

(19)



(10) **LT 5560 B**

(12) **PATENTO APRAŠYMAS**

(11) Patent numeris: **5560**

(51) Int. Cl. (2006): **A63B 24/00**

(21) Paraiškos numeris: **2007 034**

(22) Paraiškos padavimo data: **2007 05 15**

(41) Paraiškos paskelbimo data: **2008 11 25**

(45) Patent paskelbimo data: **2009 04 27**

(62) Paraiškos, iš kurios dokumentas išskirtas, numeris: —

(86) Tarptautinės paraiškos numeris: —

(86) Tarptautinės paraiškos padavimo data: —

(85) Nacionalinio PCT lygio procedūros pradžios data: —

(30) Prioritetas: —

(72) Išradėjas:

**Gintaras RIMŠA, LT
Liudas BRAZDEIKIS, LT
Renatas LAPINSKAS, LT
Eduardas RINKEVIČIUS, LT**

(73) Patent savininkas:

**Uždaroji akcinė bendrovė BALTEC CNC TECHNOLOGIES, Raudondvario pl.
148, LT-47175 Kaunas, LT**

(74) Patentinis patikėtinis/atstovas:

Aldona ORLIENĖ, Kęstučio g. 59-11, LT-44303 Kaunas, LT

(54) Pavadinimas:

Treniruoklio jėgos variklio valdymo būdas

(57) Referatas:

Išradimas priklauso sporto ir reabilitacijos treniruokliams, konkrečiau - treniruoklių, kuriuose kaip jėgos elementas naudojamos elektros pavaros, valdymui. Siekiant praplėsti treniruoklio jėgos variklio valdymo būdo funkcines galimybes, tobulinant ekscentrinio judesio bei perėjimo iš koncentrinio judesio į ekscentrinį valdymą, kuriame matuoja kliento (besitreniruojančiojo) tiesiogiai veikiamo elemento padėtį, greitį ir tą elementą veikiančią jėgą (momentą), reguliuoja jėgos variklį taip, kad kliento koncentrinio judesio fazėje izokinetiniame režime kliento veikiamo elemento greitis būtų lygus užduotajam, o izotoniniam režimui to elemento pasipriešinimo jėga būtų lygi užduotajai, nauja tai, kad ekscentrinio judesio fazėje variklio momentą reguliuoja kartu ir pagal kliento tiesiogiai veikiamo elemento jėgą (momentą), ir pagal greitį. Be to, kliento ekscentrinio judesio fazėje treniruoklio jėgos variklio momento valdymo įtampos pokytį kiekvieno reguliavimo takto metu skaičiuoja pagal variklio greičio

nuokrypą ir pagal kliento jėgos (momento) nuokrypą ir variklio momentui reguliuoti ima mažesnįjį apskaičiuotąjį pokytį, kliento ekscentrinio judesio pradžios užduotoji jėga (momentas) yra lygi prieš tai buvusio koncentrinio judesio pabaigos užduotajai jėgai (momentui), o kliento ekscentrinio judesio užduotoji jėga (momentas) lygi užduotu koeficientu padidintai koncentrinio judesio užduotajai jėgai.

Išradimas priklauso sporto ir reabilitacijos treniruokliams, konkrečiau – treniruoklių, kuriuose kaip jėgos elementas naudojamos elektros pavaros, valdymui.

Žinomas jėgos variklio valdymo būdas, kuriame reguliuojant galios tiekimą elektros varikliui sudaromas izokinetinis arba izotoninis, koncentrinis arba ekscentrinis kliento (besitreniruojančiojo) judesys. Elektros variklis valdomas pagal matuojamą rankenos (svirties) sukimo momentą izotoniniame režime arba pagal variklio greitį izokinetiniame režime. Perėjimas iš koncentrinio judesio fazės į ekscentrinį ir atvirkščiai vykdomas eigos galuose (žiūr. US patentą Nr. 95/26701, A 63 B 24/00, 1995).

Reguliavimas pagal momentą arba greitį bei judesio fazių perjungimas eigos galuose mažina būdo universalumą bei riboja jo funkcines galimybes. Be to, šis būdas nenumato padidintos jėgos (momento) ekscentrinio judesio. Padidintos jėgos ekscentrinis judesys naudingas kai kuriose treniruotėse, pavyzdžiui, siekiant padidinti raumenų masę. Toks treniruotės ekscentrinio judesio būdas aprašytas Japonijos patente JP 2006231092, A63 B 22/06, 2006. Tačiau šis būdas nesudaro koncentrinio judesio, o tai mažina jo universalumą bei riboja pritaikymo sritį.

Artimiausias siūlomam būdai yra treniruoklio jėgos variklio valdymo būdas, kuriame matuoja kliento (besitreniruojančiojo) tiesiogiai veikiamo elemento padėtį, greitį ir tą elementą veikiančią jėgą (momentą). Jėgos variklis reguliuojamas taip, kad koncentrinio judesio fazėje izokinetiniame režime kliento veikiamo elemento greitis būtų lygus užduotajam, o izotoniniame režime to elemento pasipreišinimo jėga būtų lygi užduotajai. Užduotasis greitis arba užduotoji jėga nustatomi pastovūs arba priklausantys nuo kliento tiesiogiai veikiamo elemento padėties. Ekscentrinis (neigiamas) judesys vykdomas užduotuoju režimu arba atkartoja buvusio koncentrinio judesio jėgą (momentą). Kiekvieno judesio gale suformuojamas specialus judesio pabaigos valdymo režimas (žiūr. US patentas Nr. 5,993,356 A 63 B21/005, 1999).

Šis būdas yra ganėtinai universalus ir patogus klientui, tačiau ekscentrinio judesio valdymas užduotuoju režimu arba atkartojant buvusio koncentrinio judesio jėgą (momentą) riboja jo funkcines galimybes.

Pristatomo išradimo tikslas – praplėsti treniruoklio jėgos variklio valdymo būdo funkcines galimybes, tobulinant ekscentrinio judesio bei perėjimo iš koncentrinio judesio į ekscentrinį valdymą.

Šis tikslas pasiekiamas tuo, kad treniruoklio jėgos variklio valdymo būde, kuriame matuoja kliento (besitreniruojančiojo) tiesiogiai veikiamo elemento padėtį, greitį ir tą elementą veikiančią jėgą (momentą), reguliuoja jėgos variklį taip, kad kliento (besitreniruojančiojo) koncentrinio judesio fazėje izokinetiniame režime kliento veikiamo elemento greitis būtų lygus užduotajam, o izotoniniame režime to elemento pasipriešinimo jėga (momentas) būtų lygi užduotajai, naujai realizuojamas variklio valdymas kliento ekscentrinio judesio fazėje, variklio momentą reguliuojant kartu ir pagal kliento tiesiogiai veikiamo elemento jėgą (momentą), ir pagal greitį. Tam kiekvieno reguliavimo ciklo metu skaičiuojamos dvi valdymo įtampos: viena – pagal variklio greičio nuokrypą, kita – pagal kliento tiesiogiai veikiamo elemento jėgos (momento) nuokrypą. Įrenginiuose, kuriuose kliento tiesiogiai veikiamas elementas atlieka sukamąjį judesį antroji valdymo įtampa skaičiuojama pagal to elemento sukimo momento nuokrypą. Toliau tekste aprašomas jėgos reguliavimas, o sukamojo judesio atveju analogiškai būtų reguliuojamas sukimo momentas.

$$U_g = KP_g (GN - G + \frac{1}{TI_g} \int (GN - G) d\tau - TD_g \frac{dG}{d\tau}) , \quad (1)$$

$$U_m = KP_m (MN - M + \frac{1}{TI_m} \int (MN - M) d\tau - TD_m \frac{dG}{d\tau}) , \quad (2)$$

čia: U_g, U_m – greičio ir jėgos (momento) reguliavimo valdymo įtampos;

KP_g – greičio reguliavimo proporcingumo koeficientas, $V/(1/s)$;

KP_m – jėgos reguliavimo proporcingumo koeficientas, V/N ;

TI_g, TI_m – greičio ir jėgos reguliavimo integravimo konstantos, s;

GN, MN – užduotasis greitis ir užduotoji jėga, $1/s, N$;

TD_g, TD_m – greičio ir jėgos reguliavimo diferencijavimo konstantos, s.

Kiekvieno reguliavimo ciklo metu šios dvi įtampos palyginamos tarpusavyje ir mažesniosios dydžiu koreguojama valdymo įtampa.

Toks reguliavimas padidina siūlomo būdo universalumą bei praplečia funkcinės galimybes, kadangi ekscentrinis judesys šiuo būdu gali būti vienodai valdomas izokinetiniame ir izotoniniame režimuose. Be to, valdymas yra saugus ir patogus klientui: nustačius nedidelį užduotąjį momentą MN , šis momentas nebus viršytas, nepriklausomai nuo judesio greičio, o nustatytasis greitis neviršijamas nepriklausomai nuo jėgos.

Siekiant užtikrinti sklandų perėjimą iš koncentrinio judesio į ekscentrinį, ekscentrinio judesio pradžios užduotoji jėga skaičiuojant valdymo įtampas priverstinai laikoma lygia koncentrinio judesio pabaigos užduotajai jėgai. Prasidėjus ekscentriniam judesiui, nustatytu dėsniu, pavyzdžiui, tiesiniu, vykdomas sklandus perėjimas nuo priverstinai priskirtos jėgos į reikiamą užduotąją ekscentrinio judesio jėgą. Sklandaus perėjimo į ekscentrinį judesį realizavimas didina siūlomo būdo funkcionalumą bei daro jį patogesniu klientui.

Siekiant sudaryti padidintos jėgos ekscentrinį judesį, nustatomas ekscentrinio judesio jėgos padidینimo koeficientas SO . Šio koeficiento ribos 1,0-1,5. Nustačius $SO = 1,0$ ekscentrinio judesio jėga lygi koncentrinio judesio jėgai, o nustačius $SO = 1,5$, ekscentrinio judesio jėga 1,5 karto viršija užduotąją koncentrinio judesio jėgą. Perėjimą iš koncentrinio judesio užduotosios jėgos kreivės į padidintos jėgos ekscentrinio judesio kreivę ir atvirkščiai, iliustruoja Fig.1.

Yra užduotas perėjimo iš vieno judesio į kitą kliento (besitreniruojančiojo) tiesiogiai veikiamo elemento eigos intervalas ΔE , m. Apskaičiuojamas pereinamosios charakteristikos nuolydis δS , 1/m:

$$\delta S = SO / \Delta E. \quad (3)$$

Koncentrinio judesio pabaigoje (kai jėgos variklio greitis keičiasi iš sąlyginai teigiamo į sąlyginai neigiamą) užfiksuojama pozicija E_2 ir tą poziciją atitinkantis jėgos padidینimo koeficientas S_2 (koncentrinio judesio kreivės $S = 1,0$). Užduotoji jėga MN , pagal kurią vykdomas reguliavimas, apskaičiuojama:

$$MN = MNO * S, \quad (4)$$

$$S = S_2 + (E_2 - E) \delta S \leq SO, \quad (5)$$

čia: MNO – užduotoji koncentrinio judesio jėga, kuri gali būti pastovi arba, kaip ir parodyta Fig. 1, priklausanti nuo pozicijos E ;

S – momentinis jėgos (momento) padidinimo koeficientas;

E – momentinė kliento tiesiogiai veikiamo elemento pozicija, m .

Analogiškai ekscentrinio judesio pabaigoje (kai variklio greitis keičiasi iš sąlyginai neigiamo į sąlyginai teigiamą) užfiksuojama pozicija E_1 ir jėgos padidinimo koeficientas S_1 . Momentinis užduotosios jėgos padidinimo koeficientas S apskaičiuojamas:

$$S = S_1 + (E_1 - E) \delta S \leq 0, \quad (6)$$

Užduotoji jėga, pagal kurią vykdomas reguliavimas, apskaičiuojama pagal (4) lygtį.

Reguliuojant pagal taip apskaičiuotą užduotąją jėgą sudaromas ekscentrinis judesys su lengvai keičiamu (vienu koeficientu SO) jėgos padidiniu bei užtikrinamas sklandus perėjimas iš vienos judesio fazės į kitą bet kurioje eigos pozicijoje, įskaitant ir pozicijas, kuriose vyksta perėjimas iš vienos užduotosios charakteristikos į kitą. Reikia paminėti, kad perėjimas iš vienos charakteristikos į kitą Fig. 1 parodytas supaprastintai kaip tiesinis. Iš tikrųjų perėjimas pagal pateiktas lygtis nėra tiesinis.

Čia aprašytas padidintos jėgos ekscentrinio judesio valdymas ir perėjimų iš vienos judesio fazės į kitą realizavimas bet kurioje eigos pozicijoje praplečia siūlomo būdo funkcines galimybes.

Fig. 1 iliustruoja perėjimą iš koncentrinio judesio užduotosios jėgos kreivės MNO į padidintos jėgos ekscentrinio judesio kreivę $MNO \cdot SO$ ir atvirkščiai. Šiame grafike: E – kliento tiesiogiai veikiamo elemento pozicija; E_{min} , E_{max} – ribinės pozicijos; ΔE – užduotas pereinamosios eigos intervalas; MN – užduotoji jėga.

Fig. 2 pateikiama įrenginio, realizuojančio siūlomą būdą, blokinė schema. Šioje scheme: 1 – jėgos variklis; 2 – variklio greičio matuoklis; 3 – reduktorius (atskiruose realizavimo variantuose reduktoriaus gali ir nebūti); 4 – jėgos matuoklis; 5 – kliento tiesiogiai veikiamas elementas; 6 – pozicijos matuoklis; 7 – reguliatorius; 8 – valdiklis; 9 – sąsaja.

Valdymas pagal Fig. 1 kreives aprašytas aukščiau.

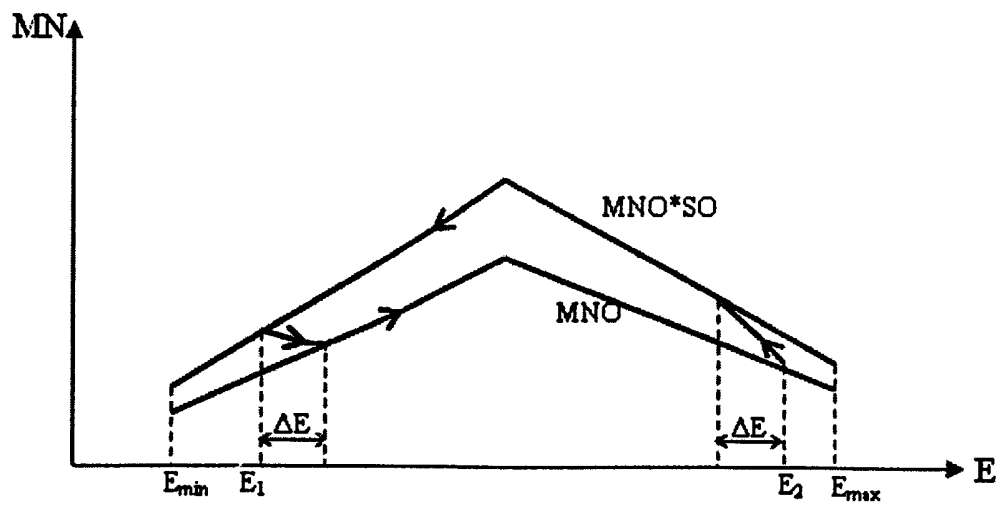
Siūlomam būdui realizuoti Fig. 2 įrenginyje variklis 1 gali būti kurio nors plačiai žinomo tipo elektros variklis, savo techniniais rodikliais (galia, greičiu, momentu) tinkamas konkrečiam treniruokliui bei galintis dirbti variklio arba generatoriaus režime, pavyzdžiui, nuolatinės srovės servo variklis, kintamos srovės asinchroninis variklis. Nuo pasirinkto variklio 1 tipo priklauso reguliatoriaus 7 realizavimas – jei pasirenkamas nuolatinės srovės servo variklis, atitinkamai parenkamas reikiamos galios ir įtampos keturių kvadrantų nuolatinės srovės stiprintuvas; jei pasirenkamas asinchroninis variklis – tuomet tinka vektorinio valdymo dažnio keitiklis, įjungtas momento reguliavimo režimu. Variklio greičio matuoklis 2 gali būti tacho generatorius, enkoderis ar kt. Reduktorius 3 gali būti sliekinis, cikloidinis, diržinis arba reduktoriaus galima ir visai nemontuoti. Jėgos matuoklį 4 paprasčiausia realizuoti tenzo jutiklių pagrindu. Kliento tiesiogiai veikiamo elemento 5 realizavimas priklauso nuo konkretaus treniruoklio: tai gali būti rankena, svirtis, lynas. Pozicijos matuoklis 6 yra bet koks konstruktyviai tinkamas kampo arba linijinės pozicijos elektrinis jutiklis, pavyzdžiui potenciometras ar linijinis enkoderis. Valdiklis 8 – tai mikroprocesorinis programuojamas valdiklis, sudarytas, pavyzdžiui, mikrokontrolerio MSP 430F149 (*Texas Instruments*) pagrindu. Valdiklyje 8 įrašyta konkrečiam treniruokliui valdyti pritaikyta programa, realizuojanti esminius aukščiau aprašytus sistemos valdymo būdo požymius. Sąsaja 9 skirta valdikliui su aukštesnio lygio valdymo įrenginiais bendrauti, pavyzdžiui sąsaja RS232 informacijos mainams su e-salės trenerio kompiuteriu. Valdiklis 8 per sąsają 9 gauna treniruotės užduotį (užduoties formavimas nėra šio išradimo objektas).

Valdiklis 8, gavęs treniruotės užduotį, periodiškai (kiekvieno reguliavimo ciklo metu) nuskaitinėja informaciją iš greičio matuoklio 2 apie variklio 1 momentinį greitį, informaciją iš jėgos (momento) matuoklio 4 apie kliento elementą 5 veikiančią jėgą, iš pozicijos matuoklio 6 nuskaito informaciją apie šio elemento padėtį, apdoroja nuskaitytąją informaciją pagal įrašytą programą ir siunčia valdymo signalą į reguliatorių 7. Reguliatorius 7 valdo variklio 1 sukimo momentą taip, kad jis būtų proporcingas valdiklio 8 signalui tiek teigiamų, tiek ir neigiamų momentų srityse.

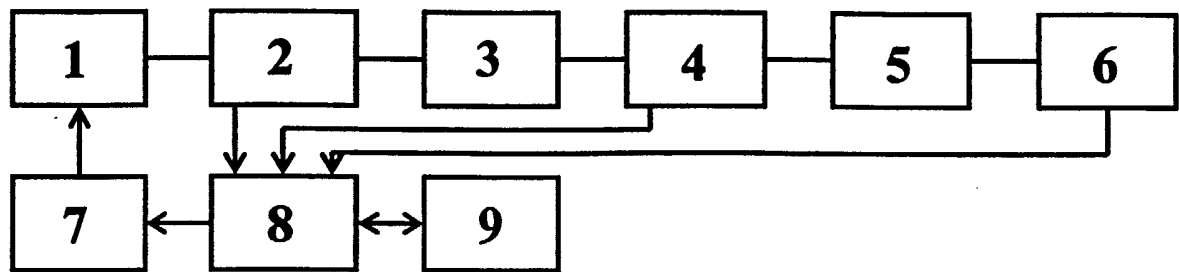
Palyginus su prototipu siūlomas treniruoklio jėgos variklio valdymo būdas dėka to, kad ekscentrinis judesys gali būti vienodai valdomas tiek izokinetiniame tiek izotoniniam režimuose, sklandaus koncentrinio judesio perėjimo į ekscentrinį bei padidintos jėgos ekscentrinio judesio valdymo ir perėjimo iš vienos judesio fazės į kitą bet kurioje eigos pozicijoje, padidina siūlomo būdo universalumą bei praplečia funkcines galimybes, yra saugus ir patogus klientui.

Apibrėžtis

1. Treniruoklio jėgos variklio valdymo būdas, kuriame matuoja kliento (besitreneruojančiojo) tiesiogiai veikiamo elemento padėtį, greitį ir tą elementą veikiančią jėgą (momentą), reguliuoja jėgos variklį taip, kad kliento (besitreneruojančiojo) koncentrinio judesio fazėje izokinetiniame režime kliento veikiamo elemento greitis būtų lygus užduotajam, o izotoniniame režime to elemento pasipriešinimo jėga būtų lygi užduotajai, *besiskiriantis* tuo, kad kliento ekscentrinio judesio fazėje variklio momentą reguliuoja kartu ir pagal kliento tiesiogiai veikiamo elemento jėgą (momentą), ir pagal greitį.
2. Būdas pagal 1 punktą, *besiskiriantis* tuo, kad kliento ekscentrinio judesio fazėje treniruoklio jėgos variklio momento valdymo įtampos pokytį kiekvieno reguliavimo takto metu skaičiuoja pagal variklio greičio nuokrypą ir pagal kliento jėgos (momento) nuokrypą ir variklio momentui reguliuoti ima mažesnįjį apskaičiuotąjį pokytį.
3. Būdas pagal 1-2 punktus., *besiskiriantis* tuo, kad kliento ekscentrinio judesio pradžios užduotoji jėga (momentas) yra lygi prieš tai buvusio koncentrinio judesio pabaigos užduotajai jėgai (momentui).
4. Būdas pagal 1-2 punktus, *besiskiriantis* tuo, kad kliento ekscentrinio judesio užduotoji jėga (momentas) lygi užduotu koeficientu padidintai koncentrinio judesio užduotajai jėgai (momentui).



1 fig.



2 fig.