



(51) Int. Cl.
A 61 B 5/22 (2006.01)

ZAVOD ZA
 INTELEKTUALNU SVOJINU
 B E O G R A D

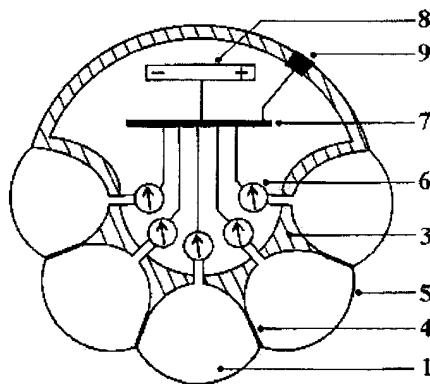
(21) Broj prijave:	P-2012/0291	(73) Nosioci patenta: MALEŠEVIĆ, Nebojša Višegradska 6, 11000 Beograd, RS; POPOVIĆ, Dejan Ruzveltova 44, 11000 Beograd, RS; POPOVIĆ, MANESKI, Lana Đorđa Ognjanovića 4, 11000 Beograd, RS
(22) Datum podnošenja prijave:	13.07.2012.	
(43) Datum objavljivanja prijave:	28.02.2014.	
(45) Datum objavljivanja patenta:	30.10.2015.	
(30) Međunarodno pravo prvenstva:		
(61) Dopunski patent uz osnovni patent broj:		(72) Pronalazači: MALEŠEVIĆ, Nebojša; POPOVIĆ, Dejan; POPOVIĆ, MANESKI, Lana
(62) Izdvojen patent iz prvobitne prijave broj:		(74) Zastupnik:

(54) Naziv: **UREĐAJ ZA SELEKTIVNO MERENJE SILE I MOMENTA SILE PRI HVATU**

(51) Int. Cl.
A 61 B 5/22 (2006.01)

(57) Apstrakt:

Merni uređaj za selektivno merenje sile i momenta sile pri hvatu prilikom korišćenja svakodnevnih predmeta omogućava efikasan metod kvantitativne procene funkcije šake (dinamičkog stiska) i promena koje nastaju kao rezultat terapije nakon moždanog udara, povrede kičmene moždine na vratnom delu ili frakture. Sistem omogućava selektivno merenje prostorne raspodele sile hvata pomoću mernog sistema koji može imati oblik i deformabilnost predmeta iz svakodnevne upotrebe. Merač se sastoji iz niza odvojenih, hermetički izolovanih vazdušnih komora (1) sa fleksibilnim spoljnjim membranama (5). Pritisak na membrane (5) dolazi do njihovog ugibanja i promene pritisaka u komorama (1) koje se mere senzorima (6) u unutrašnjosti sistema. Na ovaj način se omogućava merenje sila proizvedenih u različitim prstima ili falangama prstiju u uslovima progresivnog stiska (neizometričnog). Takođe, konstrukcijom mernog sistema tako da su fleksibilne membrane u bar dva niza postavljena između unutrašnjeg, nepokretnog cilindra (10) i spoljašnjeg šupljeg cilindra (11) kojim se rukuje, ostvaruje se mogućnost merenja pravca, smera i intenziteta sile, tj. momenta sile generisane proksimalnim delovima ruke na osnovu razlike pritisaka u komorama.



Oblast tehnike na koji se pronalazak odnosi

Pronalazak pripada oblasti medicinske elektronike, a odnosi se na sistem za merenje sila između pojedinačnih prstiju i predmeta tokom hvata, i/ili vektora (pravca, smera i intenziteta) sile između šake i predmeta usled delovanja proksimalnih delova ruke pri manipulaciji predmetima uobičajenim za svakodnevne aktivnosti. Ovaj sistem ima primenu kod zdravih osoba, osoba sa povredama centralnog nervnog sistema (CNS), osoba uključenih u terapiju nakon frakture ruke i osoba koje koriste veštačke ruke. Oznake prema MKP su sledeće: A61B5/22, A61B5/11, G01L1/02, G01L1/04, A63B23/16, A61B5/10.

Tehnički problem

Kako konstruisati uređaj koji omogućava selektivno, neizometrično merenje sila koje proizvode pojedinačni prsti ili falange pojedinačnih prstiju pri različitim tipovima hvatova rukom, i/ili koji omogućava merenje pravca, smera, i intenziteta sile, odnosno momenta sile između šake i predmeta uzimajući u obzir ukupno dejstvo prstiju, palca i dlana pri statickom ili dinamičkom zadatku držanja ili premeštanja predmeta, a kao rezultat delovanja proksimalnih delova ruke (pokreti u ramenu, laktu, podlaktici, ručnom zglobu). Namena pronalaska je u sistemima za procenu stanja motornih funkcija šake pacijenta, u rehabilitacionim sistemima sa senzorskom povratnom spregom i u sistemima sa haptičkim interfejsom sa ručkom koja se obuhvata celom šakom.

Stanje tehnike

Sila hvata se meri tokom rehabilitacije pacijenata kod kojih je kompromitovano hvatanje usled moždanog udara, povrede mozga ili povrede kičmene moždine na vratnom delu tokom evaluacije restituisane funkcije hvatanja sa ciljem objektivizacije dejstva asistivnih tehnologija i terapija (npr. funkcionalne električne stimulacije, terapije asistirane robotima, intenzivnog vežbanja sa povratnom spregom). Naime, nakon povrede centralnog nervnog sistema (CNS) pacijenti najčešće razviju kompenzatorne šeme pokreta i nove motorne mehanizme koji podrazumevaju upotrebu preostalih funkcija i minimizaciju korišćenja kompromitovanih funkcija. To se pri hvatanju veoma često manifestuje upotrebom npr. samo srednjeg i domalog prsta (bez kažiprsta i malog prsta) u opoziciji sa dlanom za hvatanje predmeta, a kod manipulacije promenom posture (položaj tela) usled nemogućnosti ispravljanja prstiju, ručnog zgloba, lakta i ramena. Stoga, od posebnog interesa tokom procesa rehabilitacije gornjih ekstremiteta je mogućnost procene oporavka pojedinačnih funkcija svakog prsta na ruci tokom funkcionalnog hvata, kao i funkcija proksimalnih zglobova ruke prilikom manipulacije predmetima (npr. nevoljno uvrtanje podlaktice i ručnog zgloba, povlačenje predmeta iz ramena pokretom tela i sl.).

Problem merenja sile hvata je rešavan na nekoliko načina. Moguće je merenje korišćenjem mernog sistema baziranog na mernim trakama što kao biomedicinski instrument proizvodi kompanija Biometrics Ltd. Ovaj merač poseduje jedan kruti mehanizam sa pretvaračem sile između dva držača koji su u toku merenja između dlana i savijenih prstiju i drugi nezavisni pretvarač oblika diska prečnika 3 cm za merenje sile stiska između palca i pojedinog prsta. Osnovni nedostaci ovog proizvoda su:

- postojanje samo jednog pretvarača koji nije u mogućnosti da izmeri raspodelu sile u prstima tokom hvata već samo sumu svih pojedinačnih doprinosa sili koja može poticati ili od više prstiju koji deluju sinergijski ili od samo jednog ili dva prsta koje pacijenti koriste za hvat kao oblik kompenzatornog mehanizma u toku rehabilitacije,
- merenje isključivo izometrične sile mišića koja nije reprezentativni opis mišićne kontrakcije,
- oblik merača koji ne odražava oblik predmeta koji se najčešće koriste u svakodnevnom životu.

U istraživačke svrhe je razvijen merni sistem Dynamic Grasp Assessment System T. Keller, M.R. Popovic, M. Ammann, C. Anderegg, and C. Dumont, "A System for Measuring Finger Forces During Grasping", in 2000 Proc. 5th International Functional Electrical Stimulation Society Conference, pp. 386-9., baziran na mernim trakama sa pet nezavisnih senzora (po jedan za svaki prst). Poboljšanje u odnosu na prethodni sistem je povećanje broja pretvarača ali i dalje se radi o izometričnom merenju pretvaračima pozicioniranim ispod jedne falange prsta na fiksiranom nosaču koji uslovljava položaj podlaktice i drugih proksimalnih delova ruke.

U istraživačke svrhe je razvijen merni sistem za merenje sile u pojedinačnim prstima: Ard J. Westerveld, Alfred C. Schouten, Peter H. Veltink, and Herman van der Kooij, "Selectivity and Resolution of Surface Electrical Stimulation for Grasp and Release", IEEE TNSRE, Vol 20(1), pp. 94-101, 2012, baziran na komercijalnim meračima sile povezanih žicama za pojedine prste. Sistem omogućava merenje sile u nekoliko predefinisanih izometričnih položaja. I ovaj uređaj je kao i prethodno opisani sistem razvijen za merenja pri fiksnom položaju podlaktice

U istraživačke svrhe, za ispitivanje efektivnosti električne stimulacije ili druge terapije, razvijena je merna platforma sa senzorima namenjenim karakterizaciji različitih pokreta rukom: J. Kowalczewski, V. Gritsenko, N. Ashworth, P. Ellaway, A. Prochazka, "Upper-extremity functional electric stimulation-assisted exercises on a workstation in the subacute phase of stroke recovery", Arch Phys Med Reh, Vol 88, pp.833-839 July 2007. Među upotrebljenim senzorima je i pretvarač koji meri stisak šake tako što potenciometrom meri skraćivanje opruge postavljene između dve metalne šipke. Ovaj senzor meri ukupnu silu jednim senzorom prilikom hvata a oblik mernog sistema je predefinisan i prilagođen jednostavnosti merenja. Opseg deformacije zavisi od krutosti opruge.

Sistem namenjen merenju lokalnih raspodela sile prilikom hvata: Mark DeBeliso, John W. McChesney, Louis E. Murdock, GRIP FORCE TRANSDUCER AND GRIP FORCE ASSESSMENT SYSTEM AND METHOD, US 2009/0025475 A1 je baziran na upotrebi fine mreže senzora pritiska na fleksibilnom substratu. Obavijanjem senzorske mreže oko različitih krutih predmeta senzor dobija željenu formu. Ovaj senzor poseduje veoma veliku prostornu rezoluciju merenja, mogućnost

slobodnog definisanja oblika predmeta i integriran sistem prikaza podataka dok je osnovna prednost našeg rešenja u odnosu na ovaj patent mogućnost neizometričnog selektivnog merenja sile.

Sistem namenjen merenju ili vežbanju snage hvata: Jacques Duchene, Jean-Yves Hogrel, DEVICE FOR EVALUATION AND/OR BOOSTING OF GRIP STRENGTH, GB 2011/2475659 nudi rešenje problema merenja neizometrične sile stiska šake. Uredaj se sastoji iz jedne komore obavijene fleksibilnim materijalom ispunjenim stišljivim fluidom u čijem centru se nalazi senzor pritiska i elektronika za bežični prenos podataka uronjeni u dati fluid koji mora biti kompatibilan sa elektronikom. Nedostatak ovog rešenja u odnosu na naš predlog je nemogućnost selektivnog merenja doprinosa sili hvata koji potiču od pojedinačnih prstiju ili pojedinačnih falangi prstiju.

Ni jedan od navedenih uređaja ne omogućava, uz selektivno merenje sile koju generišu prsti ili falange prstiju pri hvatu, istovremeno merenje pravca, smera i intenziteta sile, odnosno momenta sile između šake i predmeta uzimajući u obzir ukupno dejstvo prstiju, palca i dlana pri statičkom ili dinamičkom zadatku držanja ili premeštanja predmeta kao rezultat delovanja proksimalnih delova ruke (pokreti u ramenu, laktu, podlaktici, ručnom zglobu)

Izlaganje suštine pronalaska

Pronalazak je u osnovnom obliku primenljiv u tri varijante.

U prvoj varijanti se pronalazak odnosi na merni uređaj koji omogućava selektivno merenje sila koje proizvode pojedinačni prsti ili pojedinačne falange prstiju pri hvatu predmeta koji ima oblik karakterističan za predmete koji se svakodnevno upotrebljavaju. Uređaj se sastoji iz više nezavisnih mernih komora sa fleksibilnim mernim površinama koje odgovaraju pojedinačnim prstima ili pojedinačnim falangama prstiju. Alternativno, merne komore mogu biti proizvoljno raspoređene u kontaktu sa površinom uređaja. Uređaj može biti fiksiran za neku vrstu oslonca ili nezavisan u prostoru.

U drugoj varijanti merni uređaj omogućava merenje pravca, smera i intenziteta tj. momenta sile generisane delovanjem proksimalnih delova ruke na fiksirani predmet koji se hvata i pomera (npr. guranje i povlačenje aktivnostima u ramenu i laktu, ulnarna/radijalna devijacija, dorzalna/volarna fleksija, supinacija/pronacija podlaktice). Uređaj se sastoji iz više nezavisnih, fleksibilnih mernih komora koje su raspoređene cilindrično u unutrašnjosti uređaja i u kontaktu sa odgovarajućom ručicom koja je fiksirana za odgovarajući oslonac.

Prva i druga varijanta se mogu kombinovati u okviru jednog istog uređaja čineći varijantu tri uređaja koja omogućava selektivno merenje sila koje proizvode pojedinačni prsti ili pojedinačne falange prstiju istovremeno sa merenjem momenta sile generisane delovanjem proksimalnih delova ruke na predmet koji se hvata. Uređaj se sastoji iz više nezavisnih, fleksibilnih mernih komora koje su raspoređene na unutrašnjoj i spoljašnjoj strani uređaja.

Merni sistem se sastoji iz većeg broja nezavisnih komora napunjениh stišljivim fluidom (npr., vazduh) koje se deformišu pri dejstvu sila generisanih stiskom šake u prvoj varijanti, ili pri dejstvu sile generisane uvrтанjem, guranjem ili povlačenjem merača u drugoj varijanti. Komore su zatvorene fleksibilnom membranom koja prenosi pritisak na dodirnoj površini sa komorom u pritisak unutar komore koji se meri senzorom pritiska. Komore su međusobno odvojene i svaka komora je povezana cevčicom sa po jednim meračem pritiska u unutrašnjosti uređaja. Svi merači pritiska

su povezani na elektronski sklop u unutrašnjosti uređaja za napajanje senzora i preprocesiranje signala dobijenih sa senzora. U zavisnosti od zapremine pojedinačnih komora definisan je otpor pri ugibanju membrane čime se bira i kontroliše dinamički opseg pokreta. Modularnost mernog sistema i definisanje oblika komore prema potrebi omogućuju implementaciju merača tako da spoljašnji oblik odgovara obliku nekog od predmeta koji se često koristi, npr. flaša, čaša, kozmetički preparati, hrana (npr. hleb) i slično.

Kratak opis slika nacrt

Slika 1 – Aksonometrijski prikaz uređaja za merenje sile hvata

Slika 2 – Aksonometrijski prikaz uređaja za merenje sile hvata kod koga fleksibilne membrane čine zatvoreni omotač

Slika 3 – Poprečni presek uređaja za merenje sile hvata kod koga fleksibilne membrane ne čine zatvoreni omotač.

Slika 4 – Aksonometrijski prikaz uređaja za merenje sile nastale delovanjem proksimalnih delova ruke

Slika 5 – Poprečni presek uređaja sa slike 4

Detaljan opis pronalaska

Na slici 1 je prikazano prvo varijantno rešenje pronalaska koje predstavlja uređaj za selektivno merenje prostorne raspodele sile hvata, tj. sila između pojedinih prstiju ili pojedinačnih falangi prstiju i mernog uređaja u obliku deformabilnog predmeta koji se koristi u svakodnevnoj upotrebi. Radi jednostavnosti je prikazana bazična šema mernog sistema za merenje prostorne raspodele sile hvata sa pet komora **1** (broj komora može biti različit), pri čemu svaka komora služi za merenje ukupnog pritiska (sile) koji proizvodi pojedinačni prst i koje su postavljene na površini krutog nosača **3**, npr. usečene u njega. Nosač **3** može imati oblik cilindra ili može biti nekog drugog oblika podesnog za hvatanje. Komore **1** se nalaze između krutih graničnika **2** koji obezbeđuju pozicioniranje prstiju direktno iznad određenih komora **1**. Postavljanje graničnika **2** nije neophodno u slučaju postojanja većeg broja komora **1** koje mogu da formiraju zatvoren omotač, kao na slici 2. Opšta konfiguracija mernog sistema za selektivno merenje raspodele sile u pojedinačnim prstima ili falangama prstiju pri hvatu prilikom korišćenja svakodnevnih predmeta podrazumeva proizvoljan broj nezavisnih vazdušnih komora **1**, što prikazuje slika 2. Komore **1** su međusobno hermetički odvojene kalupima nosača **3** od krutog materijala u kojima su izrađene, elastičnim graničnicima **4** i fleksibilnim membranama **5** na spoljnoj strani predmeta. Pritiskom na površinu konkretne membrane **5** dolazi do promene oblika membrane **5** i porasta pritiska u unutrašnjosti odgovarajuće komore **1**. Pomeranje graničnika **4** i samim tim promena pritiska do koje dolazi prilikom primene sile na susednoj komori **1** je zanemarljivo u odnosu na promenu pritiska u direktno pritisnutoj komori **1**. Svaka komora **1** je spojena na po jedan senzor **6** pritiska koji je smešten u centralnom delu nosača **3** mernog sistema. Obrada signala sa svih senzora **6** pritiska se vrši na elektronskom kolu **7** u unutrašnjosti nosača **3** mernog sistema. Elektronsko kolo **7** na svom izlazu daje procesirane signale koji se mogu preneti direktno, preko konektora **9** na spoljašnjoj površini mernog sistema, ili alternativno, putem bežične veze preko transmitera signala koji je integralni deo elektronskog kola **7**. Napajanje senzora **6** i elektronskog kola **7** je baterijskog tipa sa baterijom **8** smeštenom u unutrašnjosti nosača **3** mernog sistema. Nosač **3** može imati različite geometrijske oblike i različite

rasporede i oblike komora **1** koje ne moraju da prekrivaju celu površinu nosača **3**, što prikazuje slika 3. Takođe, dubina komora **1** može biti podešena u proizvodnji tako da se postigne imitacija svakodnevnih predmeta različitih čvrstoća, i time omogući ne samo izometrično merenje sila već i dinamičko merenje promene sila u uslovima progresivnog stiska sa pomeranjem falangi prstiju. Elastičnost graničnika **4** obezbeđuje kontinuitet raspodele sila po komorama.

Promene pritiska u komorama **1** su srazmerne primjenjenim silama na odgovarajućim membranama **5** koje se mogu ugibati. Ugibanje membrane **5** zavisi od primjenjene sile i zapremine komore **1**. Ovakav pristup je drugačiji u odnosu na postojeća rešenja jer omogućava selektivno merenje raspodele sila hvata različitih prstiju i/ili njihovih falangi u uslovima koji oponašaju realne situacije u kojima je hvat retko izometričan. Ovo je veoma važno u kliničkim merenjima kod pacijenata koji imaju izražen spasticitet, ograničen opseg pokreta i usvojene kompenzatorne mehanizme pri hvatanju.

Druga varijanta pronalaska je prikazana na slikama 4 i 5 i odnosi se na merenje pravca, smera i intenziteta tj. momenta sile generisane delovanjem proksimalnih delova ruke na merač čiji unutrašnji sloj nosača **11** ima oblik cilindra, slično kao kod komandne palice. Kod ovog rešenja komore **1** koje, postavljene jedna do druge, čine dva ili više niza u obliku prstena, su smeštene između oslonca **10** i unutrašnje strane cilindra **11**, npr. tako što su svojim spoljašnjim stranama čvrsto vezane za cilindar **11**, a svojim unutrašnjim stranama su u kontaktu sa osloncem **10** čiji je jedan kraj vezan za podlogu **13**. Dejstvom na cilindar **11** i promenom njegove orijentacije i pozicije, dolazi do većeg ugibanja komora **1** koje su smeštene direktno u pravcu delovanja sile, te je na osnovu razlika izmerenih pritisaka u različitim komorama **1** moguće odrediti položaj napadne tačke, pravac i intenzitet primjenjene sile, odnosno momenta sile. Npr. ukoliko pri hvatu merača sa slike 4 dođe do uvrтанja podlaktice i tendencije radijalnog uvrтанja merača, npr. u smeru kazaljke na satu, komore **1** na desnoj strani gornjih prstenova će se ugibati više nego komore **1** na desnoj strani donjih prstenova. Ukoliko ne postoji tendencija uvrtanja merača, već samo transverzalnog pomeranja, npr. na

desnu stranu, onda će se sve komore **1** na desnoj strani ugibati isto. Pomeranje cilindra **11** u prostoru se može ograničiti nosećim sajlama **12** ili sličnim mehanizmom.

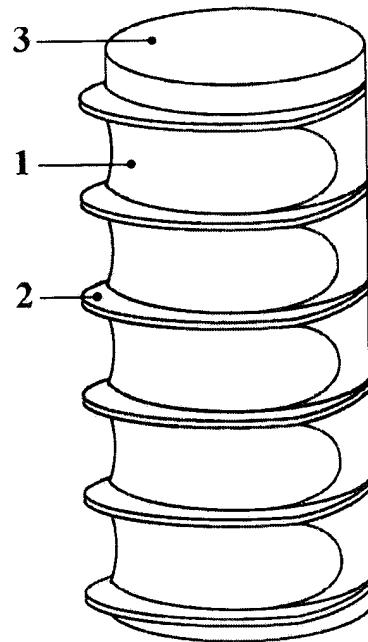
Druga varijanta mernog sistema omogućava merenje raspodele pravca, smera i intenziteta sile, tj. momenta sile nastale delovanjem proksimalnih delova ruke na predmet koji se hvata i pomera (npr. guranje i povlačenje aktivnostima u ramenu i laktu, ulnarna/radijalna devijacija, dorzalna/volarna fleksija, supinacija/pronacija podlaktice). U kombinaciji sa osnovnim modalitetom omogućava se merenje koje je izuzetno važno pri objektivnoj proceni oporavka hvata jer, između ostalog, omogućava kvantitativnu procenu uticaja pokreta ramena prilikom hvata, što je nepoželjan kompenzatorni mehanizam koji pacijenti razvijaju nakon moždanog udara ili povrede CNS.

Kombinacijom prve i druge varijante u istom uređaju tako što su komore **1** raspoređene i po spoljnoj površini nosača **11** i između unutrašnjeg sloja nosača **11** i oslonca **10**, omogućava se istovremeno merenje raspodele sile hvata u različitim prstima i/ili falangama prstiju i sila koje nastaju usled dejstva proksimalnih delova ruke (guranje, vučenje ili uvrtanje predmeta).

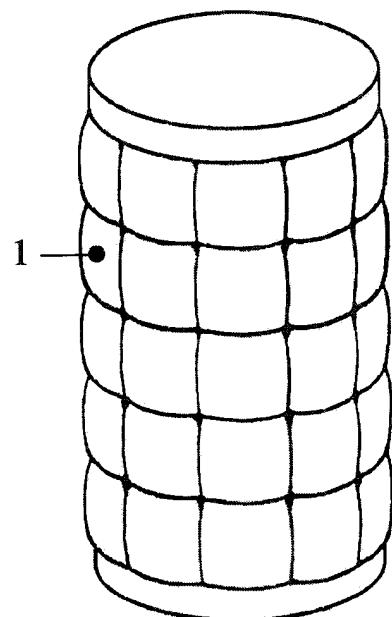
Obe varijante mernog sistema su namenjene primeni tokom rehabilitacije i sastavni su deo metodologije za procenu oporavka pacijenata, imaju primenu u testiranju funkcije mioelektričnih proteza šake i ruke, ali uz dodavanje odgovarajućeg softverskog interfejsa mogu biti upotrebljeni za manipulaciju standardnim računarskim programima.

Patentni zahtevi

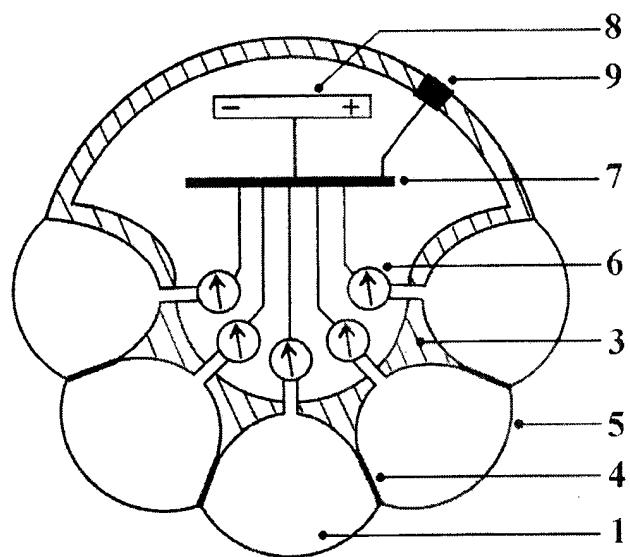
1. Uredaj za selektivno merenje sile i momenta sile pri hvatu koji se sastoji od mernih komora (1) sa deformabilnim membranama (5) postavljenim na površini uređaja **naznačen time** što je broj mernih komora veći od jedan, pri čemu su komore (1) ispunjene vazduhom i međusobno hermetički odvojene kalupima nosača (3) od krutog materijala u kojima su usečene, elastičnim graničnicima (4) i deformabilnim membranama (5), a svaka komora je povezana na po jedan merač pritiska (6) koji je smešten u bazi mernog uređaja, i svi merači pritiska su spojeni sa elektronskim kolom za napajanje (8) i elektronskim kolom za obradu signala (7), a koje je spojeno sa konektorom ili elektronskim kolom za bežični prenos signala (9).
2. Uredaj prema zahtevu 1 **naznačen time** što se komore (1) nalaze između krutih graničnika (2).
3. Uredaj prema zahtevu 1 **naznačen time** što su dubina komora (1) tj. oblik kalupa krutog nosača (3) i koeficijent elastičnosti membrana (5) određeni mehaničkim karakteristikama predmeta koji se imitira uređajem.
4. Uredaj za selektivno merenje sile i momenta sile pri hvatu prema zahtevu 1 i varijanti 2 **naznačen time** što su vazdušne komore (1) postavljene na unutrašnju stranu nosača (3) koja ima oblik cilindra (11), tako da komore (1) postavljene jedna do druge čine dva ili više nizova u obliku prstena oko oslonca (10) koji je jednim svojim krajem vezan za podlogu (13).
5. Uredaj za selektivno merenje sile i momenta sile pri hvatu prema zahtevima 1-4 i varijanti 3 **naznačen time** što su komore postavljene i unutar nosača (3, 11) i na površini nosača (3, 11).



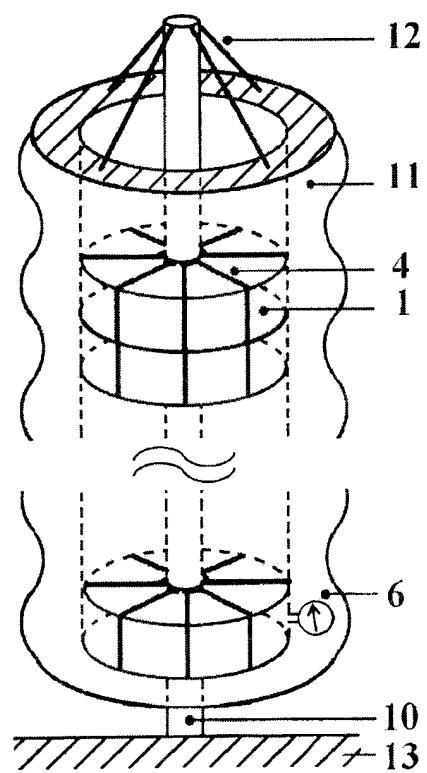
Slika 1



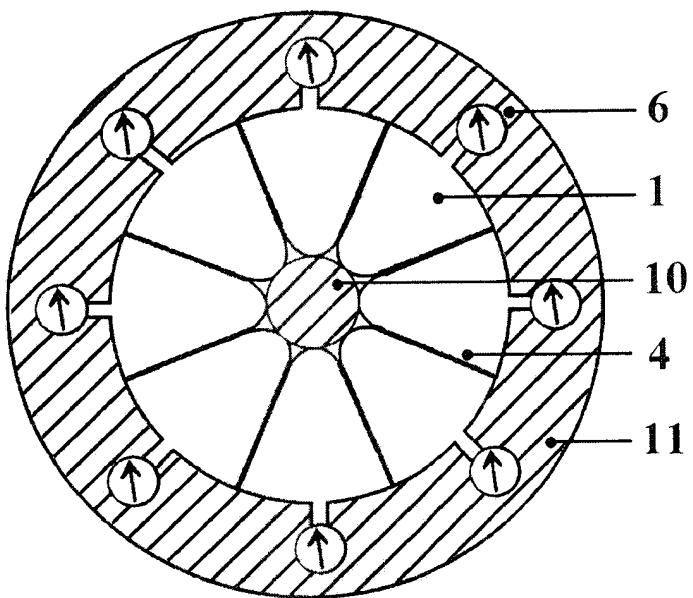
Slika 2



Slika 3



Slika 4.



Slika 5.