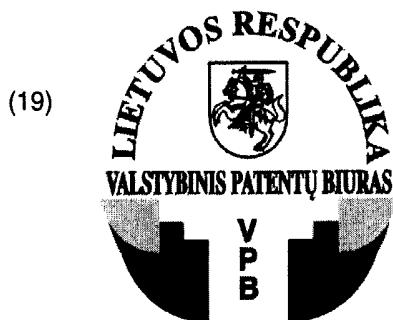




(10) **LT 5216 B**

(12) **PATENTO APRAŠYMAS**

(11) Patent numeris: **5216**

(51) Int. Cl. ⁷: **G01F 1/60**

(21) Paraiškos numeris: **2003 070**

(22) Paraiškos padavimo data: **2003 07 21**

(41) Paraiškos paskelbimo data: **2005 01 25**

(45) Patent paskelbimo data: **2005 05 25**

(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:

Juozapas Arvydas VIRBALIS, LT
Darius BALTUŠNINKAS, LT

(73) Patent savininkas:

Kauno technologijos universitetas, Donelaičio g. 73, 3006 Kaunas, LT

(74) Patentinis patikėtinis:

Aurelija ŠIDLAUSKIENĖ, Patentinės patikėtinės Aurelijos Šidlauskienės firma,
K. Būgos g. 29, LT-44326 Kaunas, LT

(54) Pavadinimas:

Elektromagnetinis srauto matuoklis

(57) Referatas:

Išradimas skirtas tekančių skysčių srauto kiekybinių charakteristikų (srauto, dydžio, tūrio, masės ir pan.) matavimui elektromagnetiniu būdu. Į elektromagnetinį srauto matuoklį, kuriame yra matavimo kanalas, sudarytas iš nemagnetinės medžiagos vamzdžio su vidine izoliacija ir sienelėse įrengtais diametraliai priešingai vienas kitam dviem elektrodais, srovės šaltinis, pirmoji ir antroji ritės, formuojančios magnetinį lauką, statmeną vamzdžio ašiai ir tiesei, jungiančiai elektrodų centrus, atraminis varžas, pirmasis diferencialinis stiprintuvas, procesorius, indikacijos įrenginys ir integruojantysis analoginis skaitmeninis keitiklis, papildomai įjungti matavimo ritė, kurios ašis yra lygiagreti kanalo ašiai, pirmasis, antrasis, trečiasis, ketvirtasis ir penktasis tripoliai jungikliai, antrasis diferencialinis stiprintuvas, atminties įrenginys ir trapecinės formos impulsų formuotuvas.

Išradimas skirtas tekančio uždaruose vamzdžiuose skysčio srauto kiekybinių charakteristikų (srauto dydžio, pratekėjusio tūrio arba masės ir pan.) matavimui elektromagnetiniu būdu.

Žinomas elektromagnetinis srauto matuoklis, sudarytas iš vamzdžio atkarpos su vidine izoliacija, magnetinį lauką generuojančio įrenginio, kuriančio statmeną vamzdžiui magnetinį lauką, keturių elektrodų, magnetinio lauko sensoriaus ir signalo procesoriaus [JAV patentas Nr.5551306, G01F 1/60, 1996].

Šis matuoklis turi per mažas funkcines galimybes ir dėl to nepakankamą matavimo tikslumą, ypač, jei matavimas trunka ilgiau, nes atsiranda papildomos paklaidos dėl elektrodų poliarizacijos ir dėl nuosėdų formavimosi ant vidinių kanalo sienelių. O nuosėdų formavimosi jis niekaip neužfiksuoja.

Siūlomo išradimo prototipas yra elektromagnetinis srauto matuoklis, kuriame yra matavimo kanalas, sudarytas iš nemagnetinės medžiagos vamzdžio su vidine izoliacija, valdymo schema, faktiškai esanti žadinimo srovės šaltiniu, tarp kurio išėjimo ir bendrojo matuoklio taško nuosekliai įjungtos pirmoji ir antroji ritės, formuojančios statmeną vamzdžio ašiai magnetinį lauką, bei atraminis varžas. Matavimo kanalo sienelėse įrengti du elektrodai taip, kad juos jungianti linija būtų statmena vamzdžio ašiai ir magnetinio lauko kryptiai. Elektrodai prijungti prie diferencialinio stiprintuvo įėjimo. Nuosekliai sujungtus sumuojantįjį įrenginį, integratorių ir analoginį skaitmeninį keitiklį toliau vadinsime integruojančiuoju analoginiu skaitmeniniu keitikliu. Sumuojančiojo įrenginio pirmąjį įėjimą, prijungtą prie diferencialinio stiprintuvo išėjimo, toliau vadinsime integruojančiojo analoginio skaitmeninio keitiklio matavimo įėjimu, o antrąjį įėjimą, prijungtą prie atraminio varžo ir antrosios ritės sujungimo taško, toliau vadinsime integruojančiojo analoginio skaitmeninio keitiklio atraminiu įėjimu. Pastarojo išėjimas prijungtas prie procesoriaus įėjimo, savo išėjimais sujungto su žadinimo srovės šaltinio įėjimu, analoginio skaitmeninio keitiklio valdymo įėjimų grupe ir indikacijos įrenginio įėjimais [Europos patentas EP Nr.0521169, G01F 1/60, 1993].

Toks srauto matuoklis turi trūkumų, nes jo funkcinės galimybės nepakankamos. Srauto matuokliui dirbant, ant jo vidinių sienelių neišvengiamai susidaro nuosėdos, kurios šuntuota dalį elektrodų signalo. Atsiranda matavimo paklaida, kuri tolydžio didėja. Prototipu pasirinktame srauto matuoklyje nėra jokių galimybių nenutraukus matavimo ir neišmontavus matavimo kanalo įsitikinti, ar jau susidarė pavojingas nuosėdų sluoksnis. Dėl to jis neužtikrina matavimo rezultatų patikimumo ir pakankamo matavimo tikslumo atliekant ilgalaikį nenutrūkstamą matavimą.

Siūlomo išradimo tikslas yra elektromagnetinio srauto matuoklio funkcinių galimybių praplėtimas, įgalinantis padidinti matavimo rezultatų patikimumą ir matavimo tikslumą atliekant nenutrūkstamą ilgalaikį matavimą.

Šis tikslas siūlomame išradime pasiekiamas taip. Elektromagnetiniame srauto matuoklyje, kuriame yra matavimo kanalas, sudarytas iš nemagnetinės medžiagos vamzdžio su vidine izoliacija ir sienelėse įrengtais diametraliai priešingai vienas kitam dviem elektrodais, srovės šaltinis, pirmoji ir antroji ritės, formuojančios magnetinį lauką, statmeną vamzdžio ašiai ir tiesei, jungiančiai elektrodų centrus, atraminis varžas, pirmasis diferencialinis stiprintuvas, procesorius, indikacijos įrenginys ir integruojantysis analoginis skaitmeninis keitiklis, kurio atraminis įėjimas prijungtas prie atraminio varžo pirmojo išvado, informaciniai išėjimai - prie procesoriaus pirmosios informacinių išvadų grupės, valdymo įėjimų grupė sujungta su procesoriaus pirmąja valdymo išvadų grupe, antroji procesoriaus informacinių išvadų grupė - su indikacijos įrenginio informaciniais išvadais, be to, antrasis pirmosios žadinimo ritės išvadas sujungtas su pirmuoju antrosios ritės išvadu, antrasis antrosios ritės išvadas su pirmuoju atraminio varžo išvadu, o atraminio varžo antrasis išvadas sujungtas su bendruoju matavimo grandinės tašku, papildomai įjungti pirmasis, antrasis, trečiasis, ketvirtasis ir penktasis tripoliai jungikliai, antrasis diferencialinis stiprintuvas, atminties įrenginys, trapezinės formos impulsų formuotuvas ir matavimo ritė, kurios ašis yra lygiagreti kanalo ašiai, o išvadai sujungti su antrojo diferencialinio stiprintuvo įėjimais, pirmojo tripolio jungiklio pirmasis polius prijungtas prie srovės šaltinio išėjimo, antrasis polius - prie pirmosios žadinimo ritės pirmojo išvado, trečiasis polius - prie antrojo tripolio jungiklio trečiojo poliaus, kurio pirmasis polius prijungtas prie pirmojo elektrodo, o antrasis polius - prie pirmojo diferencialinio stiprintuvo pirmojo įėjimo, antrasis

elektrodas prijungtas prie trečiojo tripolio jungiklio pirmojo poliaus, kurio antrasis polius sujungtas su pirmojo diferencialinio stiprintuvo antruoju įėjimu, o trečiasis polius – su pirmuoju atraminio varžo išvadu, ketvirtasis tripolis jungiklis pirmuoju poliumi sujungtas su integruojančiojo analoginio skaitmeninio keitiklio matavimo įėjimu, antruoju poliumi - su pirmojo diferencialinio stiprintuvo išėjimu, trečiuoju poliumi - su antrojo diferencialinio stiprintuvo išėjimu, o penktasis tripolis jungiklis pirmuoju poliumi prijungtas srovės šaltinio valdymo įėjimo, antruoju poliumi - prie procesoriaus antrosios valdymo išvadų grupės šeštojo išėjimo, o trečiuoju poliumi - prie trapecinės formos impulsų formuotuvo išėjimo, kurio įėjimas prijungtas prie septintojo procesoriaus antrosios valdymo išvadų grupės išėjimo, be to, pirmojo - penktojo tripolių jungiklių valdymo įėjimai sujungti su, atitinkamai, pirmuoju - penktuoju procesoriaus antrosios valdymo išvadų grupės išėjimais, o atminties įrenginio informaciniai išvadai – su procesoriaus trečiaja informacinių išvadų grupe.

Siūlomas išradimas esmingai praplečia prietaiso funkcines galimybes. Atsiradus nuosėdoms ant matavimo kanalo vidinių sienelių išauga matavimo ritės įtampa kontrolės režime, o tai yra požymis, kad norint testuoti matavimus neviršijant leistinos matavimo paklaidos būtina išvalyti vidinį matavimo kanalo paviršių. Apie tai nedelsiant pateikiama informacija prietaiso indikacijos įrenginyje ir aptarnaujantysis personalas gali imtis reikalingų priemonių. Taip galima išvengti dėl nuosėdų atsirandančios matavimo paklaidos. Matavimo rezultatų patikimumas ir matavimo tikslumas ilgą laiką nenutrūksta matuojant išauga.

Elektromagnetinio srauto matuoklio blokinė schema parodyta brėžinyje.

Elektromagnetinis srauto matuoklis turi matavimo kanalą 1, sudarytą iš nemagnetinės medžiagos vamzdžio su vidine izoliacija ir sienelėse įrengtais diametraliai priešingai vienas kitam dviem elektrodais, srovės šaltinį 2, pirmąją 3 ir antrąją 4 rites, formuojančias magnetinį lauką, statmeną vamzdžio ašiai ir tiesei, jungiančiai elektrodų centrus, atraminį varžą 5, pirmąjį diferencialinį stiprintuvą 6, integruojantįjį analoginį skaitmeninį keitiklį 7, procesorių 8, indikacijos įrenginį 9, pirmąjį 10, antrąjį 11, trečiąjį 12, ketvirtąjį 13 ir penktąjį 14 tripolius jungiklius, matavimo ritę 15, antrąjį diferencialinį stiprintuvą 16, atminties įrenginį 17 ir trapecinės formos impulsų formuotuvą 18. Analoginio skaitmeninio keitiklio 7 atraminis įėjimas prijungtas prie

atraminio varžo 5 pirmojo išvado, informaciniais išėjimai - prie procesoriaus 8 pirmosios informacinių išvadų grupės, o valdymo išvadų grupė – prie procesoriaus pirmosios valdymo išvadų grupės, procesoriaus 8 antroji informacinių išvadų grupė sujungta su indikacijos įrenginio 9 informaciniais išvadais, be to, antrasis pirmosios ritės 3 išvadas sujungtas su pirmuoju antrosios ritės 4 išvadu, antrasis antrosios ritės 4 išvadas su pirmuoju atraminio varžo 5 išvadu, o atraminio varžo 5 antrasis išvadas sujungtas su bendruoju matavimo grandinės tašku, matavimo ritės 15 ašis yra lygiagreti kanalo ašiai, o išvadai sujungti su antrojo diferencialinio stiprintuvo 16 įėjimais, pirmojo tripolio jungiklio 10 pirmasis polius prijungtas prie srovės šaltinio 2 išėjimo, antrasis polius prie pirmosios ritės 3 pirmojo išvado, trečiasis polius – prie antrojo tripolio jungiklio 11 trečiojo poliaus, kurio pirmasis polius prijungtas prie pirmojo elektrodo, o antrasis polius – prie pirmojo diferencialinio stiprintuvo 6 pirmojo įėjimo, antrasis elektrodas prijungtas prie trečiojo tripolio jungiklio 12 pirmojo poliaus, kurio antrasis polius sujungtas su pirmojo diferencialinio stiprintuvo 6 antruoju įėjimu, trečiasis polius – su pirmuoju atraminio varžo 5 išvadu, ketvirtasis tripolis jungiklis 13 pirmuoju poliumi sujungtas su integruojančiojo analoginio skaitmeninio keitiklio 7 matavimo įėjimu, antruoju poliumi - su pirmojo diferencialinio stiprintuvo 6 išėjimu, trečiuoju poliumi - su antrojo diferencialinio stiprintuvo 16 išėjimu, o, penktasis tripolis jungiklis 14 pirmuoju poliumi sujungtas su srovės šaltinio 2 įėjimu, antruoju poliumi su procesoriaus antrosios valdymo išvadų grupės 8 šeštuoju išėjimu, o trečiuoju poliumi - su trapezinės formos impulsų formuotuvo 18 išėjimu, kurio įėjimas prijungtas prie procesoriaus 8 antrosios valdymo išvadų grupės septintojo išėjimo, be to, pirmojo - penktojo tripolių jungiklių valdymo įėjimai sujungti su procesoriaus 8 antrosios valdymo išvadų grupės, atitinkamai, pirmuoju - penktuoju išėjimais, o atminties įrenginio 17 informaciniai išvadai – su procesoriaus 8 trečiąja informacinių išvadų grupe.

Elektromagnetinis srauto matuoklis veikia taip. Jis turi du darbo režimus: matavimo ir kontrolės. Matavimo režime procesoriaus 8 valdymo išvadų grupėje suformuojami signalai, sujungiantys pirmojo - penktojo tripolių jungiklių 10, 11, 12, 13 ir 14 pirmąjį ir antrąjį polius. Srovės šaltinyje 2 šiame režime formuojami stačiakampiai srovės impulsai, o srovė teka per nuosekliai sujungtas rites 3 ir 4 bei atraminį varžą 5.

Esant skysčio srautui matavimo kanalo 1 elektroduose atsiranda įtampa u_E , proporcinga skysčio greičio v_v vidutinės kanalo skerspjūvyje reikšmės ir magnetinio srauto tankio B sandaugai. Savo ruožtu, magnetinio srauto tankis yra proporcingas žadinimo srovės I_z reikšmei: $B=kI_z$ ($k=\text{const}$), todėl elektrodų signalą galime išreikšti taip: $u_E=K_m I_z v_v$, ($K_m=\text{const}$). Šis signalas sustiprinamas pirmajame diferencialiniame stiprintuve 6 ir paduodamas į integruojantįjį analoginį skaitmeninį keitiklį 7, kuriame realizuotas žinomas dvigubojo integravimo principas. Įtampa u_E keitiklio 7 integratoriuje integruojama nustatytą laiko trukmę T_0 . Keitiklio 7 integratoriaus išėjime, jeigu integratoriaus laiko pastovioji yra τ_i , gaunama įtampa $u_i=K_m I_z v_v T_0/\tau_i$. Po to prie keitiklio 7 integratoriaus prijungiama priešingo polingumo įtampa, absoliučiu dydžiu proporcinga įtampos kritimui atraminiam varžė R_0 , tekant žadinimo srovei I_z : $u_0=K_i R_0 I_z$ ($K_i=\text{const}$). Ši įtampa integruojama tol, kol integratoriaus išėjime gaunamas nulis. Turėsime lygybę $K_m I_z v_v T_0/\tau_i=K_i R_0 I_z T_x/\tau_i$. Iš šios lygybės gauname, kad atraminės įtampos integravimo trukmė proporcinga vidutiniam skysčio srauto greičiui ir nepriklauso nuo žadinimo srovės svyravimų: $T_x=K_0 v_v$ ($K_0=K_m T_0/K_i R_0=\text{const}$). Užpildę laiko intervalą T_x stabilaus dažnio f_0 impulsais gauname skaičių $N_x=T_x f_0=K_0 f_0 v_v$, kuris ir yra keitiklio 7 išėjimo dydis. Toks skaitmeninis signalas gaunamas kiekvieno matavimo takto metu. Kiekviename takte gauta N_x reikšmė padedama į atminties įrenginį 17, be to, kartu su ankstesniuose taktuose gautomis reikšmėmis apdorojama procesoriuje. Į indikacijos įrenginį 9 išvedamos vartotoją dominančios skysčio srauto kiekybinės charakteristikos: skysčio srauto momentinė arba vidutinė per tam tikrą laiką reikšmės, pratekėjusio skysčio tūris arba masė ir pan.

Kontrolės režime pirmajame, antrajame, trečiajame, ketvirtajame ir penktajame tripoliuose jungikliuose 10-14 sujungiami pirmieji ir tretieji poliai. Srovės šaltinio 2 išėjimas sujungiamas su pirmuoju matavimo kanalo 1 elektrodu, o antrasis elektrodas sujungiamas su bendruoju matuoklio tašku per atraminį varžą 5. Kol matavimo kanalo sienelės švarios, srovė I_b , kurią vadinsime bandomąja, tekės iš pirmojo elektrodo į antrąjį, pasiskirstydama skystyje, kurio srautas yra matuojamas. Dalis tekančios skysčiu srovės sukuriama magnetinio lauko srauto Ψ_r veria matavimo ritę 15. Ši dalis yra proporcinga abipusiam induktyvumui M_r tarp ritės ir bandomosios srovės bei pačiai

bandomajai srovei: $\Psi_r = M_r I_b$. Bandomosios srovės forma kartoja formuotuvo 18 išėjimo įtampos formą, kuri yra trapezinė. Srovės impulso fronto metu ji kinta teisiškai: $I_b = k_b t$ ($k_b = \text{const}$). Fronto metu matavimo ritėje 15 indukuodama įtampa u_r , proporcinga srauto Ψ_r kitimo greičiui: $u_r = d\Psi_r/dt = M_r k_b$. Trapecinio impulso frontas trunka stabilų laiko intervalą $T_s = \text{const}$. Per tą laiką srovės impulso reikšmė tampa amplitudine I_a . Kadangi srovės fronto kitimas prasideda nuo nulinės reikšmės, fronto kitimo greitį k_b galime išreikšti per T_s ir I_a reikšmes: $k_b = I_a/T_s$. Todėl fronto metu ritėje indukuojamą įtampą galime išreikšti taip: $u_r = M_r I_a/T_s$. Ši įtampa sustiprinta antrajame diferencialiniame stiprintuve 16, kurio stiprinimo koeficientas yra K_2 , patenka į keitiklio 7 matavimo įėjimą. Čia ji keitiklio 7 integratoriuje integruojama visą intervalą T_s , kurio pabaigoje integratoriaus išėjime turėsime įtampą $u_i = M_r K_2 I_a/\tau_i$. Pasibaigus intervalui T_s prie keitiklyje 7 esančio integratoriaus įėjimo prijungiama priešingo polingumo atraminė įtampa u_0 , savo absoliučiu dydžiu proporcinga įtampos kritimui varže 5, tekant srovei I_a : $u_0 = K_i R_0 I_a$ ($K_i = \text{const}$). Ji integruojama tol, kol integratoriaus įtampa taps lygia nuliui. Turime lygybę: $M_r K_2 I_a/\tau_i = K_i R_0 I_a T_r/\tau_i$. Iš jos galime išreikšti šio integravimo intervalo trukmę: $T_r = M_r K_r$ ($K_r = K_2/K_i R_0 = \text{const}$), kuri yra proporcinga abipusio induktyvumo M_r reikšmei. Užpildę intervalą T_r stabilaus dažnio f_0 impulsais gausime skaičių $N_r = K_r f_0 M_r$, kuris yra keitiklio 7 išėjimo dydis kontrolės režime. Atsimenant šių skaičių, gautų kiekvieno kontrolės režimo metu, seką atminties įrenginyje 17 galime matyti, kaip jie keičiasi prietaisui nenutrūkstamai dirbant. Kol matavimo kanalo sienelės švarios, kiekvieno kontrolės režimo metu mes gausime praktiškai vienodus skaičius N_r . Tačiau susidarant nuosėdoms matavimo kanalo 1 sienelėse dalis srovės atsišakos per nuosėdas. Šis srovės kelias yra artimesnis matavimo ritei 15, negu per skystį. Todėl abipusis induktyvumas M_r išaugs, taigi išaugs ir skaičius N_r . Procesoriuje yra programa, analizuojanti reikšmių N_r dinamiką po kiekvieno kontrolės režimo įjungimo. Jam išaugus procesorius 8 išveda į indikacijos įrenginį 9 perspėjantį signalą. Eksperimentinis tyrimas rodo, kad jeigu per nuosėdas atsišakoja 1% srovės I_a , tai, priklausomai nuo kanalo diametro ir ritės 15 padėties, M_r , taigi ir N_r , gali išaugti net iki dešimties procentų. Taigi turime labai jautrų įrankį nuosėdų vidinėse matavimo kanalo sienelėse atsiradimui nustatyti. Toks būdas labai patikimas, nes nėra kitų priežasčių, galinčių

reikšmingai padidinti matavimo ritės matuojamą įtampą. Kontrolės režimui pakanka vieno srovės impulso (kartu su pauze) trukmės, o kadangi nuosėdų formavimosi greitis paprastai pakankamai mažas, tokį režimą pakanka įjungti vieną kartą per parą arba dar rečiau. Skysčio srauto kiekybinių charakteristikų matavimo tikslumui tai jokios įtakos neturi.

Siūlomas išradimas leidžia nenutraukiant matavimo labai operatyviai nustatyti tą momentą, kada besiformuojančios matavimo kanalo viduje nuosėdos pradeda daryti įtaką matavimo rezultatams. Tai labai naudingai išplečia prietaiso funkcines galimybes, nes laiku perspėja aptarnaujantį personalą apie prasidedantį nuosėdų formavimąsi vidinėse matavimo kanalo sienelėse ir dėl to gresiantį matavimo tikslumo sumažėjimą. Taigi galima laiku išvalyti matavimo kanalo vidų, užbėgant už akių matavimo tikslumo sumažėjimui. Visa tai padidina matavimo tikslumą ir matavimo rezultatų patikimumą. Kadangi tokie matuokliai dažniausia naudojami komerciniam atsiskaitymui, tai yra labai aktualu. Tuo tarpu valyti prietaisą, kol nepribrendo laikas, yra pakankamai brangu o kadangi valant tam tikram laikui nutrūksta matavimas, tai ir nepageidautina.

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

- Elektromagnetinis srauto matuoklis, kuriame yra matavimo kanalas, sudarytas iš nemagnetinės medžiagos vamzdžio su vidine izoliacija ir sienelėse įrengtais diametraliai priešingai vienas kitam dviems elektrodais, srovės šaltinis, pirmoji ir antroji ritės, formuojančios magnetinį lauką, statmeną vamzdžio ašiai ir tiesei, jungiančiai elektrodų centrus, atraminis varžas, pirmasis diferencialinis stiprintuvas, procesorius, indikacijos įrenginys ir integruojantysis analoginis skaitmeninis keitiklis, kurio atraminis įėjimas prijungtas prie atraminio varžo pirmojo išvado, informaciniai išėjimai - prie procesoriaus pirmosios informacinių išvadų grupės, valdymo įėjimų grupė - prie procesoriaus pirmosios valdymo išvadų grupės, antroji procesoriaus informacinių išvadų grupė sujungta su indikacijos įrenginio informaciniais išvadais, be to, antrasis pirmosios žadinimo ritės išvadas sujungtas su pirmuoju antrosios ritės išvadu, antrasis antrosios ritės išvadas su pirmuoju atraminio varžo išvadu, kurio antrasis išvadas sujungtas su bendruoju matavimo grandinės tašku, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad į jį papildomai įjungti pirmasis, antrasis, trečiasis, ketvirtasis ir penktasis tripoliai jungikliai, antrasis diferencialinis stiprintuvas, atminties įrenginys, trapecinės formos impulsų formuotuvai ir matavimo ritė, kurios ašis yra lygiagreči kanalo ašiai, o išvadai sujungti su antrojo diferencialinio stiprintuvo įėjimais, pirmojo tripolio jungiklio pirmasis polius prijungtas prie srovės šaltinio išėjimo, antrasis polius - prie pirmosios žadinimo ritės pirmojo išvado, o trečiasis polius - prie antrojo tripolio jungiklio trečiojo poliaus, kurio pirmasis polius prijungtas prie pirmojo elektrodo, o antrasis polius - prie pirmojo diferencialinio stiprintuvo pirmojo įėjimo, antrasis elektrodas prijungtas prie trečiojo tripolio jungiklio pirmojo poliaus, kurio antrasis polius sujungtas su pirmojo diferencialinio stiprintuvo antruoju įėjimu, o trečiasis polius - su pirmuoju atraminio varžo išvadu, ketvirtasis tripolis jungiklis pirmuoju poliumi sujungtas su integruojančiojo analoginio skaitmeninio keitiklio matavimo įėjimu, antruoju poliumi - su pirmojo diferencialinio stiprintuvo išėjimu, trečiuoju poliumi - su antrojo diferencialinio stiprintuvo išėjimu, o penktasis tripolis jungiklis pirmuoju poliumi prijungtas srovės šaltinio valdymo įėjimo, antruoju poliumi - prie procesoriaus antrosios

valdymo išvadų grupės šeštojo išėjimo, o trečiuoju poliumi - prie trapecinės formos impulsų formuotuvo išėjimo, kurio įėjimas prijungtas prie septintojo procesoriaus antrosios valdymo išvadų grupės išėjimo, be to, pirmojo - penktojo tripolių jungiklių valdymo įėjimai sujungti su, atitinkamai, pirmuoju - penktuoju procesoriaus antrosios valdymo išvadų grupės išėjimais, o atminties įrenginio informaciniai išvadai – su procesoriaus trečiąja informacinių išvadų grupe.

