznym (M), po czym sygnał ten przekazywany jest do regulatora prądu (R2), który na jego podstawie generuje sygnał sterujący dla układu sterowania silnika (SS), który zostaje przetworzony na sygnał PWM w generatorze sygnału PWM (PWM), po czym układ sterowania silnika (SS) zasila silnik elektryczny (M) napędzający mechanizm wymuszenia przechyłu.
19. Sposób według zastrz. 18, **znamienny tym**, że do pomiaru prądu pomiędzy modułem sterowania silnika (SS) a silnikiem elektrycznym (M) wykorzystywany jest czujnik działający na zasadzie efektu Halla połączony z przetwornikiem analogowo-cyfrowym (AC3).
20. Sposób według zastrz. 18, **znamienny tym**, że do pomiaru prądu pomiędzy modułem sterowania silnika (SS) a silnikiem elektrycznym (M) wykorzystywany jest bocznik połączony z przetwornikiem analogowo-cyfrowym (AC3).
21. Sposób według zastrz. 18, **znamienny tym**, że mechanizm wymuszenia przechyłu zawiera silnik elektryczny (M), którego obracający się wał oddziałuje poprzez koło napędowe (1) i cięgno (2) na górne ramiona dźwigni trójramiennnej (3), której trzecie ramię połączone jest z wahaczem (4), powodując jego obrót, przy czym jeden koniec wahacza (4) połączony jest trwale z przednią częścią ramy pojazdu a drugi koniec połączony jest obrotowo z tylną częścią ramy pojazdu.

Rysunki

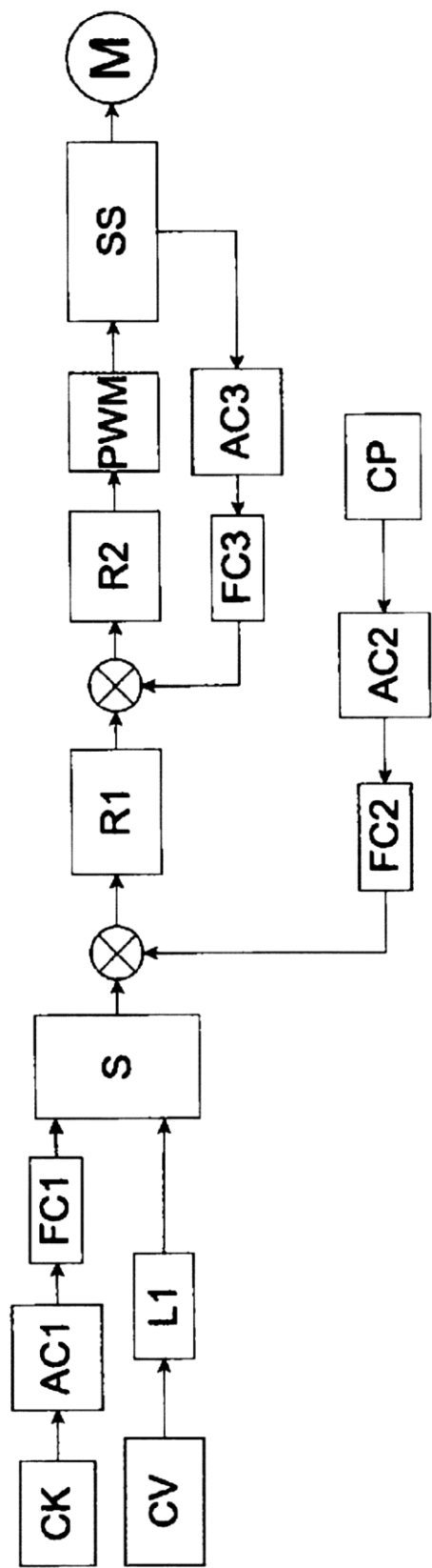


Fig. 1

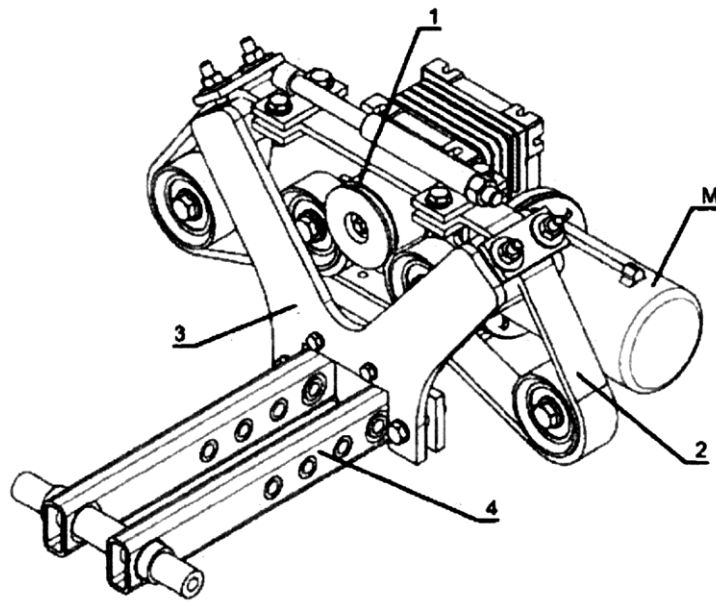


Fig. 2

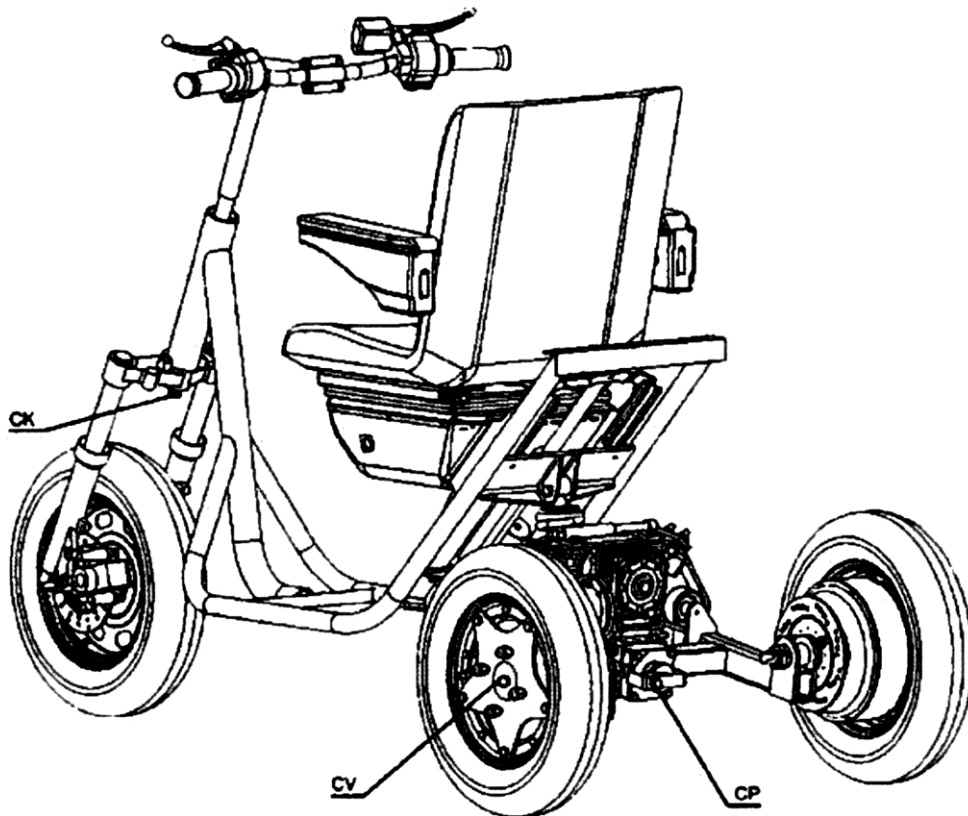


Fig. 3