

- (11) Patent numeris: **6596** (51) Int. Cl. (2019.01): **G01R 35/00**
- (21) Paraiškos numeris: **2018 535**
- (22) Paraiškos padavimo data: **2018-07-16**
- (41) Paraiškos paskelbimo data: **2019-01-25**
- (45) Patent paskelbimo data: **2019-02-11**
- (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:
Oleg ZAYTSEV, LT
Tomaš TANKELIUN, LT
Vytautas URBANAVIČIUS, LT
- (73) Patent savininkas:
UAB "ELTESTA", Naugarduko g. 41, 03227 Vilnius, LT
- (74) Patentinis patikėtinis/atstovas:
Virgina Adolfina DRAUGELIENĖ, UAB TARPINĖ, A.P.Kavoliuko g. 24-152, LT-04328 Vilnius, LT

- (54) Pavadinimas:
Tiriamąjo periodinio signalo su galimai retai pasikartojančiais atsitiktinės formos fragmentais strobavimo, matuojant fazę, būdas ir įrenginys
- (57) Referatas:

Išradimas priklauso elektroninės matavimo įrangos sričiai ir yra susijęs su plačiajuosčiais stroboskopiniais osciloskopais. Pasiūlytas tiriamąjo periodinio signalo, su galimai retai pasikartojančiais atsitiktinės formos fragmentais, strobavimas, matuojant fazę. Vienu metu strobuojamas tiriamasis signalas ir atraminis virpesys, t. y. jų strobavimas valdomas bendru strobavimo impulsu. Tiriamąjo signalo ir atraminio virpesio imties siunčiamos į duomenų apdorojimo ir valdymo bloką, kuriame nustatoma tiriamąjo signalo imties fazinė padėtis atžvilgiu atraminio virpesio, panaudojant atraminio virpesio imtyse esančią informaciją. Išradimu siekiama padidinti būdo ir įrenginio patikimumą, tikslumą, supaprastinti įrenginio konstrukciją bei jo eksploatavimą. Tam, kaip strobuojamas atraminis virpesys yra naudojamas harmoninis virpesys, kurio strobavimą vykdo tik viename strobavimo keitiklyje, o strobavimo impulsų, pasikartojimo dažnį derina, panaudojant harmoninio atraminio virpesio imtyse esančią informaciją koherentinio strobavimo režimui nustatyti, kur minėtas derinimas vykdomas skenuojant visą strobavimo impulsų dažnio verčių masyvą. Iš harmoninio atraminio virpesio imtyse esančios informacijos, perduodamos į duomenų apdorojimo ir valdymo bloką, panaudojant jame iš anksto įdiegtą algoritmą, nustatomas tiriamąjo signalo imčių išdėstymas bendroje ekvivalentinio laiko ašyje dviem metodais: trigonometrinio arba dviejų gretimų taškų interpoliaciniu.

Technikos sritis

Išradimas priklauso elektroninės matavimo įrangos sričiai ir yra susijęs su plačiajuosčiais stroboskopiniais osciloskopais. Išradimas priskiriamas elektrinių kintamųjų matavimo schemoms, skirtoms kintamųjų laikinėms priklausomybėms parodyti ir yra taikomas periodiniams signalams su galimai retai pasikartojančiais atsitiktinės formos fragmentais (pseudo atsitiktiniams signalams) matuoti, tiksliau tiriamojo signalo pasikartojančio strobavimo, matuojant fazę, būdai ir įrenginiai. Stroboskopinio osciloskopo precizinės laiko bazės yra plačiai naudojamos matuojant periodinius arba pasikartojančius signalus sistemose, kuriose prieinami arba gali būti atstatyti sistemos taktiniai (atraminiai) virpesiai. Pažymėtina, kad stroboskopiniuose osciloskopuose tiriamojo signalo imties vertė taikoma šio signalo „taškui“ vaizduoti osciloskopo ekrane strobavimo momentu. Todėl yra ypatingai svarbu žinoti ne tik imties vertę, bet ir jos tikslią padėtį laiko ašyje.

Technikos lygis

Žinomas daugkartinio strobavimo laiko bazės įrenginys, skirtas vienu metu matuoti kelis, galimai nesinchroninius tiriamuosius signalus. Tam viename osciloskope numatyta atitinkamas laiko bazės įrenginių skaičius. Laiko bazės įrenginiai gali naudoti išorinius atraminius virpesius, arba gaminti juos iš pačių tiriamųjų signalų. Aprašytas Weem J.P.P. Multiple Timebase Sampling Scope. Patent US 2017/0346555A1, Nov. 30, 2017. Trūkumas - imčių laiko padėtį nustato tik vienu būdu, atraminį virpesį prieš strobavimą išskleidžiant į dvi kvadratūrines dedamąsias (fazių skirtumas tarp jų – 90 laipsnių). Siūlomas būdas iš esmės nėra plačiajuostis t. y. pasikeitus atraminio virpesio dažniui kvadratūrinį skleidimo įrenginį, siekiant išlaikyti 90 laipsnių fazių skirtumą, būtina derinti.

Žinomas reflektometrinio matavimo sistemose naudojama laiko bazė, grįstą koherentinio tarpuojamo strobavimo metodu. Patentuotą sistemą sudaro koherentinio tarpuojamo strobavimo laiko bazė, laiko bazės strobimpulsų generatorius, reflektometrinis strobimpulsų generatorius, stroboskopinių keitiklių modulis ir valdymo bei duomenų apdorojimo įrenginys su nuosava atmintimi. Aprašytas Ems S., Kreymerman S., Pupalaikis P.J. Time Domain Reflectometry in a Coherent Interleaved Sampling Timebase. Patent US 8,390,300 B2, Mar. 5, 2013. Pagrindinis išradimo trūkumas – ypatingai kompliktuotas įgyvendinimas laiko bazės įrenginio,

gristo koherentinio tarpuojamo strobavimo metodu.

Žinomas adaptivių impulsų pločio laiko srities reflektometras, kurį sudaro impulsų generatorius testiniams impulsams generuoti, diferencialiniai siųstuvas ir imtuvas tiriamosioms linijoms prijungi, analoginis skaitmeninis keitiklis atsako signalams matuoti, valdymo procesorius ir nuosekliojo strobavimo (iš patento konteksto) laiko bazės įrenginys. Laiko bazės įrenginys užtikrina precizinį laiko intervalų tarp siunčiamų ir atspindėtų impulsų matavimą. Nuo šio matavimo neapibrėžties priklauso gedimo vietos tiriamojoje linijoje aptikimo tikslumas. Išmatuoti laiko intervalai padalinti strobimpulsais. Aprašytas Wyar P.F., Williams J.G. Adaptive Pulse Width Time Domain Reflectometer. Patent US 8,222,906 B2, Jul. 17, 2012. Žinomos laiko bazės trūkumas – pritaikytas nuoseklusis strobavimas, kurio įgyvendinimui būtina užtikrinti vėlinimą tarp išsiųsto testinio impulso ir pirmo strobimpulso matuojamame laiko intervale. Be šio vėlinimo neįmanoma matuoti trumpus laiko intervalus, kurie atitinka mažąjį atstumą ($l < t \cdot v$; čia t – strobimpulsų pasikartojimo periodas, v – strobimpulsų sklidimo linijoje greitis) strobimpulsų sklidimo linijoje greitis) iki gedimo vietos tiriamojoje linijoje.

Yra žinomas atsitiktinio strobavimo įtaisas, grįstas atraminio virpesio fazės matavimu. Šį įrenginį sudaro septyni pagrindiniai blokai: 1 – tiriamojo signalo stroboskopinis keitiklis, 2 – strobavimo impulsų generatorius, 3 – žemųjų dažnių filtras, 4 – hibridinis kvadratūrinis grandynas, 5 ir 6 – atraminių virpesių stroboskopiniai keitikliai, 7 – laiko bazės skaičiavimo blokas. Aprašytas Jungerman R. L., Camitz L. H., King R. Random Sampling with Phase Measurement. Igaliojimas (Original Assignee): Agilent Technologies, Inc. Patent US 6,564,160 B2, May 13, 2003.

Žinomas įrenginys atlieka tiriamojo signalo pasikartotinę strobavimą atsitiktiniu būdu. Atraminis taktinis virpesys gaunamas iš tiriamosios sistemos. Atraminio virpesio ir tiriamojo signalo periodų santykis yra žinomas. Atraminio virpesio ir tiriamojo signalo strobavimas vyksta vienu metu. Atraminio virpesio imčių vertės, gautos strobavimo metu, yra naudojamos nustatyti virpesio fazę tuo metu, kai įvyko tiriamojo signalo strobavimas. Šis įrenginys gauna iš tiriamosios sistemos tiriamąjį signalą ir sinchroninį atraminį virpesį, kuris naudojamas laiko bazės įrenginio veikimui užtikrinti. Strobavimo impulsų generatorius (2) naudojamas gauti imtis trijuose stroboskopiniuose keitikliuose vienu metu. Vienas iš stroboskopinių keitiklių

(1) strobuoja tiriamąjį signalą. Žemųjų dažnių filtras (3) gauna atraminį taktinį virpesį iš tiriamosios sistemos ir savo išėjime sukuria atraminį harmoninį „sinusoidinį“ virpesį. Kvadratūrinis hibridinis grandynas gauna atraminį harmoninį virpesį ir sukuria du naujus harmoninius virpesius fazę pastumtus per devyniasdešimt laipsnių – „sinusoidinį“ ir „kosinusoidinį“. Kiti du stroboskopiniai keitikliai (5 ir 6) strobuoja šiuos „sinusoidinį“ ir „kosinusoidinį“ atrامينius virpesius ir siunčia gautas imtis į laiko bazės skaičiavimo bloką (7). Laiko bazės skaičiavimo blokas atliekant trigonometrinę arktangento operaciją su gautomis imčių vertėmis sukuria informaciją laiko ašies kanalui valdyti.

Aprašytas analoginis įrenginys turi tris esminius trūkumus. Pirma, analoge naudojamas vadinamasis atsitiktinis strobavimas dėl ko gali užtrukti periodinių pseudo atsitiktinių signalų rekonstrukcija. Antra, analoge panaudoti trys stroboskopiniai keitikliai – tai pernelyg komplikuoja įtaiso konstrukciją. Trečia, analoge numatytas kritiškas būdas keisti įėjimo atraminį taktinį virpesį į harmoninį naudojant žemųjų dažnių filtrą. Šiuo atveju sumažėjus arba padidėjus tiriamojo signalo dažniui filtrą teks atitinkamai derinti arba keisti. Be to, pasikeitus dažniui gali tekti derinti hibridinį kvadratūrinį grandyną, kad jo išėjimuose būtų palaikomas 90 laipsnių fazių skirtumas tarp dviejų harmoninių virpesių; o jeigu grandyne panaudota plačiajuostė vėlinimo linija, pagaminta iš koaksialinio kabelio – pastaroji užima labai daug vietos, dėl ko didėja prietaiso matmenys ir masė, ir šią liniją taip pat teks derinti pasikeitus dažniui, kad gautųsi 90 laipsnių fazių skirtumas tarp dviejų harmoninių virpesių.

Sprendžiama techninė problema

Išradimu siekiama padidinti pasiūlyto būdo ir įrenginio patikimumą ir tikslumą, supaprastinti įrenginio konstrukciją bei jo eksploatavimą, taip pat sumažinti įrenginio gabaritus.

Uždavinio sprendimo esmė yra ta, kad tiriamojo periodinio signalo su galimai retai pasikartojančiais atsitiktinės formos fragmentais strobavimo, matuojant fazę, būde, apimančiame šią operacijų seką: a) atraminio virpesio, kurio dažnio santykis su tiriamojo signalo dažniu yra žinomas, generavimas, b) atraminio virpesio strobavimas ir strobuojamo atraminio virpesio imčių siuntimas į duomenų apdorojimo ir valdymo bloką, c) tiriamojo signalo strobavimas, žinant laiko srityje sąryšį tarp strobavimo momentų atraminio virpesio ir tiriamojo signalo, bei strobavimo metu gautų tiriamojo

signalu imčių siuntimas į duomenų apdorojimo ir valdymo bloką, o atraminio virpesio ir tiriamojo signalo strobavimas yra valdomas bendru strobavimo impulsu, d) strobavimo metu gautų atraminio virpesio ir tiriamojo signalo imčių apdorojimas minėtame duomenų apdorojimo ir valdymo bloke, nustatant tiriamojo signalo imties fazinę padėtį atžvilgiu atraminio virpesio panaudojant atraminio virpesio imtyse esančią informaciją, pagal pasiūlytą išradimą strobuojamas atraminis virpesys, yra harmoninis atraminis virpesys, harmoninio atraminio virpesio strobavimas operacijoje (b), vykdomas tik viename strobavimo keitiklyje, o strobavimo impulsų, paminėtų operacijoje (c), pasikartojimo dažnis yra derinamas, panaudojant harmoninio atraminio virpesio imtyse esančią informaciją koherentinio strobavimo režimui nustatyti, kur minėtas derinimas vykdomas skenuojant visą strobavimo impulsų dažnio verčių masyvą, o iš harmoninio atraminio virpesio imtyse esančios informacijos, perduodamos į valdymo bloką, panaudojant jame iš anksto įdiegtą algoritmą, nustatomas tiriamojo signalo imčių išdėstymas ekvivalentinio laiko ašyje dviem metodais: trigonometrinio, kai imties fazė apskaičiuojama pagal arkkosinuso formulę iš harmoninio virpesio imties vertės, arba dviejų gretimų taškų interpoliaciniu, kai imties fazė nustatoma interpoliuojant fazinį atstumą ekvivalentinio laiko ašyje tarp dviejų gretimų taškų, gautų minėtu trigonometrinio metodu.

Harmoninis atraminis virpesys gali būti gaunamas transformuojant bet kokios formos atraminį virpesį į harmoninį atraminį virpesį.

Generuojamo strobavimo impulso pasikartojimo dažnis gali būti kaip sinchroninis, taip ir asinchroninis atraminio virpesio atžvilgiu.

Atraminis virpesys, gali būti transformuotas į kitą sinchroninio dažnio virpesį;

Atraminio virpesio dažnis gali būti sumažintas n kartų, kur n – bet kuris sveikasis nuliui nelygus teigiamas skaičius.

Pranašumą turinčiame šio išradimo konstrukciniame išpildyme pasiūlytas tiriamojo periodinio signalo su galimai retai pasikartojančiais atsitiktinės formos fragmentais strobavimo, matuojant fazę, įrenginys, apimantis: dviejų kanalų strobavimo bloką, kurio pirmas kanalas, turi analoginį skaitmeninį strobavimo keitiklį, skirtą tiriamajam signalui matuoti, o antras kanalas, turi identišką paminėtam keitikliui, kitą analoginį skaitmeninį strobavimo keitiklį, skirtą atraminiam virpesiui matuoti, o paminėtų strobavimo keitiklių skaitmeniniai išėjimai sujungti su duomenų

apdorojimo ir valdymo bloko atitinkamais įėjimais, kur duomenų apdorojimo ir valdymo blokas skirtas tiriamojo signalo atitinkamos imties fazinei padėčiai atraminio virpesio atžvilgiu nustatyti, strobavimo impulsų generatorių, kurio generuojamas impulsas perduodamas į abiejų paminėtų strobavimo keitiklių valdymo įėjimus, kuriame pagal pasiūlytą išradimą atraminis virpesys, kuris paduodamas į antro kanalo analoginį skaitmeninį keitiklį, yra harmoninis atraminis virpesys, kuris gaunamas iš atraminio virpesio keitiklio, o paminėtas strobavimo impulsų generatorius yra sužadinamas stabilaus dažnio valdomo kvarcinio generatoriaus, kurio įėjimas sujungtas su duomenų apdorojimo ir valdymo bloko išėjimu, kurio signalas generatorių suderina koherentiniam strobavimo režimui, duomenų apdorojimo ir valdymo blokas, sukonstruotas taip, kad pagal iš anksto jame įdiegtą algoritmą apdorojant iš harmoninio atraminio virpesio analoginio skaitmeninio strobavimo keitiklio gautą informaciją išdėsto tiriamojo signalo imtis ekvivalentinio laiko ašyje dviem metodais: trigonometriniu, kai imties fazė apskaičiuojama pagal arkkosinuso formulę iš harmoninio virpesio imties vertės, arba dviejų gretimų taškų interpoliaciniu, kai imties fazė nustatoma interpoliuojant fazinį atstumą ekvivalentinio laiko ašyje tarp dviejų gretimų taškų, gautų minėtu trigonometriniu metodu.

Atraminio virpesio keitiklis, sukonstruotas bet kokios formos atraminiam virpesiui keisti į harmoninį atraminį virpesį, kuris perduodamas į analoginį skaitmeninį strobavimo keitiklio įėjimą.

Atraminio virpesio keitiklis, turi du perjungiklius, valdomus duomenų apdorojimo ir valdymo bloko atitinkamų išėjimų signalais bei leidžia siųsti atraminį virpesį, kuomet jo forma yra harmoninė, tiesiai į antrąjį analoginį skaitmeninį strobavimo keitiklį, arba, jeigu atraminio virpesio forma nėra harmoninė arba yra harmoninė, bet jos amplitudė pernelyg maža virpesio analoginiam skaitmeniniam keitimui vykdyti, atraminis virpesys praeina per programuojamą dažnio dalytuvą ir perjungiamą žemųjų dažnių filtrą, kur minėtas dalytuvas ir filtras valdymo kodus gauna iš duomenų apdorojimo ir valdymo bloko atitinkamų išėjimų.

Išradimo naudingumas

Pagal išradimą pasiūlytas būdas ir įrenginys yra patikimas bei pasižymi dideliu tikslumu, dėl vykdomo koherentinio strobavimo režimo apdorojant tiriamojo ir atraminio signalų imtis pagal iš anksto įdiegtą duomenų apdorojimo ir valdymo bloke pasiūlytą algoritmą. Pagal pasiūlytą išradimą įrenginio konstrukcija yra paprastesnė,

nes atraminio harmoninio virpesio strobavimas vykdomas tik viename strobavimo keitiklyje. Be to, vieno strobavimo įtaiso panaudojimas numato tik vieną perdavimo liniją iš strobavimo generatoriaus. Tai leidžia tiksliau išpildyti tiriamojo signalo ir atraminio harmoninio virpesio strobavimo vienu metu sąlygą ir sumažinti tiriamojo signalo imties laiko padėties nustatymo neapibrėžtį. Atraminio virpesio keitiklio pasiūlyta konstrukcija, kurioje naudojamas programuojamas dažnio dalytuvas ir perjungiamas žemų dažnių filtras, taip pat supaprastina įrenginio konstrukciją bei jo eksploatavimą, be to paties atraminio virpesio amplitudė gali būti labai maža.

Išradimas detaliau paaiškinamas brėžiniais, kur

Fig. 1 pavaizduota pasiūlyto tiriamojo signalo pasikartojančio strobavimo, matuojant fazę, įrenginio struktūrinė schema;

Fig. 2 pavaizduota duomenų apdorojimo ir valdymo algoritmo blokinė schema, nustatanti tiriamojo signalo imčių išdėstymą ekvivalentinio laiko ašyje dviem metodais;

Fig. 3 pavaizduoti suformuotų tiriamojo signalo ir atraminio virpesio vaizdai, kai algoritmo antrame žingsnyje sukauptų imčių porų masyve skaičius yra 32 ($n = 4$);

Fig. 4 pavaizduota įverties koeficiento k priklausomybė nuo strobavimo dažnio

Fig. 5 pavaizduotas rekonstruoto tiriamojo impulsinio signalo vaizdas atraminio virpesio vieno periodo atkarpoje, kai perėjimo tarp laiko padėties nustatymo būdų lygis yra 0,707, o laiko ašis padalinta į 4 lygias zonas;

Fig. 6 pavaizduotas rekonstruotas tiriamojo impulsinio signalo vaizdas atraminio virpesio vieno periodo atkarpoje, kai laiko ašyje yra 4 kartus kartojamas tas pats išmatuotas šio signalo periodas.

Išradimo realizavimo aprašymas.

Pagal išradimą pasiūlytas tiriamojo signalo pasikartojančio strobavimo, matuojant fazę, įrenginys Fig. 1 susideda iš dviejų kanalų strobavimo bloko 1, analoginio skaitmeninio strobavimo keitiklio 2, skirto tiriamajam signalui matuoti, analoginio skaitmeninio strobavimo keitiklio 3, skirto atraminiam virpesiui matuoti; strobavimo impulsų generatoriaus 4, įtampa valdomo kvarcinio generatoriaus 5, atraminio taktinio virpesio keitiklio 6, kurį sudaro pirmas perjungiklis 7, antras

perjungiklis 8, programuojamas dažnio dalytuvas 9 ir perjungiamas žemųjų dažnių filtras 10, ir duomenų apdorojimo ir valdymo bloko 11. Tiriomojo signalo imties kodas 12 ir atraminio virpesio imties kodas 13 perduodami į duomenų apdorojimo ir valdymo bloką 11. Keitikliai 2 ir 3 yra valdomi bendru strobavimo impulsu 14. Iš duomenų apdorojimo ir valdymo bloko 11 į perjungiamą žemųjų dažnių filtrą 10 perduodamas filtro valdymo kodas 15, o į programuojamą dažnio dalytuvą 9 perduodamas dažnio dalytuvo valdymo kodas 16. Strobimpulsas 14 į abu analoginius skaitmeninius strobavimo keitikius 2 ir 3 patenka vienu metu, o jo perdavimo grandinės sudaro vien tiesiniai pasyvieji elementai. Tokiu būdu laiko nestabilumas tarp pirmojo 2 ir antrojo 3 analoginio skaitmeninio strobavimo keitiklių yra minimalus. Strobavimo generatorių 4, formuojantį bendrą strobimpulsą, paleidžia įtampa valdomas kvarcinis generatorius 5, kurio dažnis nedidelėse ribose gali būti keičiamas ir kartu būti pakankamai stabilu ($5 \times 10^{-5} - 1 \times 10^{-4}$). Dažnio keitimą užtikrina skaitmeninis analoginis keitiklis, kuris valdomas duomenų apdorojimo ir valdymo bloko 11. Perjungikliai 7 ir 8, programuojamas dažnio dalytuvas 9 ir perjungiamas žemųjų dažnių filtras 10 valdomi duomenų apdorojimo ir valdymo bloko 11.

Siūlomas įrenginys veikia tokiu būdu. Tiriamasis signalas siunčiamas į pirmojo analoginio skaitmeninio strobavimo keitiklio 2 įėjimą, o atraminis virpesys – į atraminio virpesio keitiklį 6. Pažymėtina, kad tiriamasis signalas ir atraminis virpesys turi būti sinchroniški t. y. jų pasikartojimo dažniai turi būti lygūs arba kartotini. Tuo atveju, jeigu tiriamojoje sistemoje atraminio virpesio nėra – vietoj jo gali būti panaudotas pats tiriamasis signalas. Priklausomai nuo perjungiklių 7 ir 8 padėties, atraminis virpesys siunčiamas į antro analoginio skaitmeninio strobavimo keitiklio 3 įėjimą betarpiškai arba programuojamu dažnio dalytuvu 9 atlikus dažnio keitimą ir žemųjų dažnių filtru 10 pašalinus aukštesniąsias harmonikas. Pažymėtina, kad atraminį virpesį siunčiant tiesiai į antro analoginio skaitmeninio strobavimo keitiklio 3 įėjimą, virpesys turi būti harmoninis t. y. keistis pagal sinuso arba kosinuso dėsnį, kita vertus keičiant atraminio virpesio dažnį harmoninis virpesys gaunamas filtruojant aukštesniąsias harmonikas filtru 10. Atraminio virpesio dažnio keitimas leidžia padidinti laiko bazės įrenginio tiriomojo signalo stebėjimo laiko intervalą (laiko langą) tiek kartų, kiek kartų mažinamas dažnis ir ženkliai sumažinti pašalinių harmonikų lygį. Programuojamo dažnio dalytuvo 9 dalinimo koeficientas gali būti lygus ir 1. Šiuo atveju atraminio taktinio virpesio keitiklis 6 tik filtruoja aukštesniąsias harmonikas.

Tokiu būdu, kuomet į pirmąjį analoginį skaitmeninį strobavimo keitiklį 2 siunčiamas tiriamasis signalas, į antrąjį keitiklį 3 siunčiamas kruopščiai išfiltruotas atraminis harmoninis virpesys sinchroninis tiriamajam. Keičiant kvarcinio įtampa valdomo generatoriaus 5 dažnį ir analizuojant antrojo analoginio skaitmeninio strobavimo keitiklio 3 gautus duomenis pagal žemiau pateiktą metodiką (žr. algoritmo aprašymą), suderinamas koherentinio strobavimo režimas su strobimpulsų postūmiu per $1/5$ – $1/10$ atžvilgiu atraminio virpesio periodo. Galiausiai, remiantis atraminio harmoninio virpesio savybėmis antrajame analoginiame skaitmeniniame strobavimo keitiklyje 3 formuojama tiksli laiko bazė (ekvivalentinio laiko ašis), o kadangi ji yra bendra ir pirmajam analoginiam skaitmeniniam strobavimo keitikliui 2, savaime gaunama tiksli laiko bazė ir tiriamajam signalui.

Fig. 2 pavaizduotas pasiūlyto tiriamojo signalo pasikartojančio strobavimo, matuojant fazę, būdo ir įrenginio laiko bazės duomenų apdorojimo ir valdymo algoritmas, kuris vykdomas duomenų apdorojimo ir valdymo bloke 11.

Pasiūlytame išradime tiriamojo signalo imties laiko padėtis nustatoma dviem metodais: „trigonometriniu“ ir pagal „gretimuosius taškus“. Metodo pasirinkimas priklauso nuo atraminio harmoninio virpesio imties ir šio virpesio amplitudės verčių santykio.

„Trigonometrinis“ būdas numato imties laiko padėties apskaičiavimą vykdant arkkosinuso operaciją iš imties vertės. Jeigu virpesio imtis gauta stačiajame sinusoidės šlaite (kylančiąjame arba krintančiąjame) – apskaičiuota laiko padėtis bus pakankamai tiksli. Kitu atveju – kai imtis gauta nuožulniojoje sinusoidės viršūnėje arba greta jos – dėl amplitudinių matavimo triukšmų apskaičiuota laiko padėtis bus mažiau tiksli ir formuojamame tiriamojo signalo vaizde susidaro laiko ašies iškreipimai. Siekiant įveikti šį trūkumą siūlomame išradime, kuomet atraminio virpesio momentinė vertė artėja prie amplitudės vertės (apie $0,7$ – $1,0$ amplitudės), t. y. imtis gaunama nuožulniojoje sinusoidės dalyje, imties laiko padėties nustatymas vykdomas pagal „gretimųjų taškų“ būdą. Šiuo atveju „gretimųjų taškų“ būdas esti tikslesnis už „trigonometrinių“. Pažymėkime dar kartą, kad daugumos atveju „trigonometrinis“ būdas leidžia tiksliau nustatyti imties laiko padėtį ir nusileidžia „gretimųjų taškų“ būdui tik, kai imtis gaunama nuožulniojoje sinusoidės dalyje.

Pateikiama „gretimųjų taškų“ metodo esmė. Imčių, gautų nuožulniojoje sinusoidės dalyje, laiko padėtis apskaičiuojama atsižvelgus į dviejų gretimų kraštinių

imčių, gautų „trigonometriniu“ būdu ir esančių stačiuosiuose atraminio virpesio vienas kitam priešinguose šlaituose. Tolygiai interpoliuojant laiko atkarpą tarp šių gretimųjų stačiųjų šlaitų imčių yra išdėstomos imtys, gautos nuožulniojoje sinusoidės dalyje.

Tokiu būdu siūlomame išradime, kuomet imtis gaunama stačiajame atraminio virpesio sinusoidės šlaite, taikomas „trigonometrinis“ būdas, o kai imtis gaunama nuožulniojoje dalyje arčiau sinusoidės viršūnės – „gretimųjų taškų“ būdas. Sąlygai, kada taikyti vieną ar kitą būdą, nustatyti laiko bazės įrenginio duomenų apdorojimo ir valdymo algoritme naudojama „perėjimo tarp imties laiko padėties apskaičiavimo būdų lygio“ sąvoka.

Algoritmo blokinė schema, vaizduojanti laiko bazės įrenginio kalibravimo ir laiko ašies formavimo procedūrą, pateikta Fig. 2. Algoritmą sudaro 13 žingsnių.

Žingsnis 1. Duomenų apdorojimo ir valdymo blokas įkelia į savo vidinę atmintį matavimo proceso inicializavimo informaciją: a) perėjimo tarp dviejų imties laiko padėties nustatymo būdų lygio vertę ir b) kvarcinio įtampa valdomo generatoriaus (KJVG) kalibravimo koeficientus, kurie nusako sąryšį tarp generatoriaus valdymo įtampos dydžio ir jo išėjimo virpesio dažnio.

Žingsnis 2. Vykdamas pagrindinį tiriamojo signalo vaizdo rekonstravimo ciklą (2–4 ir 10–13 žingsniai) ir strobavimo dažnio kalibravimo ciklą (5–8 žingsniai) yra kaupiamos matuojamo signalo ir harmoninio atraminio virpesio imtys, formuojant du fiksuoto vienodo ilgio imčių masyvus. Imčių porų skaičius masyve gali būti, pvz., 32, 64, 128, ... ir t. t. (Fig. 3).

Žingsnis 3. Pagal sukaupią atraminio virpesio imčių masyvą išmatuojami virpesio parametrai: amplitudė ir imčių skaičius vienam virpesio periodui. Optimalus imčių skaičius n virpesio periodui, užtikrinantis mažiausią imties laiko padėties apskaičiavimo neapibrėžtį, nustatomas pagal santykį:

$$n = \frac{T}{T_d}, \quad (1)$$

čia T – harmoninio virpesio periodas, T_d – trumpiausios harmoninio virpesio atkarpos, atitinkančios imčių laiko padėties nustatymo pagal vieną iš dviejų būdų, trukmė. Pvz., jeigu perėjimo tarp laiko padėties nustatymo būdų lygis atitinka 0,707 harmoninio virpesio amplitudės, tuomet

$$n = \frac{2\pi}{\pi - 2(\arcsin 0,707)} \cong 4. \quad (2)$$

Žingsnis 4. Pagal ankstesniame žingsnyje (3-čiame) apskaičiuotą optimalų taškų skaičių n tikrinama optimalaus koherentinio strobavimo režimo sąlyga. Jeigu imčių skaičius atraminio virpesio periode neatitinka apskaičiuotą, pagrindinis matavimo ciklas (žingsniai 10–13) nėra vykdomas, o vietoj to vykdoma strobavimo dažnio kalibravimo procedūra, kurią sudaro 5–9 ir 2–4 žingsniai. Kalibravimo procedūros tikslas – išmatuoti atraminio virpesio dažnį, kaupiant atraminio virpesio imčių masyvus, kai įtampa valdomo generatoriaus dažnis darbo ruože keičiamas automatiškai žingsniu, parenkamu, priklausomai nuo atraminio virpesio dažnio. Žingsnis mažėja didėjant atraminio virpesio dažniui, kadangi generatoriaus dažnių ruože šiuo atveju kečiasi reikšmingų taškų tankis.

Žingsnis 5. Keičiama strobavimo dažnio vertė.

Žingsnis 6. Kaupiamas atraminio virpesio imčių masyvas.

Žingsnis 7. Atliekama sukaupto atraminio virpesio imčių visų masyvų analizė. Iš masyve sukaupytų duomenų skaičiuojamas įverties koeficientas k :

$$k = \sum_{i=0}^{N-1} y_i - y_{(i+1)}, \quad (3)$$

čia y_i – atraminio virpesio i -tosios imties masyve vertė; N – imčių masyve skaičius.

Įverties koeficientas k nusako koherentinio strobavimo režimo būseną (t. y. tiriamojo signalo ir strobavimo dažnių santykio atitikimą *IEEE Standard for Digitizing Waveform Recorders. IEEE Std 1057-1994 (R2001)* standarto reikalavimui, pagal kurį strobavimas yra koherentinis) parinkto strobavimo dažnio atžvilgiu. Minimali koeficiento vertė atitinka koherentinį strobavimo režimą, kai strobavimo dažnis yra kartotinis atraminio virpesio dažniui, o kiekviena imtis yra gaunama tame pačiame periodinio atraminio virpesio taške. Šio koeficiento verčių priklausomybė nuo strobavimo dažnio, kai atraminio virpesio dažnis yra 10 GHz, pateikta Fig. 4. Iš šios priklausomybės atraminio virpesio dažnis apskaičiuojamas pagal tokią formulę:

$$f_r = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^{M-1} \frac{f_{sj} \cdot f_{s(j+1)}}{f_{s(j+1)} - f_{sj}}, \quad (4)$$

čia f_{sj} – strobavimo dažnis kartotinis atraminio virpesio dažniui, kai koeficiento vertė k yra minimali; M – įverties koeficiento reikšmių, priklausomybėje nuo strobavimo dažnio, minimumų (Fig. 4.) skaičius.

Žingsnis 8. Atraminio harmoninio virpesio dažnio matavimo ciklas yra nutraukiamas, kai įverties koeficiento priklausomybėje visi minimumų taškai yra rasti teisingai t. y. „dažninis atstumas“ tarp minimumų esti vienodas.

Žingsnis 9. Pagal išmatuotą atraminio virpesio dažnį ir 1 žingsnyje nustatytus parametrus derinimas optimalus strobavimo dažnis (t. y. siekiama, kad pagal (2) apskaičiuota n būtų 4, jeigu perėjimo tarp laiko padėties nustatymo būdų lygis atitinka 0,707).

Žingsnis 10. Šiuo etapu algoritmas vėl grįžta į pagrindinį programos ciklą (kurio pradžia – žingsnis 2). Atlikus imčių kaupimo ir atraminio virpesio parametrų matavimo procedūras (2 ir 3 žingsniuose atitinkamai) ir esant optimaliai nustatytam strobavimo dažniui, atliekamas atraminio virpesio imčių rūšiavimas priskiriant jas prie tiriamojo signalo laiko ašies rekonstravimo zonų, kuriose imties laiko padėtis nustatoma „trigonometriniu“ būdu arba pagal „gretimuosius taškus“ (Fig. 5). Laiko ašyje atraminio virpesio imtys grupuojamos jo pusperiodžių atžvilgiu, nustatant jų kitimo pobūdį laike (didėjimą arba mažėjimą).

Žingsnis 11. Kiekvienai tiriamojo signalo imčiai apskaičiuojama laiko padėtis atraminio virpesio vieno periodo ribose.

Žingsnis 12. Tai paskutinis pagrindinio ciklo algoritmo žingsnis, kuriame atliekamas tiriamojo signalo vaizdavimas (rekonstravimas). Priklausomai nuo nustatyto laiko ašies ilgio, tiriamojo signalo vaizdas formuojamas atitinkamai kartojant vieną išmatuotą signalo periodą (Fig. 6). Tokiu būdu rekonstruojama laiko ašis vieno atraminio virpesio periodo atkarpoje yra padalinta į 4 zonas (Fig. 5). Dviejose zonose (zona 2 ir zona 4) matuojamo signalo imčių laiko padėtys nustatomos „trigonometriniu“ būdu, kitose dviejose zonose (zona 1 ir zona 3) pagal „gretimuosius taškus“ (iš zonos 2 ir zonos 4). Priklausomai nuo atraminio virpesio dažnio ir amplitudės rekonstruoto matuojamo signalo fazinis triukšmas skirtingose zonose bus skirtingas (Fig. 5). Siekiant sumažinti fazinį triukšmą, atraminio virpesio dažnis dalinamas tokiu būdu, kad santykis tarp matuojamo signalo ir atraminio virpesio dažnių būtų 4. Šiuo atveju jeigu perėjimo tarp laiko padėties nustatymo būdų lygis

atitinka 0,707, matuojamo signalo periodas tilps vienoje zonoje, kurioje fazinis triukšmas esti mažiausias.

Žingsnis 13. Tikrinama, ar reikia tęsti tiriamojo signalo matavimo procesą?

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Tiriamojo periodinio signalo su galimai retai pasikartojančiais atsitiktinės formos fragmentais strobavimo, matuojant fazę, būdas, apimantis šią operacijų seką:

a) atraminio virpesio, kurio dažnio santykis su tiriamojo signalo dažniu yra žinomas, generavimas,

b) atraminio virpesio strobavimas ir strobuojamo atraminio virpesio imčių siuntimas į duomenų apdorojimo ir valdymo bloką;

c) tiriamojo signalo strobavimas, žinant laiko srityje sąryšį tarp strobavimo momentų atraminio virpesio ir tiriamojo signalo, bei strobavimo metu gautų tiriamojo signalo imčių siuntimas į duomenų apdorojimo ir valdymo bloką, o atraminio virpesio ir tiriamojo signalo strobavimas yra valdomas bendru strobavimo impulsu;

d) strobavimo metu gautų atraminio virpesio ir tiriamojo signalo imčių apdorojimas minėtame duomenų apdorojimo ir valdymo bloke, nustatant tiriamojo signalo imties fazinę padėtį atžvilgiu atraminio virpesio panaudojant atraminio virpesio imtyse esančią informaciją,

b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad

strobuojamas atraminis virpesys, yra harmoninis atraminis virpesys,

harmoninio atraminio virpesio strobavimas operacijoje (b), vykdomas tik viename strobavimo keitiklyje (3), o strobavimo impulsų, paminėtų operacijoje (c), pasikartojimo dažnis yra derinamas, panaudojant harmoninio atraminio virpesio imtyse esančią informaciją koherentinio strobavimo režimui nustatyti, kur minėtas derinimas vykdomas skenuojant visą strobavimo impulsų dažnio verčių masyvą,

iš harmoninio atraminio virpesio imtyse esančios informacijos, perduodamos į valdymo bloką (11), panaudojant jame iš anksto įdiegtą algoritmą, nustatomas tiriamojo signalo imčių išdėstymas ekvivalentinio laiko ašyje dviem metodais:

- trigonometriniu, kai imties fazė apskaičiuojama pagal arkkosinuso formulę iš harmoninio virpesio imties vertės, arba

- dviejų gretimų taškų interpoliaciniu, kai imties fazė nustatoma interpoliuojant fazinį atstumą ekvivalentinio laiko ašyje tarp dviejų gretimų taškų, gautų minėtu trigonometriniu metodu.

2. Būdas pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad harmoninis atraminis virpesys gali būti gaunamas transformojant bet kokios formos atraminį virpesį į harmoninį atraminį virpesį.

3. Būdas pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad generuojamo strobavimo impulso pasikartojimo dažnis gali būti kaip sinchroninis, taip ir asinchroninis atraminio virpesio atžvilgiu.

4. Būdas pagal 2 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad paminėtas atraminis virpesys, gali būti transformuotas į kitą sinchroninio dažnio virpesį;

5. Būdas pagal bet kurį iš 1–4 punktų, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad paminėto atraminio virpesio dažnis gali būti sumažintas n kartų, kur n – bet kuris sveikasis nuliui nelygus teigiamas skaičius.

6. Tiriamojo periodinio signalo su galimai retai pasikartojančiais atsitiktinės formos fragmentais strobavimo, matuojant fazę, įrenginys, apimantis:

- dviejų kanalų strobavimo bloką (1), kurio pirmas kanalas, turi analoginį skaitmeninį strobavimo keitiklį (2), skirtą tiriamajam signalui matuoti, o antras kanalas, turi identišką paminėtam keitikliui (2), kitą analoginį skaitmeninį strobavimo keitiklį (3), skirtą atraminiam virpesiui matuoti, o strobavimo keitiklių (2) ir (3) skaitmeniniai išėjimai sujungti su duomenų apdorojimo ir valdymo bloko (11) atitinkamais įėjimais, kur duomenų apdorojimo ir valdymo blokas (11) skirtas tiriamojo signalo atitinkamos imties fazinei padėčiai atraminio virpesio atžvilgiu nustatyti,

- strobavimo impulsų generatorių (4), kurio generuojamas impulsas perduodamas į abiejų strobavimo keitiklių (2) ir (3) valdymo įėjimus,

b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad atraminis virpesys, kuris paduodamas į antro kanalo analoginį skaitmeninį keitiklį (3), yra harmoninis atraminis virpesys, kuris gaunamas iš atraminio virpesio keitiklio (6), o paminėtas strobavimo impulsų generatorius (4) yra sužadinamas stabilaus dažnio valdomo kvarcinio generatoriaus (5), kurio įėjimas sujungtas su duomenų apdorojimo ir valdymo bloko (11) išėjimu, kurio signalas generatorių (5) suderina koherentiniam strobavimo režimui,

duomenų apdorojimo ir valdymo blokas (11), sukonstruotas taip, kad pagal iš anksto jame įdiegtą algoritmą apdorojant iš harmoninio atraminio virpesio analoginio skaitmeninio strobavimo keitiklio (3) gautą informaciją išdėsto tiriamojo signalo imtis

ekvivalentinio laiko ašyje dviem metodais:

- trigonometriniu, kai imties fazė apskaičiuojama pagal arkkosinuso formulę iš harmoninio virpesio imties vertės, arba

- dviejų gretimų taškų interpoliaciniu, kai imties fazė nustatoma interpoliuojant fazinį atstumą ekvivalentinio laiko ašyje tarp dviejų gretimų taškų, gautų minėtu trigonometriniu metodu.

7. Įrenginys pagal 6 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad atraminio virpesio keitiklis (6), sukonstruotas bet kokios formos atraminiam virpesiui keisti į harmoninį atraminį virpesį, kuris perduodamas į analoginį skaitmeninį strobavimo keitiklio (3) įėjimą.

8. Įrenginys pagal 6 arba 7 punktus, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad atraminio virpesio keitiklis (6), turi du perjungiklius (7) ir (8), valdomus duomenų apdorojimo ir valdymo bloko (11) atitinkamų išėjimų signalais bei leidžia siųsti atraminį virpesį, kuomet jo forma yra harmoninė, tiesiai į antrąjį analoginį skaitmeninį strobavimo keitiklį (3), arba, jeigu atraminio virpesio forma nėra harmoninė arba yra harmoninė, bet jos amplitudė pernelyg maža virpesio analoginiam skaitmeniniam keitimui vykdyti, atraminis virpesys praeina per programuojamą dažnio dalytuvą (9) ir perjungiamą žemųjų dažnių filtrą (10), kur minėtas dalytuvas (9) ir filtras (10) valdymo kodus gauna iš duomenų apdorojimo ir valdymo bloko (11) atitinkamų išėjimų.

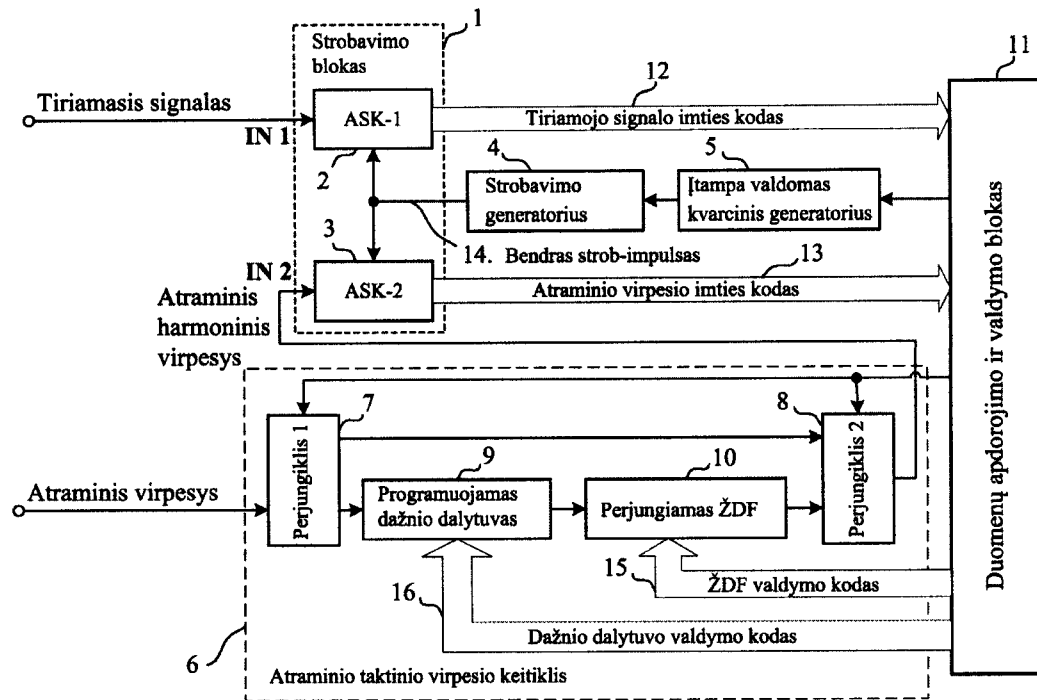


Fig.1

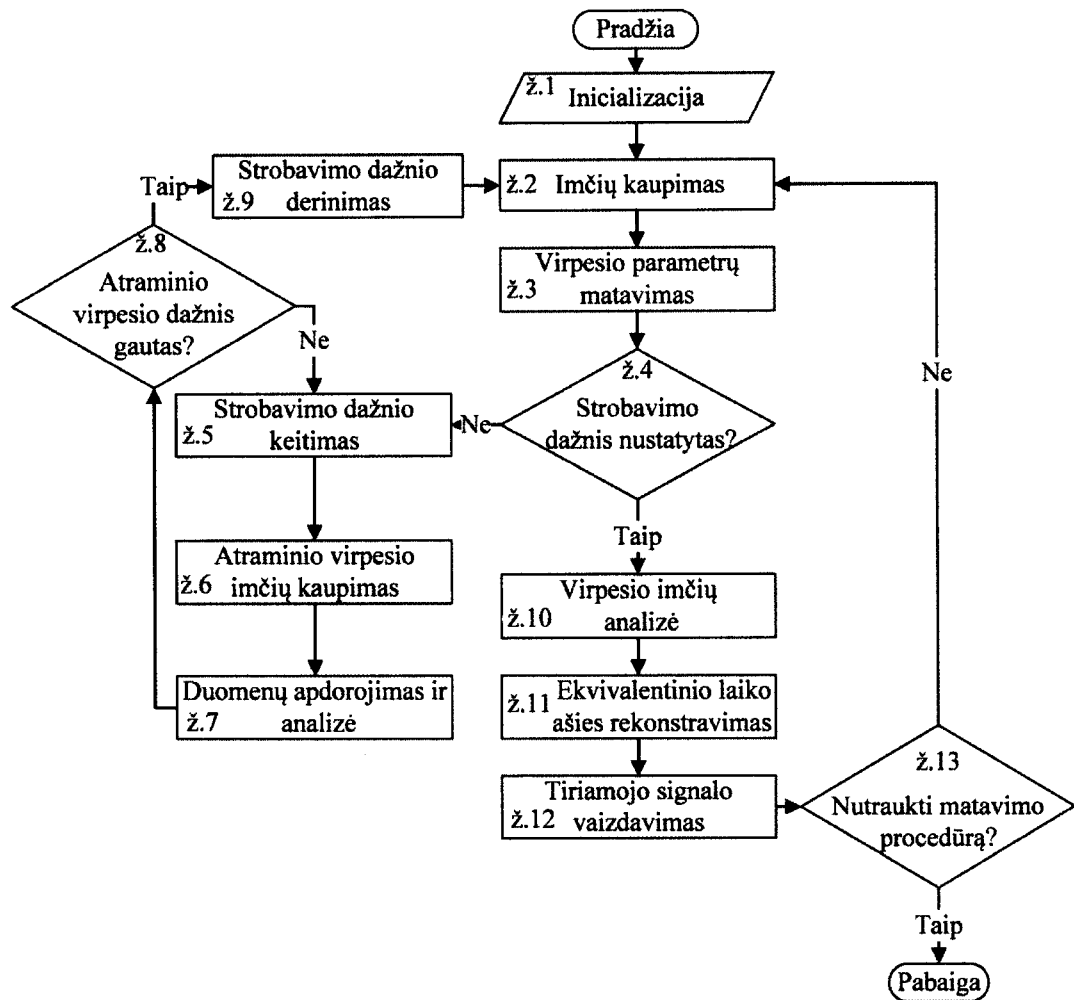


Fig.2

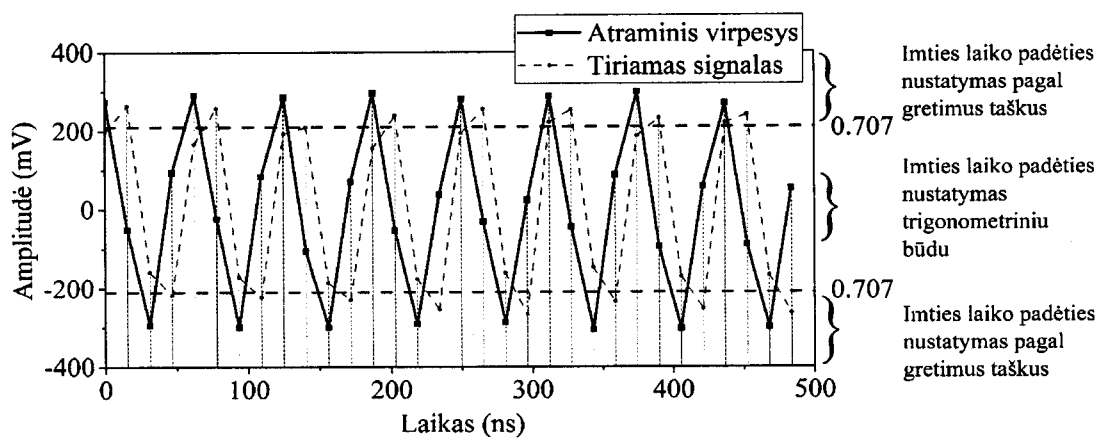


Fig. 3.

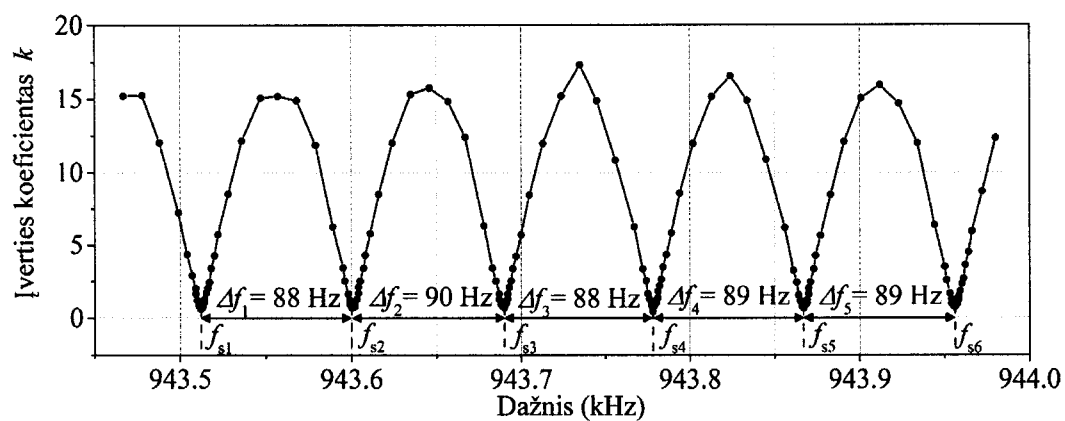


Fig.4

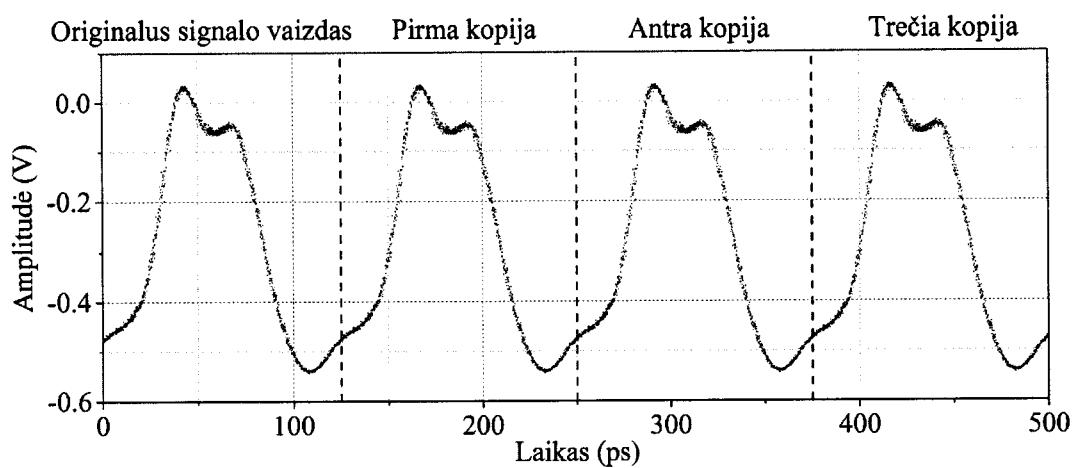


Fig. 5.

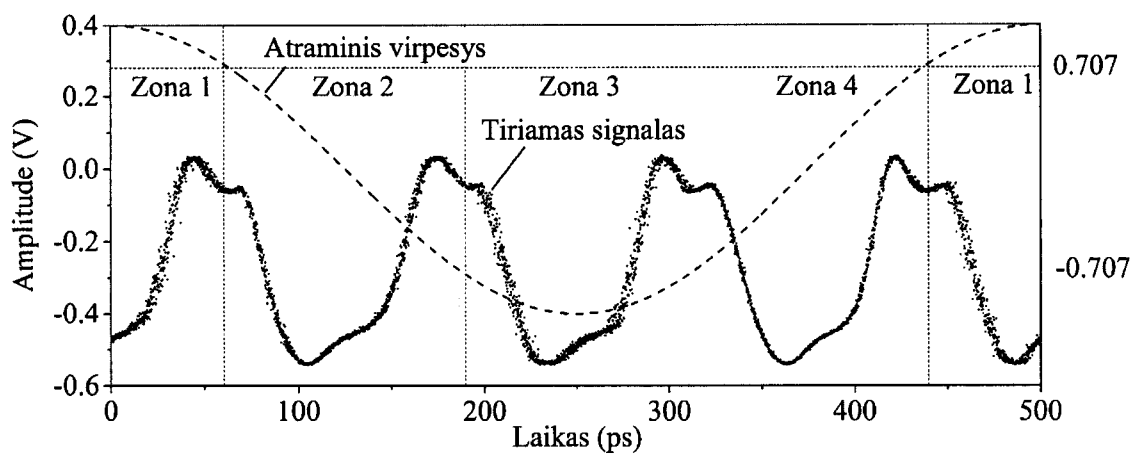


Fig. 6