IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ

EIROPAS REĢIONĀLĀS ATTĪSTĪBAS FONDS

EIROPAS SAVIENĪBA

Darbības programma: “Uzņēmējdarbība un inovācijas” ;
Prioritātes numurs un nosaukums: 2.1.“Zinātne un inovācijas”
Pasākuma numurs un nosaukums: 2.1.1. “Zinātne, pētniecība un attīstība”
Aktivitātes numurs un nosaukums: 2.1.1.1.aktivitāte "Atbalsts zinātnei un pētniecībai"

PROJEKTS Nr. 2010/0307/2DP/2.1.1.1.0/10/APIA/VIAA/078

Projekta nosaukums: ” Augstas jutības superplatjoslas radiolokācijas tehnoloģija” (LoTe)

Līguma noslēgšanas datums: 10.12.2010.g.

Projekta sākuma datums: 01.01.2011.g.

Projekta beigu datums: 31.12.2013.g.

EIROPAS REĢIONĀLĀS ATTĪSTĪBAS FONDA saņēmējs: Elektronikas un datorzinātņu institūts (EDI)

ZINĀTNISKĀ PĒTĪJUMA PROGRESU APLIECINOŠA DOKUMENTĀCIJA

Pārskata numurs Nr.10. par periodu no 01.09.2013.g līdz 31.12.2013.g.

Projekta zinātniskais vadītājs: Dr.sc.comp. Kārlis Krūmiņš

Projekta izpildītāju saraksts:
Vad pētn. Dr.sc.comp. Elmārs Beiners
Vad pētn. Dr.habil.sc.comp. Ēvalds Hermanis
Pētn. Dr.sc.comp. Valdis Kārkliņš
Pētn. Dr.sc.comp. Vladimirs Aristovs
Zin.asist. Arturs Seļivanovs
Zin.asist. Vilnis Pētersons
El.inž. Nikolajs Agafonovs
Progr.inž. Tamāra Laimiņa
Progr.tehn. Valdemārs Plociņš
Zin.asist. Gatis Šūpols

Saturs

Anotācija **3**

Ievads **3**

Rezultātu kopsavilkums **4**

1. Adaptīvo metožu pārbaude izmantojot sēriju viduvēšanu. 4
2. Komparatora ar mikrolīniju (aizkavi) dinamikas izpēte pielietojot strobsignāla formētāju uz tuneļdiodes 5
3. Pārveidotāja uz strobējama komparatora HMC 874 bāzes paštrokšņu, frekvenču joslas un dinamiskā diapazona izpēte. 7
4. 15 mkV radiolokatora elektriskās shēmas cipariskās daļas programmēšana un sajūgšana ar analogo daļu. 12
5. Jauna efektīvāka konkrētam pielietojumam adaptēta diskrētās stroboskopijas signālu atklāšanas metode – tālākās perspektīvas. 13
6. Jauna efektīvāka konkrētam pielietojumam adaptēta diskrētās stroboskopijas signālu precīzas reģistrācijas metode 14
7. Augstas jutības un izšķirtspējas superplatjoslas radiolokatora eksperimentālais paraugs. ... 15

Secinājumi: **15**

Pielikums 1 ..... **16**

Strobējams komparators ar aizkaves līniju **16**

Pielikums 2 ..... **21**

Jauna efektīvāka konkrētam pielietojumam adaptēta diskrētās stroboskopijas signālu atklāšanas metode – tālākās perspektīvas **21**

Pielikums 3. ..... **28**

Radiolokators slimnīcā **28**

Pielikums 4. ..... **31**

Ar projektu saistītās publikācijas, referāti konferencēs un izgudrojumi **31**

Anotācija

Pārskata periodā (01.09.2013 – 31.12.2013) tika veiktas sekojošas aktivitātes: adaptīvo metožu pārbaude izmantojot sēriju viduvēšanu; komparatora ar mikrolīniju (aizkavi) dinamikas izpēte pielietojot strobsignāla formētāju uz tuneļdiodes; pārveidotāja uz strobējama komparatora HMC 874 bāzes paštrokšņu, frekvenču joslas un dinamiskā diapazona izpēte; 15 mkV radiolokatora elektriskās shēmas cipariskās daļas programmēšana un sajūgšana ar analogo daļu; jauna efektīvāka konkrētam pielietojumam adaptēta diskrētās stroboskopijas signālu atklāšanas metode; jauna efektīvāka konkrētam pielietojumam adaptēta diskrētās stroboskopijas signālu precīzas reģistrācijas metode; augstas jutības un izšķirtspējas superplatjoslas radiolokatora eksperimentālais paraugs un radiolokatora eksperimentālā parauga pārbaužu protokols. Atskaitei pievienota arī populārzinātniska raksta kopija par elpošanas lokācijas iespējamiem pielietojumiem slimnīcā slimnieku elpošanas reģistrācijai no distances.

Ievads

Projekta izpildes laikā esam izstrādājuši jaunas efektīvas komparatora tipa stroboskopisko pārveidotāju signālu transformācijas metodes: *k-ud* metodi, *alfa-k-ud* metodi u.c. metodes. Šīs metodes atšķiras ar efektivitāti (ātrdabību) un praktiskās realizācijas ērtībām. Viena no metožu prasībām ir nepieciešamība darboties ar ļoti maziem kompensācijas sprieguma izmaiņu soļiem (1 mikrovolts vai pat mikrovolta daļas), kas pie visai lielā dinamiskā diapazona (25 mV maksimālais ieejas signāls pie jutības 15 mkV) prasa izmantot augstas kārtas (daudzbitu) ciparu analogos pārveidotājus. Lai varētu operēt ar lielākiem soļiem vienlaicīgi sasniedzot pieprasīto jutību 15 mkV tika veikts pētījums par sēriju viduvēšanas pielietojuma efektivitāti. Pētījuma rezultātā tika noskaidroti soļu lielumi un optimālās metožu konstantes dažādam viduvējamo sēriju skaitam.

Jau iepriekšējā projekta izpildes etapā zināmā mērā apstiprinājās hipotēze, ka komparatoram ar aizkaves līniju, salīdzinājumā ar komparatoru bez aizkaves līnijas, varētu būt tehniska priekšrocība – mazāka sadarbība starp komparatora tuneļdiodēm un strobējošo tuneļdiodi. Tāpēc šajā etapā tika veikti detalizēti pētījumi šīs priekšrocības Izmantošanas iespējām. Iegūtie rezultāti bija par pamatu iesniegt Latvijas Patentu valdē izgudrojuma pieteikumu, par ko ir saņemts Latvijas patents Nr. 14803.

Pārveidotāja uz strobējama komparatora HMC 874 bāzes paštrokšņu, frekvenču joslas un dinamiskā diapazona izpēte veikta lai šāda tehniskā risinājuma rezultātus salīdzinātu ar komparatora uz tuneļdiožu bāzes īpašībām. Šis pētījums veikts ar mērķi izpētīt iespējas radiolokatora uztvērējiekārtā tuneļdiodes, kas ir visai deficīts elements, tālākā perspektīvā aizstāt ar mikroshēmu, kas nav deficīta un pie tam, iespējams, nodrošina pārveidotājam labākus parametrus.

15 mkV radiolokatora elektriskās shēmas cipariskās daļas programmēšana un sajūgšana ar jau agrāk izstrādāto analogo daļu veikta lai pabeigtu uztvērējiekārtas eksperimantālā parauga izstrādi.

Saskaņā ar projekta plānojumu bija paredzēts izstrādāt jaunu efektīvāku konkrētam pielietojumam adaptētu diskrētās stroboskopijas signālu atklāšanas metodi. Šādas metodes izstrāde bija paredzēta lai ar lielu ātrdarbību (t.i. ar relatīvi mazu strobu skaitu) varētu atklāt pētāmās vides anomālijas, piemēram, izskalojumu zem ceļa seguma, kas ceļa ekspluatācijas laikā var iebrukt un izraisīt satiksmes avāriju. Pēc anomālijas atklāšanas radiolokatoru var pārslēgt signāla precīzās reģistrācijas režīmā un veikt detalizētu anomālijas izpēti. Šai sakarā ir izstrādāta arī signālu precīzās reģistrācijas metode divos variantos, kas nosaukti attiecīgi par *Dudc* metodi un *RMudc* metodi..

Apvienojot vienā konstrukcijā radiolokatora raidītāju un uztvērēju var teikt, ka ir izstrādāts augstas jutības un izšķirtspējas superplatjoslas radiolokatora eksperimentālais paraugs. Eksperimentālā parauga metroloģisko pārbaužu rezultāti fiksēti pārbaudes protokolā.

Rezultātu kopsavilkums

1. Adaptīvo metožu pārbaude izmantojot sēriju viduvēšanu.

Pētījumā tika izmantota sēriju (izvēršu) viduvēšana. Pētījuma mērķis bija noteikt minimālo strobēšanas operāciju skaitu s metodei [1] pie nosacījumiem, ka izejas trokšņa vidējā kvadrātiskā vērtība nedrīkst pārsniegt 15 mkV pie ieejas signālu maskējošā trokšņa vidējās kvadrātiskās vērtības 271 mkV. Pie tam pārveidotāja dinamiskais diapazons nedrīkst būt mazāks par 65 dB un signāla formas kropļojumu koeficients σ_f nedrīkst pārsniegt 0,05. Šo kropļojumu koeficientu aprēķina pēc formulas

$$\bar{\sigma}_f = \frac{1}{A_1}\sqrt{\frac{1}{n_T}\sum_{i=1}^{n_T}(u_{1i}^2 - u_{2i}^2)} \qquad (1)$$

kur A_1 ir pārveidojamā signāla u_1 amplitūda, u_2 - pārveidotais signāls, n_T - fāzes punktu skaits uz signāla periodu T , kuros tiek mērītas signāla momentānās vērtības. Indekss i apzīmē fāzes punkta kārtas skaitli.

Pētījums tika veikts ar datormodelēšanas palīdzību. Stroboskopiskai pārveidošanai izmantotās s metodes parametri tika piemeklēti tā, lai pie iespējami mazāka strobēšanas operāciju skaita katrā fāzes punktā pēc sēriju viduvēšanas izpildītos augstāk minētie pārveidojuma kvalitātes nosacījumi. Iegūtie modelēšanas rezultāti apkopoti Tab. 1.

Tab. 1

n_{izv}	n_{min}	s_0	k	$n_{izv} \cdot n_{min}$
1	211	0.037	97	211
2	120	0.075	55	240
4	69	0.120	63	276

Ar n_{izv} apzīmēts viduvējamo sēriju skaits, ar n_{min} - atrastais minimālais strobēšanas operāciju skaits katrā fāzes punktā. Solis s_0 un koeficients k ir s metodes parametri. Vēl viens s metodes parametrs – koeficients r visiem variantiem bija vienāds ar 2. Pētījumā tiek izmantota normēta ieejas trokšņa vidējā kvadrātiskā vērtība $\sigma_1 = 1$. Amplitūda A_1 un solis s_0 tiek mērīti σ_1 vienībās. Tabulā apkopotie rezultāti iegūti pie mazas signāla amplitūdas $A_1 = 1$, jo adaptīvo metožu īpatnība ir tāda, ka pie relatīvi lielas signāla amplitūdas (25 mV) pārveidojuma rezultāta pieļaujamo kropļojumu kritēriju ir vieglāk nodrošināt nekā pie mazas amplitūdas.

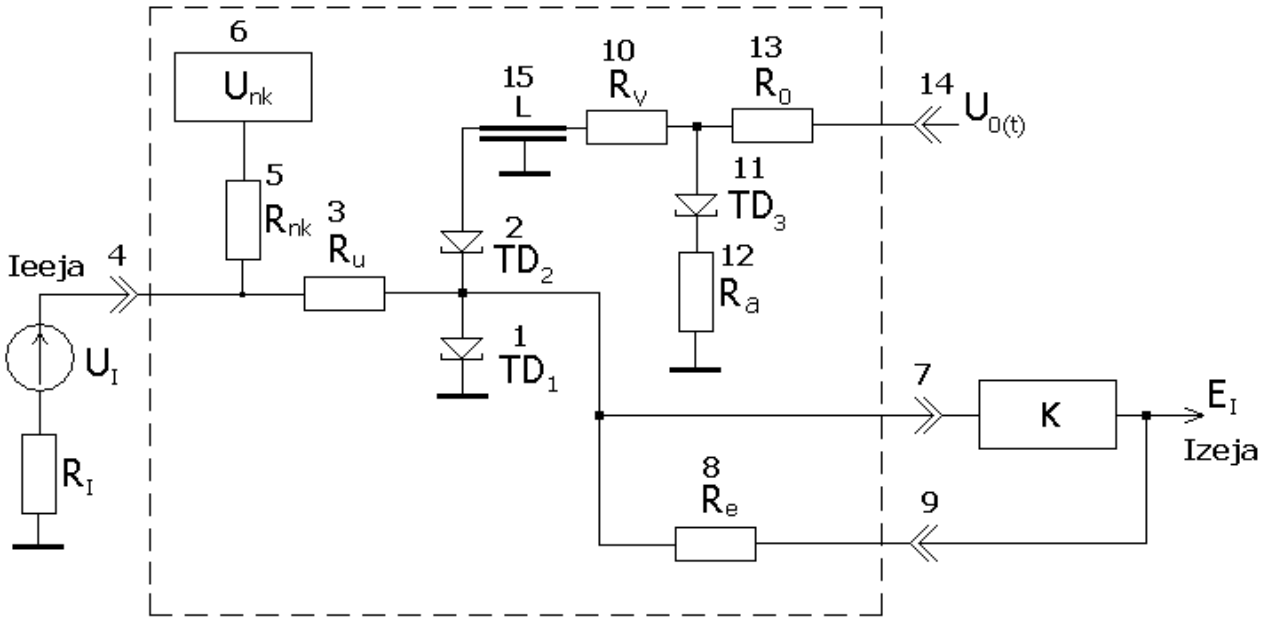
No rezultātiem redzams, ka palielinot viduvējamo izvēršu skaitu n_{izv} tik tiešām ir pieļaujamas lielākas soļa s_0 vērtības, taču vienlaikus pieaug kopējais strobēšanas operāciju skaits $n_{izv} \cdot n_{min}$, t.i. samazinās stroboskopiskā pārveidotāja ātrdarbība. Līdzīgus rezultātus - kopējā strobu skaita pieaugumu, uzrādīja arī *k-ud* metode un *alfa-k-ud* metode. Tātad ar troksni maskēta signāla pārveidošanai komparatora tipa stroboskopijas pielietojums "tīrā" veidā augstu jutību nodrošina ar lielāku ātrdarbību nekā pārveidošana pie tādas pat jutības, bet izmantojot viduvēšanas operācijas.

Literatūra:

1. V. Karklin'sh and K. Krumin'sh. Adaptive Methods in Discrete Stroboscopy. Automatic Control and Computer Sciences, 2010, Vol. 44, No. 5, p. 266–271.

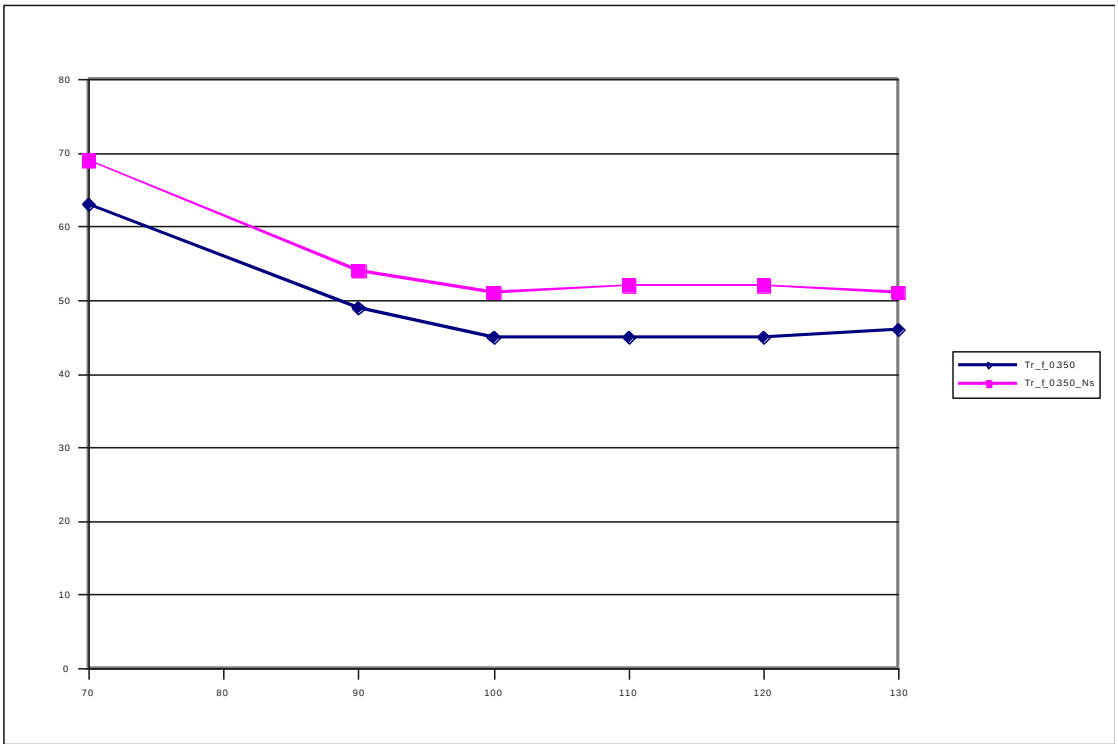
2. Komparatora ar mikrolīniju (aizkavi) dinamikas izpēte pielietojot strobsignāla formētāju uz tuneļdiodes

Strobējamiem komparatoriem, kas būvēti gan uz tranzistoru, gan uz tuneļdiožu bāzes pie relatīvi lēzenām strobimpulsa frontēm stroboskopiskā pārveidotāja pārejas raksturlīknes kāpuma laiki pozitīvas un negatīvas polaritātes testsignāliem ir atšķirīgi. Ja vienas polaritātes testsigālam pārejas raksturlīknes kāpuma laiks palielinās līdz ar strobsignāla frontes pagarināšanos, tad otras polaritātes testsignālam pārejas raksturlīknes kāpuma laiks samazinās. Pie tam šīs atšķirības ir lielākas, jo lielāka ir testsignāla sprieguma lēciena amplitūda. Tas nozīmē ka abos gadījumos pārveidotāja pārejas raksturlīknes kāpuma laiks ir nepatiess lielums un līdz ar to tas rada mērījuma kļūdu ātras frontes signāliem. Tuneļdiožu komparatora gadījumā tika izvirzīta un arī pārbaudīta hipotēze, ka šis efekts ir saistīts ar komparatora tuneļdiožu un strobējošās tuneļdiodes sadarbību. Komparatora tueneļdiodēm slēdzoties tās slogo strobējošo tuneļdiodi un bremzē tās pārslēgšanos. Tika izvirzīta un pārbaudīta hipotēze, ka ieslēdzot starp strobējošo tuneļdiodi un komparatora diodēm aizkaves līniju, diožu sadarbību varētu novērst. Piedāvātajā tehniskajā risinājumā strobējošai tuneļdiodei TD3 pārslēdzoties tā tiek slogota ar strobsignāla ķēdes pretestību Rv un tālāk tai sekojošo līnijas viļņu pretestību ρ (sk. Zīm. 1.).



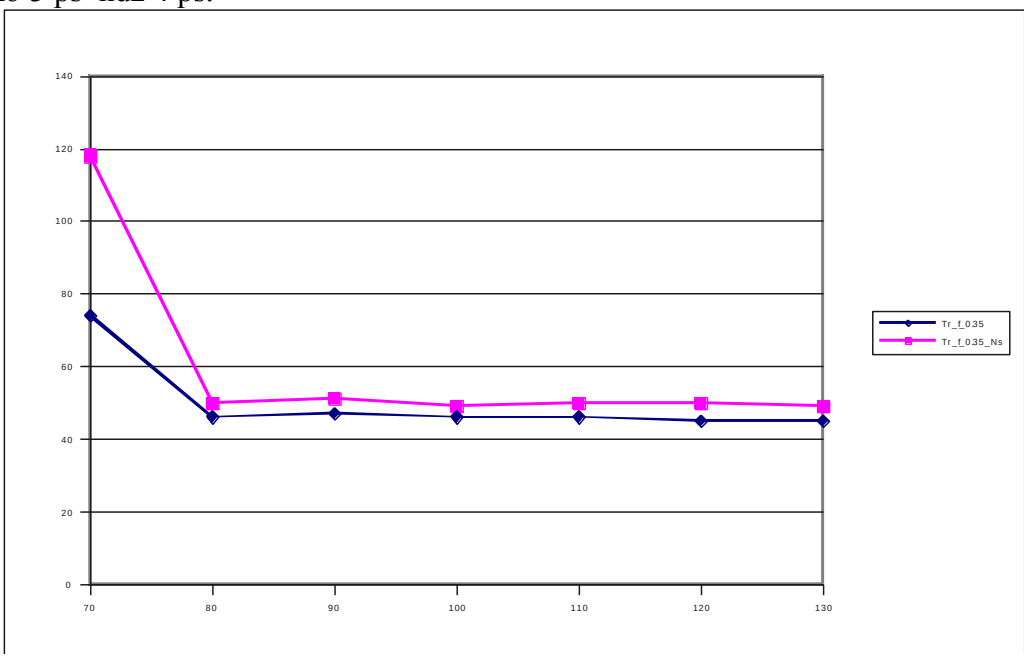
Zīm. 1. Komparatora ar aizkaves līniju elektriskā shēma.

Strobsignāla sprieguma lēciens uz komparatora tuneļdiodēm TD1 un TD2 nonāk tikai pēc aizkaves τ, ko nosaka līnijas garums. Pēc tam komparatora tuneļdiožu slēgšanās reakcija izplatās atpakaļ pa aizkaves līniju un uz strobējošo tuneļdiodi nonāk arī pēc aizkaves laika τ. Tā kā strobējošā tuneļdiode pa šo laiku jau ir pārslēgusies, tad nekāda sadarbība starp komparatora diodēm un strobējošo tuneļdiodi vairs nav iespējama. Bez pārveidotāja kāpuma laiku atšķirību samazinājuma šis tehniskais risinājums paplašina arī pretestības R0 strobējošās tuneļdiodes palaišanas ķēdē pielaižu diapazonu un ļauj kā strobējošo izmantot mazākas jaudas tuneļdiodi. Tas samazina strobsignāla formētāja ķēdes strāvas patēriņu proporcionāli strobējošās tuneļdiodes pīķa strāvai. Augstāk minēto īpašību ilustrācijai Zīm. 2. parādīta pārveidotāja pārejas raksturlīknes kāpuma laiku atkarība no pretestības R0 palaišanas impulsa ķēdē komparatoram bez aizkaves līnijas pozitīvam un negatīvam testsignālam. Kā strobējošā izmantota 10 mA tuneļdiode, palaišanas impulsa fronte T0=0,32 ns, Ra=10 Om, R0 =ρ=30 Om. No iegūtiem rezultātiem redzams, ka pārejas raksturlīknes kāpuma laiki nostabilizējas pie R0 =100 Om. Pārejas raksturlīknes kāpuma laiku starpība pozitīvam un negatīvam testsignālam pieļaujamo R0 pielaižu diapazonā tika iegūta aptuveni vienāda ar 7 ps.



Zīm.2. Pārveidotāja pārejas raksturlīknes kāpuma laiku atkarība pozitīvam testsignālam (apakšējā līkne) un negatīvam testsignālam (augšējā līkne) komparatoram bez aizkaves līnijas.

Salīdzinājumam Zīm. 3. parādīta pārejas raksturlīknes kāpuma laiku atkarība komparatoram ar aizkaves līniju pie tiem pašiem nosacījumiem. No iegūtiem rezultātiem redzams, ka pārejas raksturlīknes kāpuma laiki nostabilizējas jau pie R0 =80 Om. Pārejas raksturlīknes kāpuma laiku starpība pozitīvam un negatīvam testsignālam pieļaujamo R0 pielaižu diapazonā tika iegūta aptuveni no 3 ps līdz 4 ps.



Zīm.3. Pārveidotāja pārejas raksturlīknes kāpuma laiku atkarība pozitīvam testsignālam (apakšējā līkne) un negatīvam testsignālam (augšējā līkne) komparatoram ar aizkaves līniju.

Tā kā šis tehniskais risinājums ir jauns un ar pozitīvu efektu (paplašinās pretestības R0 komparatora palaišanas impulsa ķēdē pielaižu diapazons, samazinās pārejas raksturlīknes kāpuma laiku starpība pozitīvam un negatīvam testsignālam un komparatorā var lietot mazākas jaudas

strobējošo tuneļdiodi) tas tika noformēts kā izgudrojuma pieteikums un iesniegts Latvijas Patentu valdē. Par izgudrojumu saņemts Latvijas patents Nr. 14803. Izgudrojuma aprakstu skat. Pielikumā 2.

3. Pārveidotāja uz strobējama komparatora HMC 874 bāzes paštrokšņu, frekvenču joslas un dinamiskā diapazona izpēte.

Frekvenču joslas izpēte notika izmantojot pārveidotāja uz komparatora HMC 874 bāzes pārejas raksturlīknes pierakstu. Komparatora plate attēlota Foto 1., pārveidotāja plate – Foto 2. Lai iegūtu pārveidotāja pārejas raksturlīkni uz pārveidotāja ieeju kā testsignāls tika padots ar tuneļdiodi un īsi slēgtu līniju formēts taisnstūra impulss. Testsignāla formētāja plate attēlota Foto 3. Impulsa frontes tika izmērītas ar reālā laika oscilogrāfu Tektronix DPO 70604, kura joslas platums ir 6 GHz. Pēc tam šis testsignāls tika reģistrēts ar pārveidotāju uz komparatora HMC 874 bāzes. Abi pieraksti attēloti Zīm. 1.

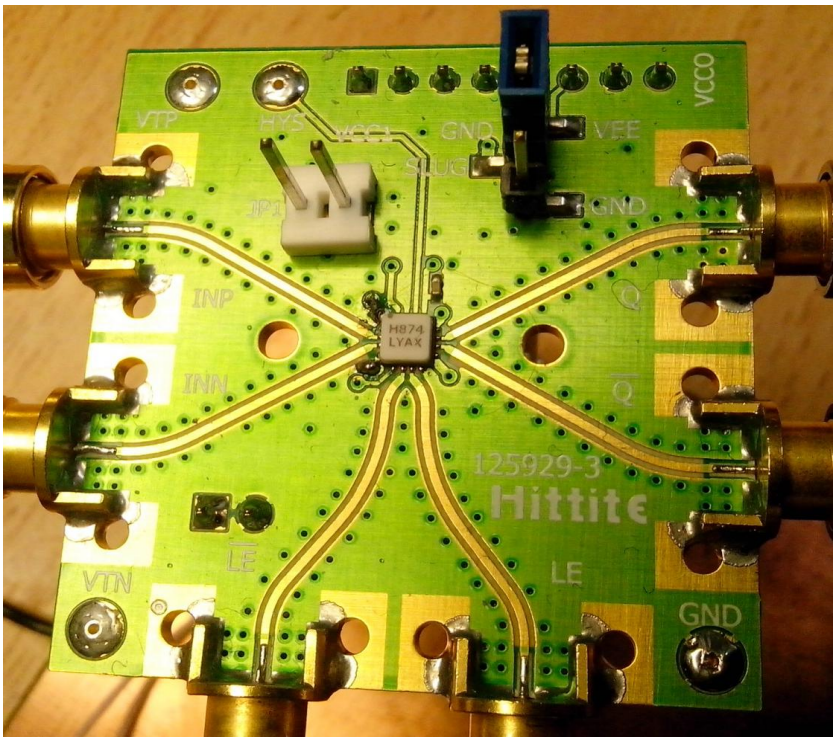
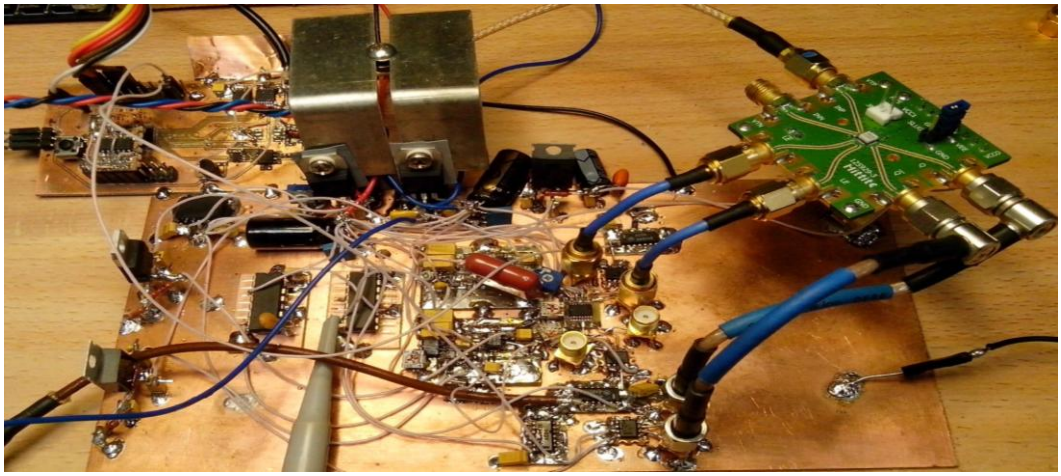


Foto 1. Komparatora HMC 874 plate.


Foto 2. Uz komparatora HMC 874 būvētā pārveidotāja plate.

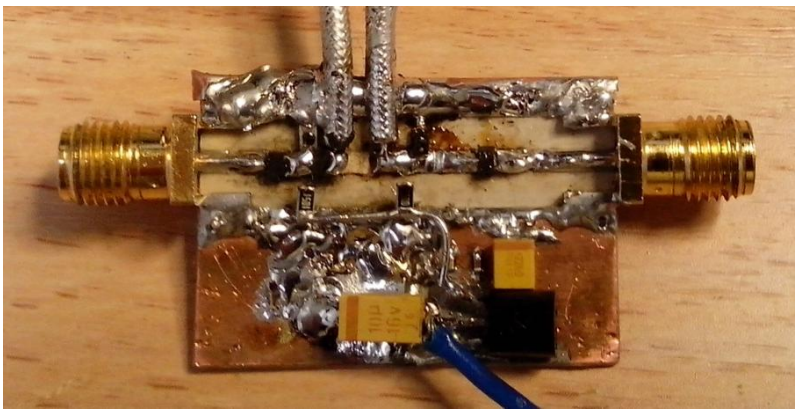
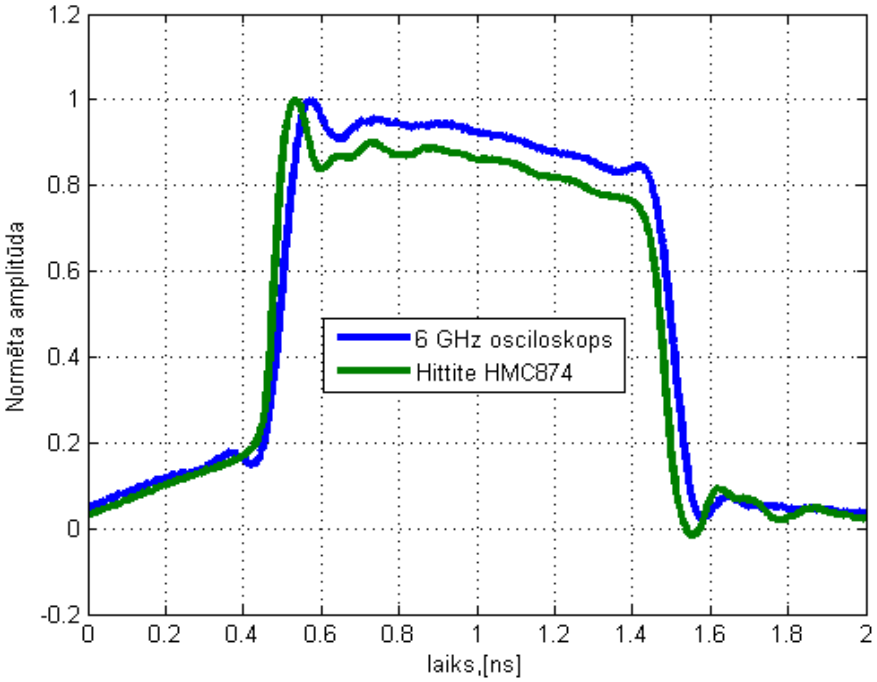


Foto 3. Testsignāla formētāja plate.

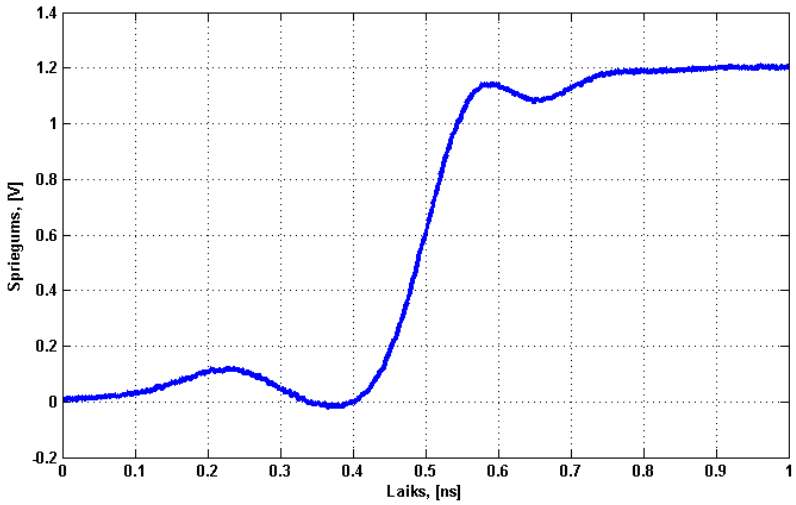


Zīm. 1. Ar oscilogrāfu Tektronix DPO 70604 un pārveidotāju uz komparatora HMC 874 bāzes pierakstītais testsignāls.

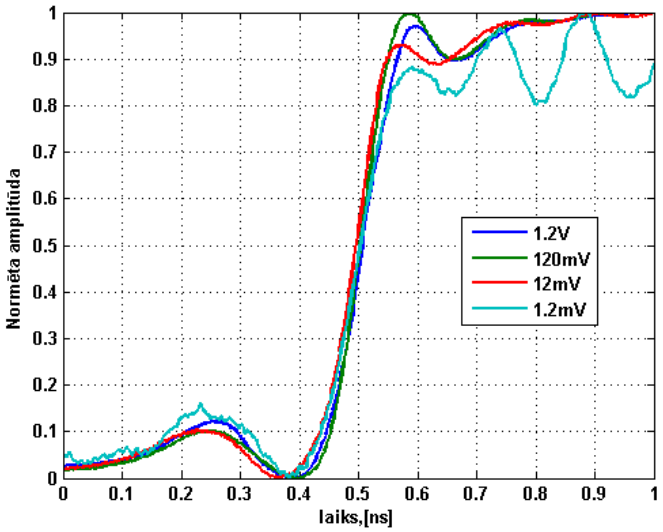
No pierakstiem redzams, ka abu pārveidojumu rezultātu frontes praktiski neatšķiras. Tas nozīmē, ka pārveidotājam uz komparatora bāzes frekvenču josla arī ir aptuveni 6 GHz. Dotajā projektā radiolokatora uztvērējiekārtas pārveidotājam bija jānodrošina pārejas raksturlīknes kāpuma laiks ne sliktāks par 100 ps, kas atbilst frekvenču joslai 3,5 GHz. Tātad pārveidotāja uz komparatora HMC 874 bāzes frekvenču josla gandrīz divas reizes pārsniedz projektā pieprasīto.

Lai noskaidrotu pārveidotāja uz komparatora HMC 874 bāzes dinamisko diapazonu tika izgatavots divkaskādu sprieguma lēciena formētājs uz SRD diodēm. Formētāja izejas sprieguma lēciens, kas reģistrēts ar 6 GHz oscilogrāfu attēlots Zīm. 2.

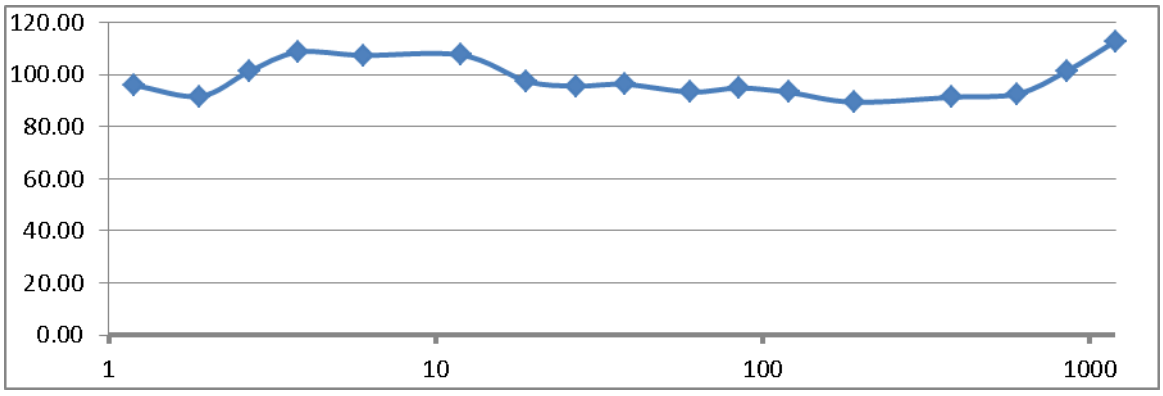
Zīm. 2. redzams, ka sprieguma lēciena fronte ir aptuveni 100 ps un amplitūda aptuveni 1,2 V. Lai noskaidrotu pārveidotāja dinamisko diapazonu šis sprieguma lēciens, pakāpeniski palielinot tā amplitūdu no 1,2 mV līdz 1,2 V, tika padots uz pārveidotāja ieeju un kontrolēta pārveidotāja izejas signāla fronte. Pārveidotāja normētie izejas signāli parādīti Zīm. 3., bet izejas signālu kāpuma laiku atkarība no testsignāla amplitūdas parādīta Zīm. 4.



Zīm. 2. Sprieguma lēciena formētāja izejas signāls, kas reģistrēts ar 6 GHz oscilogrāfu.



Zīm. 3. Normētie pārveidotāja izejas signāli pie dažādām testsignāla amplitūdām.



Zīm. 4. Pārveidotāja izejas signāla frontes garuma atkarība no testsignāla amplitūdas.

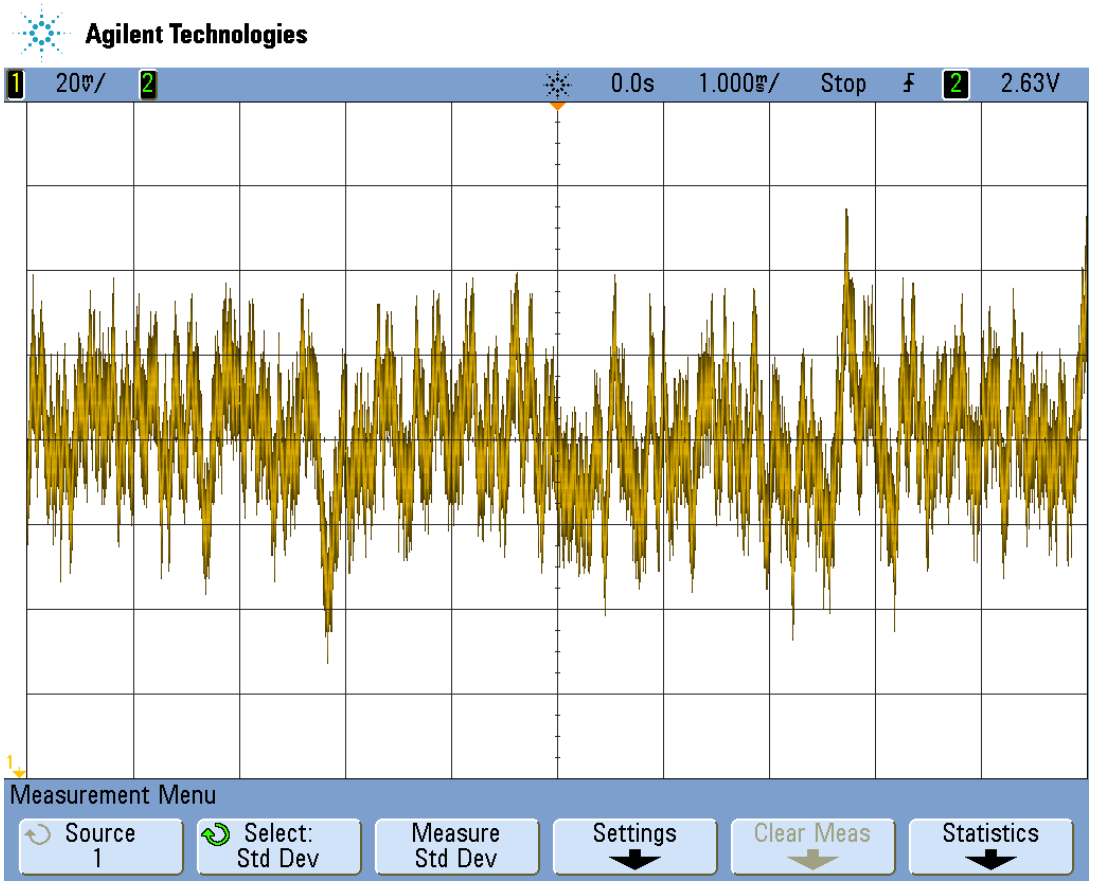
No iegūtiem rezultātiem redzams, ka pārveidotāja uz komparatora HMC 874 bāzes dinamiskais diapazons sastāda aptuveni 1000 mV.

Komparatora HMC 874 paštrokšņu līmenis tika novērtēts komparatoru pārveidotājā darbinot *"up-and-down"* režīmā. Pārveidotajā tika iestādīts kompensācijas solis *s*=20 mkV un veikts trokšņu celiņa pieraksts (sk. Zīm. 5). Šajā pierakstā vienas rūtiņas vērtība pa Y-asi bija 100 mkV. Līdz ar to visa trokšņu celiņa platumu var novērtēt vienādu ar 4,5 rūtiņām, t.i. 450 mkV. Zināms, ka

platjoslīga trokšņa vidējā kvadrātiskā novirze sastāda 4-5 σ_2 [1]. Aprēķiniem izmantojot vidējo no šīm vērtībām, iegūstam, ka dotā pieraksta trokšņu vidējā kvadrātiskā novirze ir σ_2=100 mkV. Zinot sakarību, kāda "up-and-down" metodei izpildās starp komparatora paštroksni σ_1, kompensācijas soļa lielumu s un trokšņa pārveidojuma vidējo kvadrātisko novirzi σ_2, varam aprēķināt komparatora paštrokšņa vidējo kvadrātisko novirzi σ_1:

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_2^2 - 0.25s^2}{0.625s}. \qquad (1)$$

Mūsu gadījumā iegūstam, ka komparatora paštroksnis ir 800 mkV.



Zīm. 5. Pārveidotāja uz komparatora HMC 874 bāzes trokšņu celiņa pieraksts.

Salīdzinājumam tika veikta komparatora uz tranzistoru BFP420F trigera bāzes veidota pārveidotāja dinamiskā diapazona eksperimentālā izpēte. Komparatora elektriskā shēma parādīta Zīm. 6. Visu rezistoru pretestības ir R1=R2=R3=25 Om.

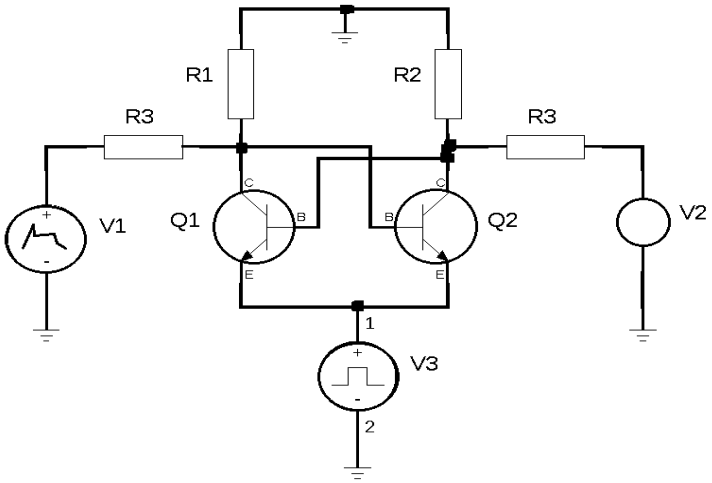
Kā testsignāla avots tika izmantots sprieguma lēciena formētājs И1-12 ar testsignāla frontes garumu τ_r=50 ps un sprieguma lēciena amplitūdu 200 mV. Šis sprieguma lēciens tika diskrēti vājināts ar SAF vājinātāju palīdzību un padots uz pārveidotāja ieeju. Lai kontrolētu rūpnieciski izgatavotā formētāja signāla kvalitāti šis signāls tika reģistrēts ar reālā laika oscilogrāfu Tektronix DPO 70604, kura joslas platums ir 6 GHz. Šāda oscilogrāfa pārejas raksturlīknes kāpuma laiku nanosekundēs var aprēķināt pēc formulas

$$\tau_r = 0.35/F, \qquad (2)$$

kur

F – oscilogrāfa frekvenču josla 6 GHz;

No šejienes iegūstam, ka oscilogrāfa pārejas raksturlīknes kāpuma laiks τ_r ir 0,058 ns vai izsakot pikosekundēs τ_r = 58 ps.

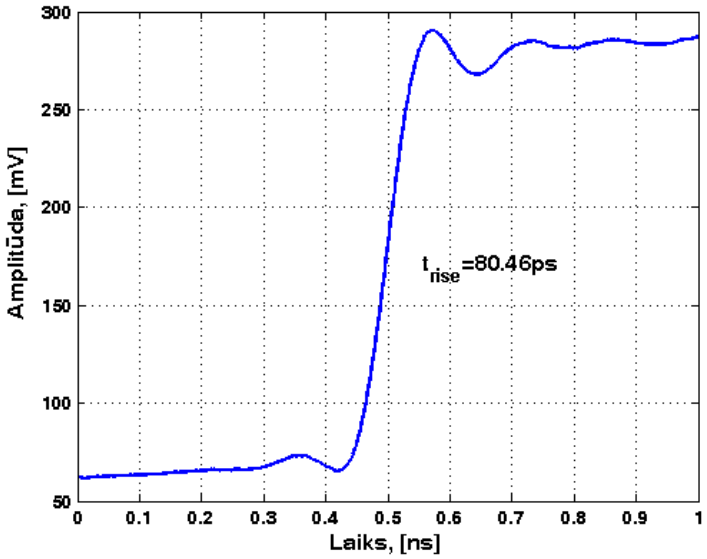


Zīm. 6. Uz tranzistoru BFP420F bāzes būvētā komparatora elektriskā shēma.

Ar doto oscilogrāfu reģistrētais signāls attēlots Zīm. 7. No šī pieraksta tika noteikts, ka reģistrētā signāla kāpuma laiks ir t_{Σ} = 80,46 ps. Pārrēķinot pēc kvadrātu formulas

$$t_r = \sqrt{t_{\Sigma}^2 - \tau_r^2}\ , \qquad (3)$$

iegūstam, ka testsignāla frontes kāpuma laiks ir t_r = 55,76 ps. Var teikt, ka tas mērījuma kļūdas robežās atbilst aparāta pasē uzdotajam testsignāla kāpuma laikam 50 ps.

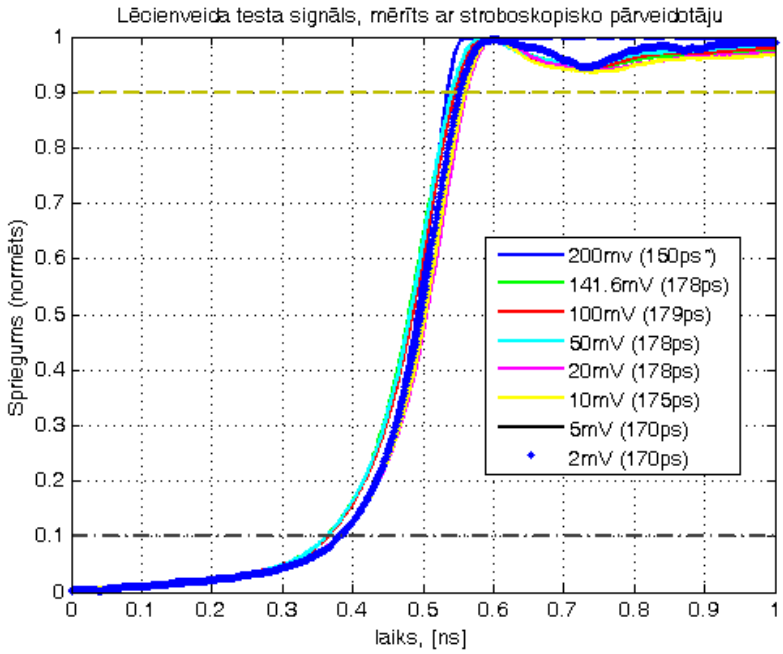


Zīm. 7. Ar 6 GHz oscilogrāfu Tektronix DPO 70604 reģistrētais testsignāls.

Zīm.8. ir parādīti ar pārveidotāju, kas būvēts uz tranzistoru trigera bāzes iegūtie normētie pārveidotāja pārejas raksturlīknes pieraksti. Zīmējumā iekļautajā tabulā paradītas testsignāla amplitūdas un attiecīgie izmērītie pārejas raksturlīknes kāpuma laiki. No iegūtiem rezultātiem redzams, ka līdz amplitūdai 141,6 mV pārejas raksturlīknes kāpuma laiki paliek praktiski nemainīgi (mainās no 170 ps līdz 178 ps), bet pie amplitūdas 200 mV kāpuma laiks samazinās līdz 150 ps, kas ir nepatiess rezultāts nelineāro kropļojumu dēļ. Bez tam pie 200 mV pārejas raksturlīknes virsa ir plakana, kas arī ir nelineārs kropļojums. Līdz ar to droši var apgalvot, ka pārveidotāja uz tranzistoru trigera bāzes dinamiskais diapazons ir aptuveni ±140 mV. Salīdzinājumam: uz datormodeļa pārveidotāja uz 10 mA tuneļdiožu bāzes veiktie pētījumi uzrādīja dinamisko diapazonu līdz ±60 mV pie pārejas raksturlīknes kāpuma laika 64 ps pozitīvam testsignālam un 66 ps negatīvam

testsignālam. Fizikālie eksperimenti šādam pārveidotājam uzrādīja ±50 mV dinamisko diapazonu un pārejas raksturlīknes kāpuma laiku aptuveni 80 ps.

No iegūtajiem rezultātiem var secināt, ka uz komparatora HMC 874 bāzes būvētais pārveidotājs frekvenču joslas ziņā pārsniedz uz diskrētiem elementiem būvēto komparatoru – tuneļdiožu komparatora un tranzistoru BFP420F komparatora pārveidotāju frekvenču joslu. Arī dinamiskā diapazona ziņā pārveidotājs uz HMC 874 bāzes ievērojami pārsniedz tuneļdiožu un tranzistoru komparatoru dinamiskos diapazonus. Savukārt paštokšņu ziņā komparatora HMC 874 paštroksnis (800 mkV) aptuveni trīs reizes pārsniedz tuneļdiožu komparatora paštroksni (271 mkV).



Zīm. 8. Uz tranzistoru trigera bāzes būvētā pārveidotāja normētās pārejas raksturlīknes pie dažādām testsignāla amplitūdām.

Literatūra:

[1] Радиотехнические цепи и сигналы. http://gendocs.ru/v11983/?cc=2

4. 15 mkV radiolokatora elektriskās shēmas cipariskās daļas programmēšana un sajūgšana ar analogo daļu.

Radiolokatora cipariskajā daļā ir sastādītas programmas, kas realizē dažādu signāla pārveidošanas metožu (*up-and-down* metodes, *udc* metodes, *k-ud* metodes un *RMudc* metodes) darbību. Metožu darbība un īpašības ir aprakstītas vairākās publikācijās. Cipariskās daļas programmas sajūgšana ar analogo daļu nozīmē eksperimentāli noteikt atsevišķo analogās daļas mezglu aizkaves un cipariskajā daļā iestādīt tādas aizkaves lai cipariskā komanda netiktu padota pirms analogā daļa ir gatava to pieņemt. Līdzīgi cipariskajā daļā tika iestādītas aizkaves signālu savlaicīgai saņemšanai no analogās daļas.

Pārskata periodā tika sastādītas un instalētas programmas informācijas vizualizācijai uz indikācijas bloka ekrāna. Indikācijas bloks sastāv no ekrāna un ekrāna apkalpošanas mikroprocesora. Sastādīta programma ekrāna rūtiņu un rūtiņas iedaļu zīmēšanai, lokatora režīma slēdžu stāvokļa uzrakstu indicēšanai un lokācijas signāla attēlošanai.

5. Jauna efektīvāka konkrētam pielietojumam adaptēta diskrētās stroboskopijas signālu atklāšanas metode – tālākās perspektīvas.

Signālu atklāšanas metode ir izklāstīta šī projekta atsevišķā dokumentā ar nosaukumu *"Jaunas efektīvākas konkrētam pielietojumam adaptēta diskrētās stroboskopijas signālu transformācijas metode – signālu atklāšanas metode"*. Saskaņā ar projekta uzdevumu ir izstrādāts UWB radiolokators ar uztvērējiekārtas jutību 15 mkV (RMS) un pārejas raksturlīknes kāpuma laiku 100 ps, kas atbilst frekvenču joslai līdz 3,5 GHz. Līdz ar to šāda veida radiolokatoru var pielietot visos tajos gadījumos, kad nepieciešama frekvenču josla līdz 3,5 GHz pie tam papildus nodrošinot augstu radiolokatora jutību. Ir zināms, ka UWB radiolokatorus ar antenu centrālo frekvenci robežās no 0,9 GHz līdz 1,6 GHz izmanto ceļu segumu, betona konstrukciju un tiltu segumu kontrolei [1] kā arī dzīvības detektēšanai, piemēram, aiz mājas sienas [2] vai zem gruvešiem. Dotā projekta ietvaros izstrādātā radiolokatora frekvenču josla pārklāj augstāk minēto frekvenču diapazonu, kas aptuveni ir vienāds ar divkāršu antenas centrālo frekvenci. No šejienes izriet iespējamie izstrādātā radiolokatora un signālu atklāšanas metodes pielietojumi - ceļu segumu, betona konstrukciju un tiltu segumu kontrole un dzīvības detektēšana aiz necaurredzama šķēršļa.

Metodes mērķis bija palielināt anomāliju atklāšanas ātrdarbību saglabājot augstu jutību. Pēc tam, kad anomālija ir atklāta radiolokatoru var pārslēgt signālu precīzās reģistrācijas režīmā un veikt nepieciešamās signālapstrādes darbības, piemēram, anomāliju identificēšanu. Ātrdarbības dēļ no augstāk minētajiem radiolokatora iespējamiem pielietojumiem signālu atklāšanas metode visefektīvāk būtu izmantojama dažādu anomāliju atklāšanai zem ceļu segumiem: ceļu seguma neviendabību atklāšanai, attālumu līdz gruntsūdeņu līmenim noteikšanai, ūdens izplūdumu no bojātām caurulēm un ūdens izskaloto tukšumu noteikšanai, komunikāciju atrašanās vietas zem ceļu segumiem atklāšanai.

Jāatzīmē, ka nav problēmu izstrādātā radiolokatora frekvenču joslu sašaurināt uz zemo frekvenču pusi izmantojot lēnākas darbības tuneļdiodes. Pārveidotāja pārejas raksturlīknes kāpuma laiku t_r un tuneļdiožu kapacitāti C saista sakarība:

$$t_r = C\sqrt{2\pi\left(R_1^2 + R_2^2\right)}. \qquad (1)$$

kur

R_1 un R_2 – tuneļdiožu voltampēru raksturlīkņu diferenciālās pretestības attiecīgi raksturlīknes sākuma punktā un krītošā zara stāvākajā daļā.

Savukārt pārveidotāja frekvenču joslu F un pārveidotāja pārejas raksturlīknes kāpuma laiku t_r saista sakarība:

$$F = 0.35/t_r\ . \qquad (2)$$

No izteiksmēm (1) un (2) redzams, ka palielinot tuneļdiožu kapacitāti divas reizes pārejas raksturlīknes kāpuma laiks arī palielinās divas reizes, bet frekvenču josla attiecīgi divas reizes sašaurinās. Tātad mūsu pārveidotājā pielietojot divreiz lēnākas tuneļdiodes pārveidotāja centrālā frekvence pazeminātos līdz aptuveni 800 MHz. Kā zināms, radiolokatorus ar centrālo frekvenci no 400 MHz līdz 900 MHz izmanto betona kvalitātes un augsnes pētījumos kā arī arheoloģiskos meklējumos [1]. Līdz ar to mūsu projekta rezultātus iespējams izmantot arī šajos gadījumos.

Izstrādātā signālu atklāšanas metode, saglabājot pārveidotājam 15 μV jutību, ļauj samazināt strobu skaitu no 270 strobiem pārveidotājam darbojoties vidējas precizitātes režīmā līdz 40 strobiem atklāšanas režīmā. Pie tam maksimālās amplitūdas (mūsu gadījumā 25 mV) praktiski netiek kropļotas. Mazas amplitūdas (ap 270 μV) signāliem amplitūdas kropļojumi sastāda aptuveni 30%.

Pielikumā 1 ir ieskicētas signālu atklāšanas ātrdarbības uzlabošanas tālākās perspektīvas. Tiek pētīta ar komparatora tipa stroboskopisko pārveidotāju pārveidotā signāla papildapstrāde pielietojot konvolūciju ar etalonu. Vispārīgā gadījumā ar konvolūciju saprot vienas elementu secības pārveidošanu otrā secībā saskaņā ar kādu noteiktu algoritmu. Mūsu gadījumā pārveidojamā "elementu secība" ir stroboskopiski pārveidotais signāls, bet kā etalons kalpo radiolokatora antenas

izstarotā signāla modelis. Pētījumā izmantoti divu veidu UWB lokācijas signālu modeļi – rimstoša harmoniska svārstība

$$u_{si} = A_s \exp(0.048\,(i-1))\sin(2\pi\,(i-1)/n_T\,,\quad i = 1,2,\ldots,4\,n_T\,. \tag{3}$$

un monosvārstība

$$u_s = \begin{cases} 1.5424 A_1 (\sin(\pi i/n_T))^2 \sin(2\pi i/n_T), & ja\ \ 0 \le t \le T \\ 0, & ja\ \ t > T \end{cases}. \tag{4}$$

Saglabājot to pašu signāla/trokšņa attiecību kā signālu atklāšanas metodē bez konvolūcijas, pielietojot papildapstrādi ar konvolūciju nepieciešamais strobu skaits samazinās no 40 līdz 10. Taču tas prasa ievērojami sarežģītāku signālapstrādi un nedaudz samazina radiolokatora izšķiršanas spēju (par etalonsignāla platumu).

6. Jauna efektīvāka konkrētam pielietojumam adaptēta diskrētās stroboskopijas signālu precīzas reģistrācijas metode

Signālu precīzās reģistrācijas metode ir izklāstīta šī projekta atsevišķā dokumentā ar nosaukumu *"Jaunas efektīvākas konkrētam pielietojumam adaptēta diskrētās stroboskopijas signālu transformācijas metode – signālu precīzas reģistrācijas metode"*. Saskaņā ar projekta uzdevumu ir izstrādāts UWB radiolokatora eksperimentālais paraugs ar uztvērējiekārtas - stroboskopiskā pārveidotāja jutību $\sigma_2 = 15\,\mu V$ un pārejas raksturlīknes kāpuma laiku 100 *ps*, kas atbilst frekvenču joslai $3.5\,GHz$. Līdz ar to šāda veida radiolokatorus var pielietot visos tajos gadījumos, kad nepieciešama frekvenču josla līdz $3.5\,GHz$ pie tam papildus nodrošinot augstu radiolokatora jutību.

Ir zināms, ka UWB radiolokatorus ar antenu centrālo frekvenci robežās no $0.9\,GHz$ līdz $1.6\,GHz$ izmanto ceļu segumu, betona konstrukciju un tiltu segumu kontrolei nodrošinot zondēšanas dziļumu līdz $0.5\,m$ [1], kā arī dzīvības detektēšanai aiz mājas sienas [2]. Projekta ietvaros tika izstrādāta signālu atklāšanas metode, kas spēj atklāt no mērķa atstaroto signālu ar visai mazu strobu skaitu pie tam saglabājot $15\,\mu V$ jutību. Pēc tam, kad mērķis ir atklāts, radiolokatoru var pārslēgt signālu precīzās reģistrācijas režīmā un veikt mērķa identifikāciju vai kādus citus objekta mērījumus. Uzskatam, ka visefektīvāk šāds paņēmiens būtu lietojams ceļu segumu kvalitātes (ceļu seguma neviendabības, ūdens izplūdumu, tukšumu un komunikāciju zem ceļu segumiem) atklāšanai un mērīšanai.

Signālu precīzai reģistrācijai tiek piedāvāta šāda jauna koncepcija: katras signāla momentānās vērtības mērīšanu sadala divās daļās. Pirmajā daļā kompensators kompensācijas signālu ātri "aiznes" mērāmās momentānās signāla vērtības tuvumā. Pēc tam tiek pārslēgta cita metode, kas ar atbilstošu strobu skaitu nodrošina nepieciešamo jutību un signāla vērtības mērīšanas precizitāti.

Projekta izpildes laikā piedāvātā koncepcija tika pārbaudīta divos variantos, kas nosaukti kā *Dudc* metode un *RMudc* metode.

Dudc signālu precīzās reģistrācijas metodes gadījumā kopējais salīdzināšanas operāciju skaits n tiek sadalīts divās daļās $n = n_1 + n_2$. Pirmajā daļā signāla momentānās vērtības mērīšana notiek ar dihotomiju metodi, bet otrajā – ar *udc* metodi, pie kam kā pirmo *udc* metodes slieksni izmantojot ar *dihotomiju* metodi izmērīto aptuveno signāla vērtību. *Dudc* metode mūsu projekta gadījumā (jutība 15 μV RMS un Umax=25 mV) UWB signāla reģistrāciju ar precizitāti 1% nodrošina pie 572 salīdzināšanas operācijām.

Kā otru signālu precīzās reģistrācijas variantu piedāvājam *Robinsa-Monro* metodes un *udc* metodes kombināciju. Ar *Robinsa - Monro* metodi kompensācijas signāls ātri tiek "aiznests" mērāmās momentānās vērtības tuvumā un pēc tam ar *udc* metodi momentānā vērtība tiek precīzi izmērīta. *Dudc* metode mūsu projekta gadījumā UWB signāla reģistrāciju ar precizitāti 1%

nodrošina pie 560 salīdzināšanas operācijām. Kā *Dudc* metode, tā arī *RMudc* metode pie viena un tā paša salīdzināšanas operāciju (strobu) skaita nodrošina ievērojami augstāku signālu reģistrācijas precizitāti nekā atsevišķi pielietojot *dihotomiju* metodi ar sēriju viduvēšanu vai arī atsevišķi pielietojot *Robinsa-Monro* metodi vai *udc* metodi.

Salīdzinājumam: pieprasot rūpnieciski ražotajam *Geozondas* radiolokatoram ar sākotnējo jutību 1500 μV tādu par jutību kā mūsu projektā (15 μV) būtu nepieciešamas 10 000 taktis rezultātu viduvēšanai katrā signāla fāzes punktā, t.i., 17,8 reizes vairāk taktis nekā *RMudc* metodes gadījumā.

7. Augstas jutības un izšķirtspējas superplatjoslas radiolokatora eksperimentālais paraugs.

Šī atskaites sadaļa ir noformēta ka atsevišķs dokuments ar augstāk minēto nosaukumu. Arī radiolokatora eksperimentālā parauga pārbaužu protokols ir noformēts kā atsevišķs dokuments. Pārbaužu rezultāti, kas veikti saskaņā ar projekta pieteikumā aprakstīto metodiku apstiprina, ka radiolokatora eksperimentālā parauga uztvērējiekārtas jutība ir ne sliktāka par 15 mkV (konkrēti 11 mkV) un pārejas raksturlīknes kāpuma laiks ir ne sliktāks par 100 ps (konkrēti 80,5 ps).

Secinājumi:

- Stroboskopiskajā pārveidotājā pielietojot izvēršu viduvēšanu pasliktinās pārveidotāja ātrdarbība. Ja bez viduvēšanas *s* metodes gadījumā nepieciešamais strobu skaits ir 211, tad pie 4 izvēršu viduvēšanas, pieprasot tādu pat jutību un dinamisko diapazonu, strobu skaits palielinās līdz 276. Toties viduvēšana ļauj palielināt kompensācijas signāla soli un samazināt ciparu-analogā pārveidotāja kārtu skaitu.
- Izmantojot aizkavi strobsignāla ķēdē aptuveni divas reizes samazinās kāpuma laiku starpība pozitīvam un negatīvam testsignālam. Tātad uzlabojas iekārtas metroloģiskie parametri. Bez tam aizkaves ieslēgšana strobsignāla ķēdē aptuveni par 20% paplašina pretestības komparatora palaišanas impulsa ķēdē pielažu diapazonu un strobsignāla formetājā ļauj pielietot mazākas jaudas tuneļdiodes.
- Pārveidotājs uz komparatora HMC 874 bāzes frekvenču joslas un dinamiskā diapazona ziņā pārsniedz kā uz tuneļdiožu bāzes būvētā tā arī uz tranzistoru BFP420F trigera bāzes būvētā pārveidotāja frekvenču joslu un dinamisko diapazonu. Paštokšņu ziņā komparatora HMC 874 paštroksnis (800 mkV) aptuveni trīs reizes pārsniedz tuneļdiožu komparatora paštroksni (271 mkV).
- Izstrādātā signālu atklāšanas metode, saglabājot pārveidotājam 15 mkV jutību, ļauj samazināt strobu skaitu no 270 strobiem pārveidotājam darbojoties vidējas precizitātes režīmā līdz 40 strobiem atklāšanas režīmā. Pie tam maksimālās amplitūdas (mūsu gadījumā 25 mV) signālu amplitūda praktiski netiek kropļota. Mazas amplitūdas (ap 270 mkV) signāliem amplitūdas kropļojumi sastāda aptuveni 30%. Signālu atklāšanas režīmā pielietojot transformēto signālu papildapstrādi ar konvolūciju nepieciešamo strobu skaitu var samazināt pat līdz 10. Taču jāņem vērā, ka tad samazinās radiolokatora izšķiršanas spēja par etalonsignāla platumu.
- Signālu precīzās reģistrācijas metode abos tās variantos, kas nosaukti kā *Dudc* metode un *RMudc* metode nodrošina UWB signāla ar amplitūdu 25 mV pie jutības 15 mkV (RMS) reģistrāciju ar 1% precizitāti attiecīgi pie salīdzināšanas operāciju skaita $n = 572$ un $n=560$.
- Pārbaužu rezultāti, kas veikti saskaņā ar projekta pieteikumā aprakstīto metodiku apstiprina, ka radiolokatora eksperimentālā parauga uztvērējiekārtas jutība ir ne sliktāka par 15 mkV (konkrēti 11 mkV) un pārejas raksturlīknes kāpuma laiks ir ne sliktāks par 100 ps (konkrēti 80,5 ps).

Pielikums 1

Strobējams komparators ar aizkaves līniju

Izgudrojuma joma

Izgudrojums attiecas uz mērīšanas tehniku un var tikt izmantots elektrisko signālu momentāno vērtību salīdzināšanai ar slieksni. Šāda veida komparatorus izmanto, piemēram, signālu stroboskopiskai pārveidošanai [1], [2], [3]. Šie pārveidotāji raksturojas ar to, ka strobsignāla padošanas momentā ieejas signāls tiek salīdzināts ar komparatora slieksni. Atkarībā no tā, vai signāls ir lielāks vai mazāks par slieksni, komparatora izejā parādās salīdzināšanas rezultāts binārās informācijas veidā – impulss, kas atbilst binārai vērtībai "1" vai impulsa iztrūkums, kas atbilst binārai vērtībai "0". Šāda tipa stroboskopiskos pārveidotājus sauc par diskrētiem stroboskopiskiem pārveidotājiem [1] vai par komparatora tipa stroboskopiskiem pārveidotājiem [4]. Visi šāda tipa stroboskopiskie pārveidotāji (Fig. 1.) sastāv no strobējamā komparatora SK (1), kam ir trīs ieejas: pārveidojamā signāla ieeja 2, strobsignāla ieeja 3, kam pieslēgta strobsignāla formētāja SF (4) izeja un kompensācijas signāla ieeja 5, kam pieslēgta kompensatora 6 izeja 7, kas vienlaikus ir arī stroboskopiskā pārveidotāja izeja, pie kam komparatora stāvokļa nolasīšanai komparatora izeja pieslēgta pie kompensatora ieejas 8.

Prototipa apraksts

Ir zināms strobējamais komparators [2], kurā izmantotas divas virknē slēgtas tuneļdiodes. Bez tam ir zināms komparatora tipa stroboskopiskā pārveidotāja uzlabojums [3], kas paredz komparatora ieejā pieslēgt "nulles" līnijas nobīdes kompensācijas pretestību, kuras otrs izvads pieslēgts pie līdzsprieguma avota. Šo abu zināmo tehnisko risinājumu apvienojums (sk. Fig. 2) izvēlēts par piedāvātā izgudrojuma prototipu.

Strobējamais komparators – prototips (attēlots Fig. 2. ar raustīto līniju ierāmētajā daļā) sastāv no divām virknē slēgtām tuneļdiodēm TD_1 (1) un TD_2 (2), kur tuneļdiodes 1 katods ir savienots ar "zemi", bet anods savienots ar tuneļdiodes 2 katodu un komparatora ieejas pretestību R_u (3), kuras otrs izvads kalpo kā komparatora ieeja 4, kas caur "nulles" līnijas nobīdes kompensācijas pretestību R_{nk} (5) savienota ar "nulles" līnijas nobīdes kompensācijas sprieguma avotu U_{nk} (6), bez tam tuneļdiodes 1 anods savienots ar komparatora stāvokļa nolasīšanas izeju 7 un caur kompensācijas signāla pretestību R_e (8) savienots ar kompensācijas signāla ieeju 9, savukārt tuneļdiodes 2 anods caur strobsignāla ķēdes pretestību R_v (10) savienots ar strobejošās tuneļdiodes TD_3 (11) anodu, kuras katods caur atbalsta pretestību R_a (12) savienots ar "zemi", pie kam strobejošās tuneļdiodes 11 anods caur komparatora palaišanas ķēdes pretestību R_0 (13) savienots ar palaišanas impulsa padošanas ieeju 14.

Fig. 2 attēlotais strobējamais komparators, kas ieslēgts stroboskopiskā pārveidotāja shēmā, darbojas sekojošā veidā. Komparatora ieejā 4 tiek padots ieejas signāls U(t), kas caur ieejas pretestību 3 nonāk uz tuneļdiodes 1 anoda un tuneļdiodes 2 katoda. Uz šo punktu caur kompensācijas pretestību 8 no kompensatora K izejas tiek padots kompensācijas spriegums E ar ko tiek regulēts komparatora slieksnis. Apzīmēsim ieejas signāla momentāno vērtību laika momentā t_i ar U_i. Lai šo ieejas signāla momentāno vērtību U_i salīdzinātu ar komparatora slieksni, attiecīgā laika momentā uz strobējošās tuneļdiodes 11 anodu no palaišanas impulsa (starta impulsa) padošanas ieejas 14 caur komparatora palaišanas ķēdes pretestību 13 tiek padots palaišanas impulss $U_0(t)$. Kad palaišanas impulsa $U_0(t)$ fronte sasniedz strobējošās tuneļdiodes 11 pīķa strāvu, strobējošā tuneļdiode 11 pārslēdzas un formē strobējošā sprieguma lēcienu ar asu fronti, kas caur strobsignāla

ķēdes pretestību 10 nonāk uz virknē slēgtajām tuneļdiodēm 1 un 2. Atbalsta pretestība 12 strobējošās tuneļdiodes 11 ķēdē un pretestība 10 strobsignāla ķēdē izvēlētas tā lai strobsignāla iedarbības rezultātā varētu pārslēgties tikai viena no virknē slēgtajām komparatora tuneļdiodēm – tuneļdiode 1 vai tuneļdiode 2. To, kura no tuneļdiodēm pārslēgsies, nosaka ieejas signāla momentānās vērtības U_i un kompensācijas signāla E samērs. Ja pārslēdzas tuneļdiode 1, tad no tās uz komparatora stāvokļa nolasīšanas izeju 7 un tālak uz kompensatora K ieeju nonāk impulss bināras informācijas "1" veidā. Ja pēc strobsignāla iedarbības tuneļdiode 1 nepārslēdzas, tad impulsa nav (precīzāk izsakoties tas ir ļoti mazs). Tas nozīmē, ka uz kompensatora ieeju tiek padota binārā informācija "0". Vairākkārtīgi padodot palaišanas impulsu $U_0(t)$ un kompensatoram attiecīgi reaģējot uz tuneļdiodes 1 pārslēgšanos un nepārslēgšanos, kompensators automātiski iestāda tādu kompensācijas sprieguma līmeni E_i, kas ir proporcionāls mērāmā ieejas signāla momentānai vērtībai U_i. Tas tad arī ir signāla momentānās vērtības U_i mērīšanas rezultāts.

Kas attiecas uz pārveidotāja "nulles" līnijas nobīdes kompensācijas spriegumu U_{nk} (6), tas tiek iestādīts tāds, ka tas caur pretestību R_{nk} (5) nodrošina tādu strāvu, pie kuras pieslēdzot komparatora ieejā 4 īsslēgumu vai to atslēdzot, spriegums kompensatora K izejā nemainās. Spriegumu U_{nk} piemeklē eksperimentāli.

Aprakstītā komparatora trūkums ir sekojošs.

Strobējošajai tuneļdiodei 11 slēdzoties tās formētais sprieguma lēciens momentāli nonāk uz virknē slēgtajām tuneļdiodēm 1 un 2. Savukārt tuneļdiodēm 1 un 2 slēdzoties tās slogo strobējošo tuneļdiodi 11 un iespaido tās pārslēgšanos. Šādas tuneļdiožu 1, 2 un 11 sadarbības rezultātā pasliktinās komparatora laika izšķiršanas spēja – palielinās uz šāda komparatora bāzes būvēta stroboskopiskā pārveidotāja pārejas raksturlīknes kāpuma laiks kā arī palielinās kāpuma laiku starpība pozitīvam un negatīvam testsignālam. Lai uzlabotu komparatora laika izšķiršanas spēju, respektīvi, lai samazinātu uz šāda komparatora bāzes būvēta stroboskopiskā pārveidotāja pārejas raksturlīknes kāpuma laiku, tiek piedāvāts strobējamais komparators ar aizkaves līniju, kura elektriskā shēma parādīta Fig. 3 (ar raustīto līniju ierāmētajā daļā). Līdz ar to **izgudrojuma mērķis ir uzlabot strobējamā komparatora laika izšķiršanas spēju, ko raksturo ar stroboskopiskā pārveidotāja, kas būvēts uz šāda komparatora bāzes, pārejas raksturlīknes kāpuma laiku.**

Izgudrojuma apraksts

Strobējamais komparators (attēlots Fig. 3. ar raustīto līniju ierāmētajā daļā) sastāv no divām virknē slēgtām tuneļdiodēm TD_1 (1) un TD_2 (2), kur tuneļdiodes 1 katods ir savienots ar "zemi", bet anods savienots ar tuneļdiodes 2 katodu un komparatora ieejas pretestību R_u (3), kuras otrs izvads kalpo kā komparatora ieeja 4, kas caur "nulles" līnijas nobīdes kompensācijas pretestību R_{nk} (5) savienota ar "nulles" līnijas nobīdes kompensācijas sprieguma avotu U_{nk} (6), bez tam tuneļdiodes 1 anods savienots ar komparatora stāvokļa nolasīšanas izeju 7 un caur kompensācijas signāla pretestību R_e (8) savienots ar kompensācijas signāla ieeju 9, savukārt tuneļdiodes 2 anods caur strobsignāla ķēdes pretestību R_v (10) savienots ar strobejošās tuneļdiodes TD_3 (11) anodu, kuras katods caur atbalsta pretestību R_a (12) savienots ar "zemi", pie kam strobejošās tuneļdiodes 11 anods caur komparatora palaišanas ķēdes pretestību R_0 (13) savienots ar palaišanas impulsa padošanas ieeju 14 un **atšķiras ar to, ka, lai uzlabotu strobējamā komparatora laika izšķiršanas spēju, ko raksturo ar stroboskopiskā pārveidotāja, kas būvēts uz šāda komparatora bāzes, pārejas raksturlīknes kāpuma laiku, starp tuneļdiodes 2 anodu un strobsignāla ķēdes pretestību 10 ieslēgta aizkaves līnija 15.**

Fig. 3 attēlotais strobējamais komparators, kas ieslēgts stroboskopiskā pārveidotāja shēmā, darbojas sekojošā veidā. Komparatora ieejā 4 tiek padots ieejas signāls U(t), kas caur ieejas pretestību 3 nonāk uz tuneļdiodes 1 anoda un tuneļdiodes 2 katoda. Uz šo punktu caur kompensācijas pretestību 7 no kompensatora K izejas tiek padots kompensācijas spriegums E ar ko tiek regulēts komparatora slieksnis. Lai ieejas signāla momentāno vērtību U_i laika momentā $t=t_i$ salīdzinātu ar komparatora slieksni, attiecīgā laika momentā uz strobējošās tuneļdiodes 11 anodu no

palaišanas impulsa (starta impulsa) ieejas 14 caur komparatora palaišanas ķēdes pretestību 13 tiek padots palaišanas impulss $U_0(t)$. Kad palaišanas impulsa fronte sasniedz strobējošas tuneļdiodes 11 pīķa strāvu, strobējošā tuneļdiode 11 pārslēdzas. Tā rezultātā tuneļdiode 11 formē strobējošā sprieguma lēcienu ar asu fronti, kas caur strobsignāla ķēdes pretestību 10 un aizkaves līniju 15 nonāk uz virknē slēgtajām tuneļdiodēm 1 un 2. Atbalsta pretestība 12 strobējošās tuneļdiodes 11 ķēdē un pretestība 10 strobsignāla ķēdē izvēlētas tā lai pēc strobsignāla iedarbības varētu pārslēgties tikai viena no virknē slēgtajām komparatora tuneļdiodēm – tuneļdiode 1 vai tuneļdiode 2. To, kura no tuneļdiodēm pārslēgsies, nosaka ieejas signāla momentānās vērtības U_i un kompensācijas signāla E samērs. Ja pārslēdzas tuneļdiode 1, tad no tās uz komparatora stāvokļa nolasīšanas izeju 7 un tālāk uz kompensatora K ieeju nonāk impulss bināras informācijas "1" veidā. Ja pēc strobsignāla iedarbības tuneļdiode 1 nepārslēdzas, tad impulsa nav (precīzāk izsakoties tas ir ļoti mazs) un uz kompensatora ieeju tiek padota binārā informācija "0". Vairākkārtīgi padodot palaišanas impulsu $U_0(t)$ un kompensatoram attiecīgi reaģējot uz tuneļdiodes 1 pārslēgšanos un nepārslēgšanos, kompensators automātiski iestāda tādu kompensācijas sprieguma līmeni E_i, kas ir proporcionāls mērāmā ieejas signāla momentānai vērtībai U_i. Tas tad arī ir signāla momentānās vērtības U_i mērīšanas rezultāts.

Kas attiecas uz pārveidotāja "nulles" līnijas nobīdes kompensācijas spriegumu U_{nk} (6), tas tāpat kā prototipā tiek eksperimentāli iestādīts tāds, ka pieslēdzot komparatora ieejā 4 īsslēgumu vai to atslēdzot, spriegums kompensatora K izejā nemainās.

Kā redzams no Fig.3. strobējošās tuneļdiodes 11 anods vairs nav caur pretestību 10 pa tiešo pieslēgts tuneļdiodes 2 anodam, bet starp pretestību 10 un tuneļdiodes 2 anodu ieslēgta aizkaves līnija 15. Tā rezultātā strobējošās tuneļdiodes 11 formētais sprieguma lēciens uz tuneļdiodes 2 anodu nonāk ar aizkavi τ, ko nosaka aizkaves līnijas 15 garums. Komparatora tuneļdiodēm 1 un 2 slēdzoties reakcija uz strobējošo tuneļdiodi 11 arī nonāk ar aizkavi τ. Strobējošā tuneļdiode 11 pa šo laiku jau ir pārslēgusies un tuneļdiožu 1 un 2 pārslēgšanās process tās slēgšanos vairs neietekmē. Rezultātā uzlabojas komparatora laika izšķiršanas spēja, ko raksturo ar stroboskopiskā pārveidotāja, kas būvēts uz šāda komparatora bāzes, pārejas raksturlīknes kāpuma laiks. Tēlaini izsakoties, strobējošā tuneļdiode 11 slēdzoties kā slodzi jūt tikai tās anodam pieslēgto pretestību 10 un tai virknē ieslēgto līnijas viļņu pretestību ρ. Tuneļdiožu 1 un 2 slēgšanās iedarbību strobējošā tuneļdiode 11 "sajūt" tikai tad, kad tā jau ir pārslēgusies un līdz ar to šai iedarbībai vairs nav nekādu negatīvu seku.

Piedāvātā tehniskā risinājuma laika izšķiršanas spējas uzlabojuma ilustrācijai tika veikta stroboskopiskā pārveidotāja ar komparatoru bez aizkaves līnijas un ar komparatoru ar aizkaves līniju datormodelēšana pie šādiem nosacījumiem: tuneļdiodes 1 pīķa strāva I_{p1}=8,1 mA; tuneļdiodes 2 pīķa strāva I_{p2}=10 mA; strobējošās tuneļdiodes 11 pīķa strāva I_{p3}=20 mA; atbalsta pretestība R_a=3 Om; pretestība 10 strobsignāla ķēdē R_v=32 Om; aizkaves līnijas 15 viļņu pretestība ρ =32 Om, palaišanas impulsa fronte t_0=0,1 ns; tuneļdiožu 1 un 2 kapacitātes C_1=C_2=0,8 pF; tuneļdiodes 11 kapacitāte C_3=1 pF; tuneļdiožu parazītiskās induktivitātes L_{s1}=L_{s2}=L_{s3}=0,3 nH, pretestība 13 palaišanas impulsa ķēdē tika mainīta robežās no R_0=50 Om līdz R_0=130 Om. Pārveidotāja pārejas raksturlīknes tika uzņemtas pozitīvam un negatīvam testsignālam – sprieguma lēcienam ar amplitūdu U_i=+/-25 mV. Iegūti sekojoši modelēšanas rezultāti:

1. Pārveidotājam ar komparatoru bez aizkaves līnijas palielinot pretestību 13 palaišanas impulsa ķēdē no 50 Om līdz 130 Om pārejas raksturlīknes kāpuma laiks pozitīvam testsignālam samazinās no t^+_r=62 ps līdz t^+_r=42 ps; negatīvam testsignālam – no t^-_r=68 ps līdz t^-_r =48 ps.
2. Pārveidotājam ar aizkaves līniju mainot pretestību 13 tajās pašās robežās pozitīvam testsignālam pārejas raksturlīknes kāpuma laiks samazinās no t^+_r=45 ps līdz t^+_r=41 ps; negatīvam testsignālam – no t^-_r=47 ps līdz t^-_r=43 ps.

No iegūtiem rezultātiem redzams, ka

- pārveidotājam ar aizkaves līniju pārejas raksturlīknes kāpuma laiki kā pozitīvam tā negatīvam testsignālam viscaur ir mazāki nekā pārveidotājam bez aizkaves līnijas

(respektīvi, komparatoram ar aizkaves līniju laika izšķiršanas spēja ir labāka);

- pārejas raksturlīknes kāpuma laiku starpība pozitīvam un negatīvam testsignālam pārveidotājam bez aizkaves līnijas ir 6 ps, pārveidotājam ar aizkaves līniju 2 ps.

Kā redzams no iegūtajiem rezultātiem, izmantojot komparatoru ar aizkaves līniju pārveidotāja laika izšķirtspējas metroloģiskie rādītāji – pārejas raksturlīknes kāpuma laiks un kāpuma laiku starpība pozitīvam un negatīvam testsignālam viscaur ir labāki nekā pārveidotājam ar komparatoru bez aizkaves līnijas.

Izgudrojumu paskaidro šādi zīmējumi:

Fig. 1. Komparatora tipa stroboskopiskā pārveidotāja blokshēma.

Fig. 2. Strobējamais komparators – izgudrojuma prototips (attēlots ar raustīto līniju ierobežotajā zīmējuma daļā).

Fig. 3. Strobējamais komparators ar aizkaves līniju – piedāvātais tehniskais risinājums (attēlots ar raustīto līniju ierobežotajā zīmējuma daļā).

Atsauces

- *Э. Х. Херманис, В. Г. Карклиньш.* Дискретные стробоскопические преобразователи. Рига, Издательство “Зинатне”, 1977. 164 с.
- *E. Beiner, K. Kruminsh.* Research of dynamics of a gated balanced comparator. Automatic Control and Computer Sciences. December 2011, Volume 45. Issue 6, pp. 314-321.
- *K. Krūmiņš, E. Beiners, V. Pētersons.* Komparatora tipa stroboskopiskais pārveidotājs. Latvijas patents 14641 A.
- *I. N. Askerzade.* Josephson-Effect Samplers: A Review. Technical Physics, 2006, Vol. 51, No. 4, pp. 393–400.

P R E T E N Z I J A S

Strobējamais komparators, sastāvošs no divām virknē slēgtām tuneļdiodēm 1 un 2, kur tuneļdiodes 1 katods ir savienots ar “zemi”, bet anods savienots ar tuneļdiodes 2 katodu un iejas signāla pretestību 3, kuras otrs izvads kalpo kā komparatora ieeja 4, kas caur “nulles” līnijas nobīdes kompensācijas pretestību 5 savienota ar “nulles” līnijas nobīdes kompensācijas sprieguma avotu 6, bez tam tuneļdiodes 1 anods savienots ar komparatora stāvokļa nolasīšanas izeju 7 un caur kompensācijas signāla pretestību 8 savienots ar kompensācijas signāla ieeju 9, savukārt tuneļdiodes 2 anods caur strobsignāla ķēdes pretestību 10 savienots ar strobējošās tuneļdiodes 11 anodu, kuras katods caur atbalsta pretestību 12 savienots ar “zemi”, bet anods savienots ar komparatora palaišanas ķēdes pretestību 13, kuras otrs izvads kalpo ka komparatora palaišanas impulsa ieeja 14 un **atšķiras ar to**, ka, lai uzlabotu komparatora laika izšķiršanas spēju, ko raksturo ar stroboskopiskā pārveidotāja, kas būvēts uz šāda komparatora bāzes, pārejas raksturlīknes kāpuma laiku, starp tuneļdiodes 2 anodu un strobsignāla ķēdes pretestību 10 ir ieslēgta aizkaves līnija 15.

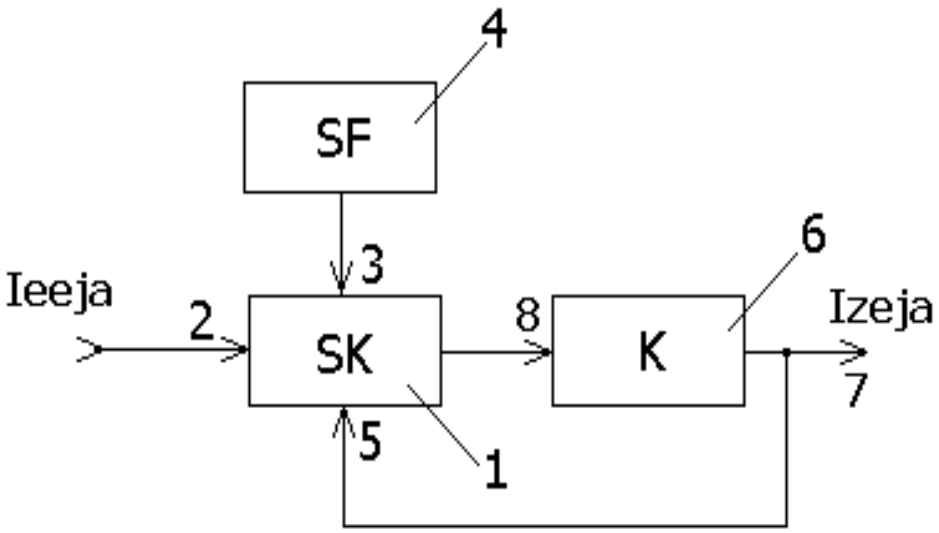


Fig. 1.

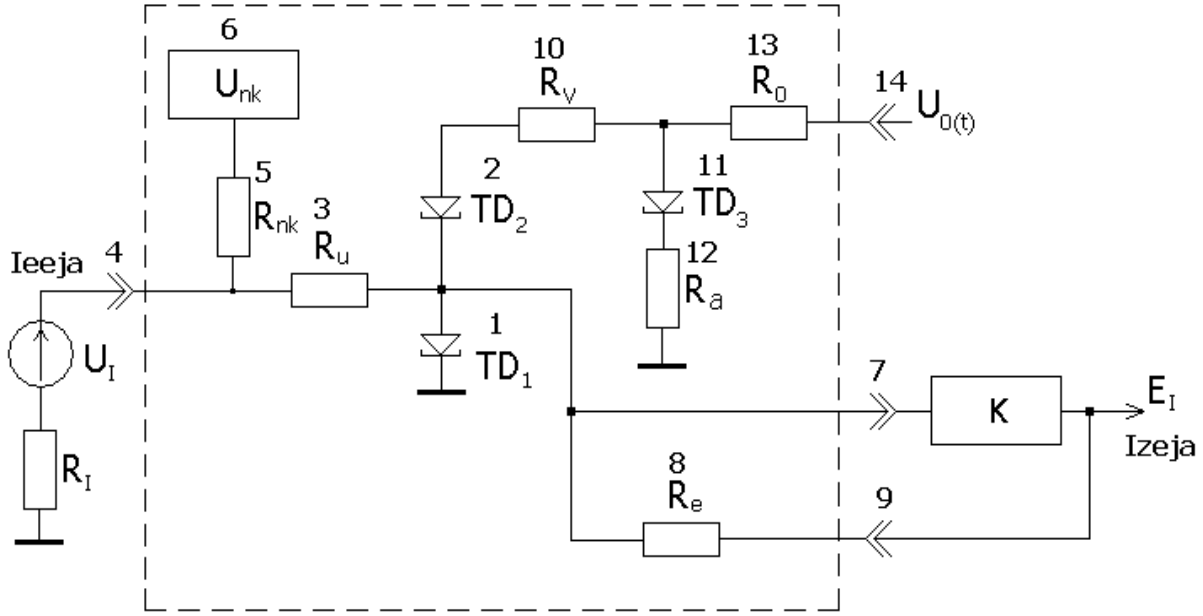


Fig. 2.

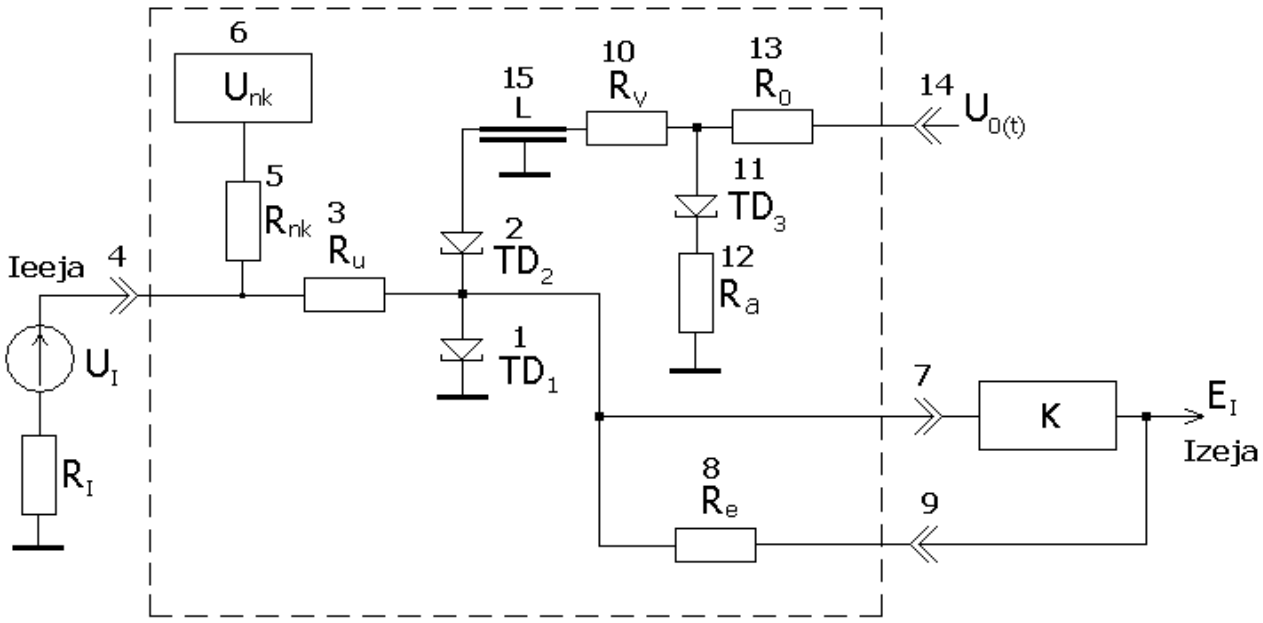


Fig. 3.

Pielikums 2

Jauna efektīvāka konkrētam pielietojumam adaptēta diskrētās stroboskopijas signālu atklāšanas metode – tālākās perspektīvas

Saskaņā ar projekta uzdevumu tika izstrādāts UWB radiolokators ar uztvērējiekārtu – stroboskopisko pārveidotāju, kura darbības princips balstās uz "up-and-down" (talāk "*ud*") metodi. Projekta ietvaros ir izstrādātas *ud* metodes modifikācijas, kuru pētījumu rezultāti apkopoti vairākās publikācijās.

Lokatora ātrdarbību nosaka strobēšanas operāciju skaits, rēķinot uz vienu pārveidojamā signāla momentāno vērtību. Dotā pētījuma mērķis bija noteikt minimālo strobēšanu skaitu, veicot stroboskopiski pārveidotā signāla papildapstrādi, izmantojot konvolūcijas operāciju. Ar konvolūciju saprot vienas elementu secības pārveidošanu otrā saskaņā ar kādu noteiktu algoritmu. Mūsu gadījumā pārveidojamā "elementu secība" ir stroboskopiski pārveidotais signāls. Papildapstrāde ar konvolūciju izvēlēta ar mērķi nodrošināt pietiekami augstu signāla/trokšņa attiecību pārveidotajam signālam, t.i. palielināt mazas amplitūdas ar troksni maskēta ieejas signāla atklāšanas varbūtību.

Varam uzskatīt ka pārveidotāja ieejā tiek padots signāls

$$u_1(t) = u_s(t) + u_{tr}(t)\,, \tag{1}$$

kur

$u_s(t)$ - derīgais signāls (rimstošs sinusoidāls signāls vai monosvārstība ar amplitūdu A_s),

$u_{tr}(t)$- maskējošais troksnis.

Trokšņa vidējo kvadrātisko vērtību apzīmēsim ar σ_1, pieņemot, ka $\sigma_1 = 1$. Stroboskopiski pārveidoto signālu apzīmēsim ar $u_2(t)$, trokšņa vidējo kvadrātisko vērtību pārveidotāja izejā ar σ_2, signālu pēc konvolūcijas ar $u_3(t)$, šā signāla vidējo amplitūdu ar $\bar{A}_3$ un izejas trokšņa vidējo kvadrātisko vērtību ar σ_3.

Signāls i-tajā izvērsē tiek uzskatīts par atklātu, ja

$$A_{3i} \geqslant \bar{A}_3 - 3\sigma_3. \tag{2}$$

Var uzskatīt, ka izejas troksnis ir ar normālu sadalījumu. Tad varbūtība , ka signāls netiks atklāts būs

$$\Phi(-3\sigma_3) = 0.0013\,, \tag{3}$$

kur $\Phi(\sigma)$ ir normālā sadalījuma integrālā funkcija.

Stroboskopiskā pārveidojuma veikšanai tika izmantotas divas metodes: *s* metode [1] un *k* metode [2]. Abas šis metodes veidotas uz *ud* metodes bāzes. To īpašības ir izpētītas signālu precīzās reģistrācijas režīmā, taču nav zināmas šo metožu iespējas kombinācijā ar konvolūciju signālu atklāšanas režīmā.

"*s*" metodes gadījumā signāla momentānā vērtība tiek izmērīta *n* strobēšanas operāciju ciklā. Lai izmērītu signāla momentāno vērtību, pārveidotāja komparatora slieksnis tiek izmainīts saskaņā ar formulu:

$$e_{i\,k+1} = e_{i\,k} + s \cdot \mathrm{sgn}\,(u_{s\,i} - e_{i\,k}), \quad k = 0, 1, \ldots, n, \tag{4}$$

kur

s - solis, par kādu izmainās slieksnis pēc kārtējās strobēšanas operācijas, un

$u_{s\,i}$ - signāla u_s *i*-tā momentānā vērtība,

$e_{i\,k}$ - komparatora slieksnis *i*-tajā fāzes punktā un *k*-tajā strobēšanas taktī.

Par pārveidojuma rezultātu tiek uzskatīta sliekšņa pēdējā vērtība

$$u_{2\,i} = e_{i\,n}. \tag{5}$$

Pēc tam tiek uzstādīta sliekšņa *e* sākotnējā vērtība nākamajam signāla fāzes punktam

$$e_{i+1\,1} = e_{i\,n}, \tag{6}$$

bet soļa *s* vērtību šim ciklam nosaka pēc formulas

$$s_{i+1} = s_0\,(1 + k\,|q_i|^r). \tag{7}$$

Šeit s_0 ir soļa sākotnējā vērtība (nemainās no cikla uz ciklu), *k* un *r* ir metodes koeficienti, bet q vērtību nosaka pēc formulas

$$q_i = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} \mathrm{sgn}\,(u_{s\,i} - e_{i\,j}). \tag{8}$$

"*k*" metodē, kārtējais cikls sastāv no diviem apakšcikliem, katrā attiecīgi ar n_1 un n_2 strobēšanas operāciju skaitu. Pirmajā apakšciklā strobēšana notiek saskaņā ar izteiksmi (4) ar soli s_0. Pirmā cikla beigās pēc formulām (7) un (8) nosaka soļa vērtību, kuru izmanto otrajā apakšciklā (formulā (8) šajā gadījumā $n = n_1$). Pēc n_2 strobēšanām otrajā apakšciklā iegūst pārveidojuma rezultātu u_{2i} kā sliekšņa pēdējo vērtību $u_{2i} = e_{i\,n}$.

Pētījuma mērķis ir atrast tādas parametru s_0, k un r vērtības, kas nodrošina minimālu strobu skaitu $n = n_1 + n_2$ pie sekojošiem nosacījumiem: Pirmkārt, jāapmierina nosacījums (2). Otrkārt, jāņem vērā, ka signāla u_s amplitūda A_s ir informatīvs parametrs, tāpēc visā stroboskopiskā pārveidotāja dinamiskajā diapazonā uzdotajās robežās ir jānodrošina proporcionalitāte starp A_s un $\overline{A}_3$. Tiek pieprasīts, lai attiecīgais proporcionalitātes koeficients δ_0 pie dinamiskā diapazona augšējās robežas $A_{s\,max}$ samazinātos ne vairāk kā par 5%, t.i. $A_{3\,max} \geq 0.95\,\delta_0\,A_{s\,max}$.

Uzdevumu apgrūtina apstāklis, ka līdz šim nav izdevies iegūt analītiskas sakarības starp

pārveidojuma parametriem, tāpēc pētījums tika veikts ar statistiskās modelēšanas palīdzību.

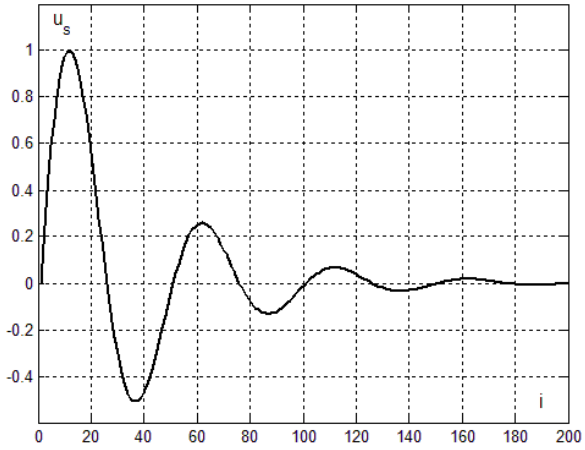
Tika izmantoti divi pārveidojamā signāla modeļi: eksponenciāli rimstoša sinusoidāla svārstība un monosvārstība, kas dota literatūrā [3]:

$$u_s = \begin{cases} 1.5424 A_1 (\sin(\pi i / n_T))^2 \sin(2\pi i / n_T), & ja \quad 0 \le t \le T \\ 0, & ja \quad t > T \end{cases} . \qquad (9)$$

Pārveidojamā signāla parametri pirmām kārtām ir atkarīgi no ierosinošā signāla formas un no UWB lokatora raidošās un uztverošās antenas parametriem. Izejot no maketēšanas rezultātiem un literatūrā atrodamiem datiem, modelēšanā tika izmantots signāls

$$u_{si} = A_s \exp(0.048\,(i-1)) \sin(2\,\pi\,(i-1)/n_T\,, \quad i = 1\,,2\,,\ldots\,,4\,n_T\,, \qquad (10)$$

kur n_T - fāzes punktu skaits uz sinusa periodu. Šāds eksponenciāli rimstoša pārveidojamā UWB signāla modelis attēlots Zīm.1.



Zīm.1. Eksponenciāli rimstoša pārveidojamā UWB signāla modelis.

Tīri sinusoidāla pārveidojamā signāla u_s gadījumā optimālais etalona signāls u_{et} konvolūcijas operācijai arī ir sinusoidāls signāls. Signālam (9) tas nav spēkā, tāpēc tika pārbaudīti arī citas formas etalona signāli. Kā viens no tādiem var tikt izmantots eksponenciāli augošs sinusoidāls signāls.

Tabulā 1. ir apkopoti modelēšanas rezultāti "*s*" metodei un "*k*" metodei, kā etelona signālu izmantojot sinusoidālu signālu

$$u_{et1}(i) = \sin\,(2\,\pi\,i\,/\,n_T\,)\,, \quad i = 0\,,1\,,\ldots\,n_T \qquad (11)$$

un eksponenciāli augošu sinusoidālu signālu

$$u_{et2}(i) = \exp\,(\alpha\,i) \sin\,(2\,\pi\,i\,/\,n_T\,)\,, \quad i = 0\,,1\,,\ldots\,,n_T\,. \qquad (12)$$

Koeficienta α=0,02 optimālā vērtība tika piemeklēta eksperimentāli.

Modelēšanas eksperimenti tika veikti pie izvērses garuma $1000 \div 1500$ punkti, signālu

amplitūdas un solis s_0 tika izteikts σ_1 vienībās. Pie $A_s = \sigma_1$ un noteiktām n, k, s_0 vērtībām tika iegūts signāls u_3 un tā amplitūda A_3 salīdzināta ar trokšņa maksimālo vērtību izvērsē A_{tr}. Procedūra tika atkārtota $N = 100000$ reižu un saskaitīts signāla neatklāšanas gadījumu skaits, kad $A_{3j} < A_{trj}$, $j = 1, 2, \ldots, 100000$ un noteikts signāla neatklāšanu skaits N_n procentos:

$$\Delta = N_n \cdot 100 / N . \qquad (13)$$

Pie tām pašām n, k, s_0 vērtībām tika noteiktas arī signāla u_3 amplitūdas vidējās vērtības pārveidotāja dinamiskā diapazona galos pie $A_s = A_{s\,min} = \sigma_1$ un $A_s = A_{s\,max} = 93\,\sigma_1$ (attiecīgi $\overline{A}_{3\,min}$ un $\overline{A}_{3\,max}$) un izskaitļota attiecība

$$\delta / \delta_0 = \overline{A}_{3\,max} / 93\,\overline{A}_{3\,min} , \qquad (14)$$

kas raksturo pārveidojuma linearitāti.

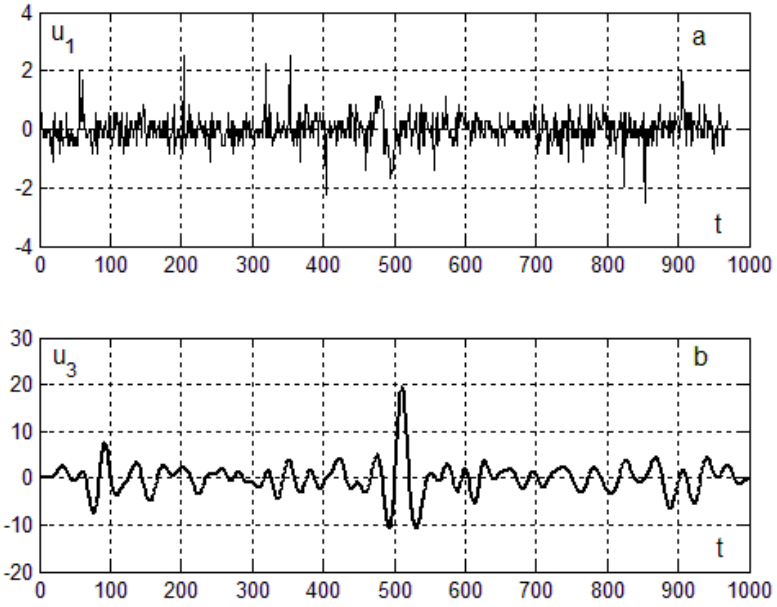
Modelēšanas rezultāti ir apkopoti Tabulā 1. Tie ir iegūti pie divām atšķirīgām n_T vērtībām, kā arī pie n_T =50 izmantojot dažādus etalona signālus.

Tabula1.

n_T	u_{et}	S metode					K metode				
		n_{min}	δ %	Δ %	k	s_0	$n_1;n_2$	δ %	Δ %	k	s_0
50	u_{et1}	7	96.1	0.10	9	0.145	5 ; 4	97.7	0.06	8	0.14
	u_{et2}	7	95.6	0.07	9	0.145	4 ; 4	95.6	0.10	8	0.14
25	u_{et2}	13	97.0	0.12	13	0.14	9 ; 8	96.6	0.11	9	0.14

No tabulas redzams, ka pie $n_T = 50$ etalons (12) ļauj iegūt nedaudz labākus rezultātus. Tā, "*k*" metodes gadījumā par vienu samazinās strobēšanu skaits – no 9 uz 8 (pie $n = 8$, izmantojot etalonu (10) $\Delta = 0.16$, kas neatbilst prasībām). Otrajā, "*s*" metodē, par 30% samazinās Δ vērtība (tiesa, nedaudz palielinās δ).

Zīm. 2a. ir parādīts ar "*k*" metodi pārveidotais signāls $u_2(t)$ pie ieejas signāla $u_1(t) = u_s(t) + u_{tr}(t)$ amplitūdas $A_s = \sigma_1$, un "*k*" metodes parametriem $n_1 = n_2 = 4; k = 8; s_0 = 0.14$ (signāls atrodas izvērses vidū). Šī signāla konvolūcijas ar etalonu rezultāts $u_3(t)$ parādīts Zīm 2b. Pie minētiem parametriem signāla/trokšņa attiecība ir $h_3 = \overline{A}_3 / \sigma_3 = 6.75$, kas ir pietiekami, lai nodrošinātu nepieciešamo Δ vērtību. Salīdzinājumam "*s*" metodei pie tabulā uzdotiem datiem šī attiecība ir nedaudz labāka 7,12.



Zīm. 2a. Ar "*k*" metodi iegūtais signāla u_1 pārveidojuma rezultāts.

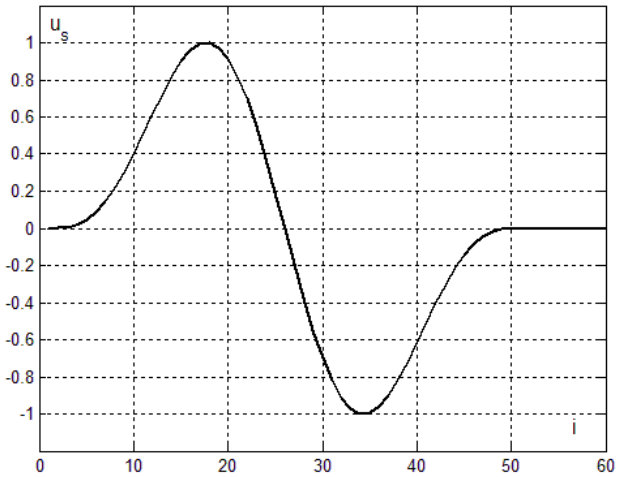
Zīm. 2b. Signāla $u_2(t)$ konvolūcijas ar etalonu rezultāts.

Modelēšanas procesā tika noskaidrots, ka nepieciešamās δ un Δ vērtības var sasniegt pie $h_3 > 6.65$.

Līdzīgi modelēšanas eksperimenti tika veikti, kad pārveidojamā UWB signāla modelis ir monosvārstība, kas dota literatūrā [3]. Mūsu gadījumā šo monosvārstību attēlojm ar funkciju

$$u_s(i) = 1.5424\, A_s\, (\sin(\pi\,(i-1)/n_T))^2 \cdot \sin(\,2\pi\,(i-1)/n_T\,), \quad i = 1, 2, \ldots, n_T, \qquad (15)$$

kura parādīta Zīm. 3.



Zīm. 3. UWB signāla modeļa – monosvārstības attēls.

Pārveidojamā signāla forma atšķiras no sinusoidālas, tāpēc arī konvolūcijas operācijā izmantojamam etalonam jāatšķiras no sinusoidāla.

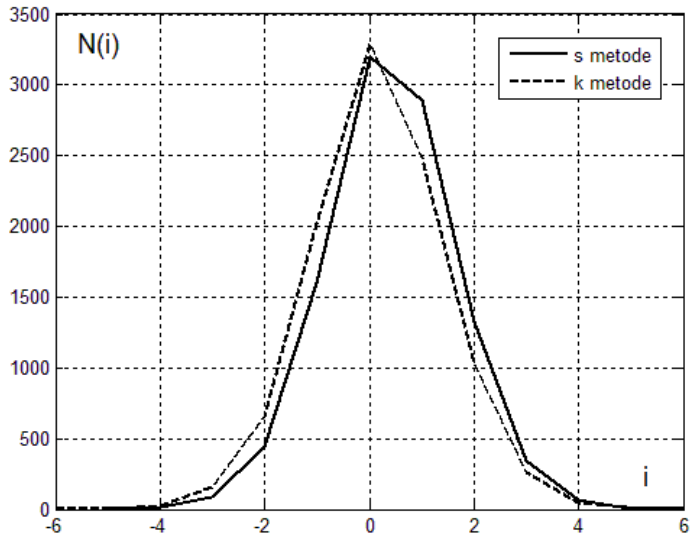
Tabula 2.

n_T	u_{et}	S metode					K metode				
		n_{min}	δ %	Δ %	k	s_0	$n_1;n_2$	δ %	Δ %	k	s_0
50	u_{et1}	7	95.4	0.12	10.4	0.15	4 ; 4	95.8	0.11	10	0.14
	u_{et2}	7	95.4	0.09	11	0.15	4 ; 4	96.8	0.05	11	0.14

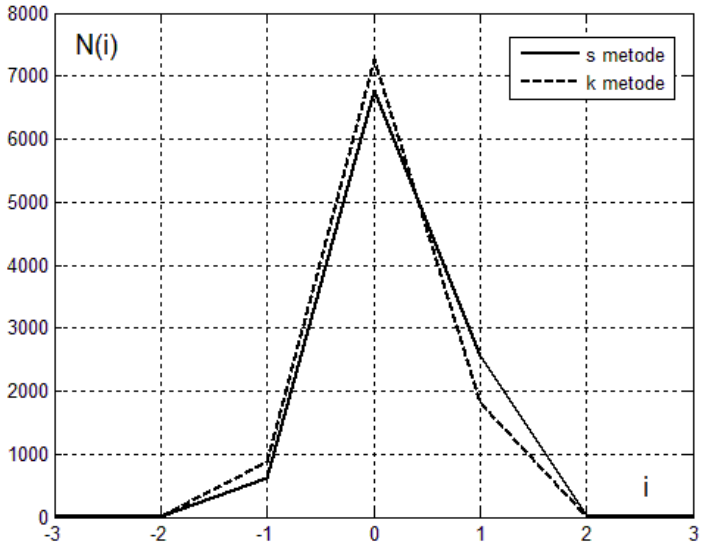
Modelēšanas rezultāti ir apkopoti Tabulā 2. Ar u_{et1} ir apzīmēts etalona signāls (11), ar u_{et2} - signāls (15). Modelēšana veikta tikai pie $n_T = 50$, jo rezultāti būtiski neatšķiras no attiecīgiem Tabulas 1. datiem un var sagaidīt, ka arī pie $n_T = 25$ aina būs līdzīga.

Kā jau tas bija sagaidāms, rezultāti uzlabojas, ja sinusa monosvārstības vietā kā etalonu izmanto signālu (14). Tā "*s*" metodē Δ vērtība samazinās no 0.12 uz 0.09, bet "*k*" metodē – no 0.11 uz 0.05, savukārt δ vērtība palielinās attiecīgi no 95.8 līdz 96.8.

Signāla u_3 maksimuma atrašanās vieta uz laika ass raksturo atstarotā signāla aizkavi attiecībā pret zondējošo. Trokšņu iespaidā šis maksimums var nobīdīties gan uz vienu gan otru pusi un tādējādi novest pie zināmas kļūdas mērķa attāluma aprēķinos. Tāpēc tika noteikts šo laika koordinašu sadalījums. Zīm. 4. ir attēlots sadalījums, atbilstošs Tabulas 1. datiem pie $n_T = 50$, $u_{et} = u_{et2}$. Uz X ass ir atlikts lielums $i = n_T \cdot \Delta t / T$, kur Δt ir maksimuma nobīde. Koordināta $i = 0$ atbilst patiesai signāla u_3 aizkavei. Redzams, ka sadalījumi *s* un *k* metodēm ir praktiski vienādi un nepārsniedz $\pm 5\,i$.



Zīm. 4. Signāla u_3 maksimumu izvietojuma sadalījums uz laika ass "*s*" metodei (treknā līnija) un "*k*" metodei (tievā līnija). Modelēšana veikta pie $n_T = 50$.



Zīm. 5. Signāla u_3 maksimumu izvietojuma sadalījums uz laika ass "*s*" metodei (treknā līnija) un "*k*" metodei (tievā līnija). Modelēšana veikta pie $n_T = 25$.

Ja pieņem, ka zondējošā signāla periods ir $0.5 \cdot 10^{-9} s$, tad $\Delta t = 5 \cdot 10^{-11}$, kas dod attāluma kļūdu gaisā $\Delta l = 0.5 \cdot c \cdot \Delta t = \pm 0.8\, cm$ (c – gaismas ātrums, $3 \cdot 10^{10}\ cm/s$).

Zīm. 5. ir attēlots sadalījums laika nobīdēm pie $n_T = 25$. Arī šajā gadījumā sadalījumi abām metodēm praktiski neatšķiras. Bez tam redzams, ka arī laika nobīde Δt ir tāda pati kā pie $n_T = 50$.

Augstāk veikto pētījumu rezultāti rāda, ka komparatora tipa stroboskopiskajā pārveidotājā pārveidotajam signālam pielietojot konvolūciju ar etalonu signālu atklāšanas režīmā var panākt ievērojamu strobu skaita samazinājumu un līdz ar to radiolokatora ātrdarbības palielinājumu. Tomēr jāatzīmē, ka signāla papildapstrāde ar konvolūciju pazemina radiolokatora telpiskās izšķiršanas spēju, jo pārveidojuma rezultāts pēc konvolūcijas tiek "izstiepts" garāks par etalona platumu. Taču signālu atklāšanas režīmā tas ne vienmēr ir būtiski, jo pēc signālu atklāšanas radiolokatoru var pārslēgt signālu precīzās reģistrācijas režīmā.

Literatūra:

1. V.Karklinsh, K.Krumins Adaptive Methods in the Discrete Stroboscopic Signal Conversion. Automatic Control and Computer Sciences, 2010, vol.44, #5, pp.266-271.

2.K.Kruminsh and V.Plocinsh Adaptive k-up-and-down Method for Comparator Stohastic Signal conversion in UWB Radar. Automatic Control and Computer Sciences, 2012, vol.46, #6, pp.

Вопросы подповерхностной радиолокации. Под. ред. Гринева А.Ю. М.: Радиотехника, 2005, с.64.

3. Вопросы подповерхностной радиолокации. Под. ред. Гринева А.Ю. М.: Радиотехника, 2005, с.64.

Pielikums 3.

Radiolokators slimnīcā

Dr.sc.comp. Vladimirs Aristovs, Dr. Mārtiņš Kalējs, Dr.sc.comp. Kārlis Krūmiņš 01.12.2013

(Publicēts http://www.lu.lv/terra2/raksti/t/23978/)

Kam gan slimnīcā vajadzīgs radiolokators? Latvijas pētnieki ir parādījuši, ka tā ir jauna un perspektīva slimnieka veselības stāvokļa kontroles metode

Slimnieka veselības stāvokļa uzraudzībai slimnīcā ir svarīga kontrolēt slimnieka elpošanu. Šādu kontroli var veikt ar kontakta metodēm, kad elpošanas sensors ir piestiprināts slimnieka ķermenim. Taču šāds paņēmiens nav lietojams, piemēram, plašu apdegumu gadījumos, un jebkurā gadījumā tas ir saistīts ar kustību ierobežojumu un stresu slimniekam.

Latvijā ir augsta zīdaiņu mirstība vecumā līdz sešām dienām. Augstāki bērnu mirstības rādītāji Eiropas Savienībā ir tikai Bulgārijā un Rumānijā. Kā ziņoja LETA, 2011. gadā Latvijā pēkšņa nāve iestājusies 13 zīdaiņiem. Izmeklējot šos gadījumus, netiek konstatēta slimība vai patoloģija, kas tieši varētu izraisīt nāvi. Tiek uzskatīts, ka pēkšņas nāves sindroma riskam ir pakļauti bērni, kuri saskaras ar šādām problēmām – gulēšanu uz vēdera vai pārkaršanu. Ārsti uzskata, ka pat nedaudz slims mazulis guļot uz vēdera, nav tik spēcīgs, lai aizpūstu projām izelpoto ogļskābo gāzi, tāpēc nomirst. Liela daļa šo nāves gadījumu būtu novērsta, ja slimnīcā tiktu ieviesta nepārtraukta bezkontakta elpošanas kontrole un atbilstoša trauksmes signalizācija.

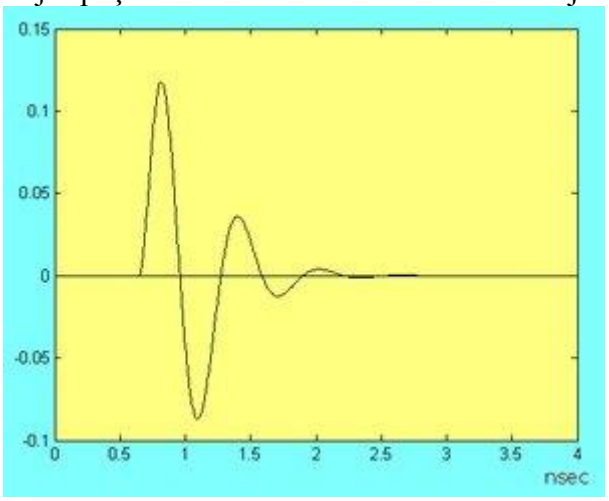
Visai bieži sastopama ir pēkšņa kardiāla nāve – viens līdz divi gadījumi uz 1000 cilvēkiem gadā, hospitalizētiem pacientiem 3 – 4 gadījumi uz 1000 slimniekiem gadā. Pat ja pacients atrodas slimnīcā, šādā situācijā izdodas atdzīvināt aptuveni tikai 20 – 50% pacientu. Šis skaitlis ir tieši atkarīgs no reanimācijas pasākumu reaģēšanas ātruma. Cilvēkiem ar paaugstinātu pēkšņas kardiālas nāves risku nepārtraukta sekošana elpošanas funkcijai ievērojami samazinātu mirstības procentu.

Diezgan izplatīta slimība ir miega apnoja, kas ievērojami pasliktina cilvēka pašsajūtu un skar līdz pat 10% iedzīvotāju. Miegā ķermeņa muskulatūra, ieskaitot rīkles muskuļus un mīkstās aukslējas, atslābst, un mēles pamatne pavirzās atpakaļ, daļēji nosprostojot augšējos elpošanas ceļus, tādējādi radot pauzes elpošanā. Vairumā gadījumu cilvēks nepamostas un pats par notiekošo neko nezina. Šādi pacienti sūdzas par koncentrēšanās spējas, uzmanības un atmiņas pasliktināšanos, paaugstinātu uzbudināmību, nemieru un depresiju. Ar bezkontakta elpošanas kontroles palīdzību varētu viegli konstatēt pacienta elpošanas pārtraukumus un tādā veidā atvieglot sindroma diagnostiku. No visa augstāk minētā redzam, ka svarīgu nozīmi iegūst elpošanas bezkontakta jeb distances kontroles paņēmieni. Viens no šādiem paņēmieniem ir impulsu radiolokācija.

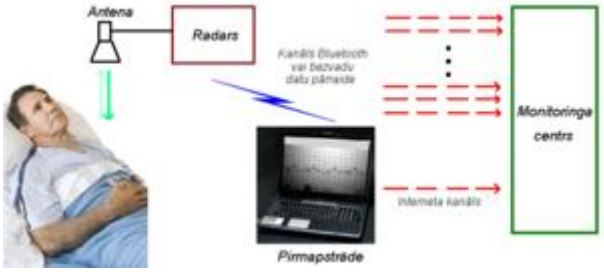
Radiolokācijas princips ir vispārzināms – telpā noteiktā virzienā tiek izstarota elektrisko svārstību pakete (radioimpulss), kas, sastopoties ar mērķi, atstarojas no tā. Atstarotais impulss nonāk uztvērēja antenā un tālāk uztvērējā. Laika intervāls starp izstaroto un uztverto impulsu raksturo attālumu līdz mērķim – jo tālāk atrodas mērķis, jo vēlāk pienāk radioimpulss. Ja izmēra aizkavēšanos starp noraidīto un uztverto impulsu, tad attālumu līdz objektam var vienkārši aprēķināt. Ja mērķis pārvietojas vai izdara periodiskas svārstības, tad uztvertais impulss pienāk ar lielāku vai mazāku aizkavēšanos. Svārstību gadījumā arī impulsu aizkavēšanās periodiski mainās. Šis fizikālais efekts tad arī tiek izmantots elpošanas kontrolei no distances ar radiolokācijas paņēmienu.

Elpošanas lokācija notiek šādi. Virs slimnieka 1,5 – 3 metru augstumā novieto mazas jaudas radiolokatoru ar raidošo un uztverošo antenu, kas vērstas slimnieka virzienā. Raidītājs izstaro slimnieka virzienā īsus, aptuveni 1 nanosekundi (vienu sekundes miljardo daļu) garus radioimpulsus. Šāda impulsa modelis attēlots 1. zīmējumā. Radioimpulsam sasniedzot cilvēku, aptuveni 73% no impulsa enerģijas atstarojas atpakaļ uztvērēja virzienā. Tā kā radioimpulsi caur sausiem nemetāliskiem priekšmetiem izplatās praktiski bez zudumiem, cilvēks var būt apģērbts un var atrasties arī zem segas. Lai elektromagnētiskais starojums nenodarītu kaitējumu cilvēka veselībai, raidītāja izstarotā jauda ir ierobežota, to nosaka noteiktas sanitārās normas. Lai šādus

mazas jaudas impulsus varētu reģistrēt, ir ļoti svarīgi, lai uztvērējam būtu augsta jutība. Cilvēka elpošanas kontrole ar radiolokācijas paņēmienu shematiski attēlota 2. zīmējumā.

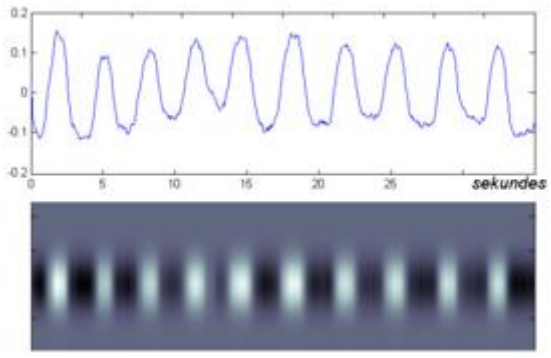


1. zīmējums. V. Plociņa attēls



2. zīmējums. Vladimira Aristova attēls

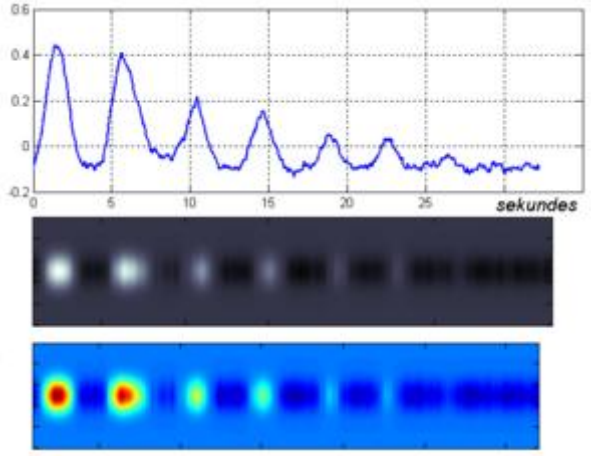
Radiolokatora (radara) uztvertie signāli pa bezvadu kanālu tiek nosūtīti uz centrālo procesoru. Centrālajā procesorā šie signāli tiek apstrādāti un iegūstam elpošanas svārstību līkni – radiopulmogrammu. Iegūto rezultātu caur internetu nosūta attiecīgajam adresātam — dežūrārstam vai dežūrmāsai uz monitoru. Tā kā centrālais procesors slimnieku redz nepārtraukti visu diennakti, tad centrālajā procesorā var ievietot arī dažādas slimnieka veselības stāvokļa diagnostikas programmas, kas atvieglo ārsta darbu. Elpošanas traucējumu gadījumā procesors var nosūtīt arī trauksmes signālu. Pielietojot sarežģītāku signālapstrādi, ar vienu iekārtu var veikt elpošanas monitoringu diviem vai pat trim slimniekiem. Fizikāli šī signālapstrāde pamatojas uz to, ka atstarotie signāli no objektiem, kas atrodas dažādā attālumā, pienāk ar atšķirīgu aizkavēšanos. Ilustrācijai 3. zīmējumā parādīta ar radiolokācijas paņēmienu reģistrēta vienmērīgas elpošanas līkne divos attēlojuma veidos — laika funkcijas veidā un attēla gaišuma izmaiņu veidā.



3. zīmējums. Vladimira Aristova attēls

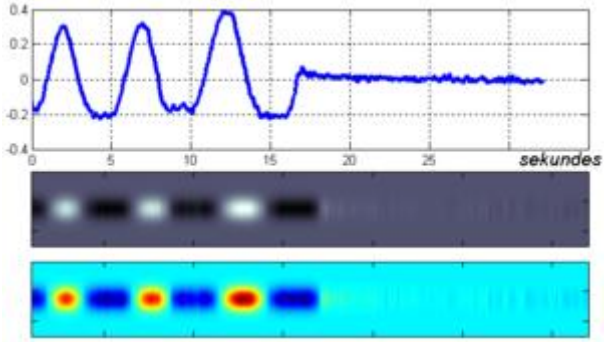
Zināmā mērā elektromagnētiskais starojums iespiežas arī cilvēka ķermenī un, piemēram, atstarojas no sirds. Tā kā sirds pulsē, tad šīs pulsācijas arī maina (modulē) atstaroto radioimpulsu. Šī modulācija uzklājas virsū elpošanas radītajai modulācijai un veido saliktu summāro modulācijas

ainu. Sirdspukstu biežums ir 50 – 150 pulsācijas minūtē, bet elpošanas biežums ir 12 – 30 elpas vilcieni minūtē. Pielietojot atbilstošu signālapstrādi, šīs modulācijas var atdalīt vienu no otras un iegūt gan elpošanas, gan sirdsdarbības pulsācijas pierakstu.



4. zīmējums. Vladimira Aristova attēls

Imitēts lēni dziestošas elpošanas līknes pieraksts parādīts 4. zīmējumā. Augšējā attēlā daļā redzama elpošanas laika funkcija, vidū – elpošanas attēlojums ekrāna gaišuma izmaiņu veidā un apakšā – elpošanas attēlojums krāsainu toņu izmaiņu veidā. Savukārt 5. zīmējumā tādā pat veidā parādīta cilvēka elpošana ar pēkšņu tās pārtraukumu.



5. zīmējums. Vladimira Aristova attēls

Elektronikas un datorzinātņu institūtā ERAF projekta ”Augstas jutības superplatjoslas radiolokācijas tehnoloģija” ietvaros ir izstrādāts augstas jutības ultraplatjoslas radiolokators. Augsto radiolokatora jutību (15 mikrovolti) nodrošina komparatora tipa stroboskopiskais pārveidotājs un oriģinālas signālapstrādes metodes.

Elpošanas radiolokāciju var izmantot ne tikai slimnieka stāvokļa kontrolei slimnīcā, bet arī dzīvības detektēšanai, piemēram, lai meklētu sniega lavīnās apraktus alpīnistus, cilvēkus ēku drupās, kas sagruvušas zemestrīču, gāzes sprādzienu vai terora aktu rezultātā. Ar radiolokatora palīdzību var veikt arī cilvēka psihoemocionālā stāvokļa kontroli, piemēram, muitas kontrolē un potenciāli bīstamu personu apskatē lidostās var konstatēt cilvēkus ar paātrinātu elpošanu vai sirdsdarbību. Pie tam šo kontroli var veikt caur necaurredzamu sienu. Kontrolējot sirds un elpošanas sistēmas stāvokli, radiolokatoru var izmantot arī kā melu detektoru. Visos šajos pielietojumos ir svarīga augsta radiolokatora jutība, kas ļauj objektus apsekot no lielāka attāluma un ar mazāku izstaroto jaudu.

ERAF
EIROPAS REĢIONĀLĀS ATTĪSTĪBAS FONDS
EIROPAS SAVIENĪBA
IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ

Pielikums 4.

Ar projektu saistītās publikācijas, referāti konferencēs un izgudrojumi

Publikācijas:

1. M. Greitans, E. Hermanis, V. Aristov "Amplitude–Frequency Band Control for Oscilloscopes and Signal Converters ". Automatic Control and Computer Sciences, Vol.45, Issue 4, 2011. pp.218–222.

2. E. Beiner and K. Krumin'sh "Research of dynamics of a gated balanced comparator "Automatic Control and Computer Sciences Volume 45, Number 6 (2011), pp.314-321.

3. Greitans, M., Aristov, V., Laimina, T., "Application of the Karhunen-Loeve transformation in bio-radiolocation: Breath simulation" Automatic Control and Computer Sciences. Vol.46, Number 1, 2012. pp.18-24.

4. K. Kruminsh and V. Plotsinsh. "Signal distortions in comparator pulse gate transformation using the statistical method for a low number of samples". Automatic Control and Computer Sciences. Volume 46, Number 3 / May 2012, pp.139-145.

5. Грейтанс Модрис, Херманис Эвалдс, Аристов Владимир, "ОБРАБОТКА ЗАШУМЛЕННОГО СВЕРХШИРОКОПОЛОСНОГО ИМПУЛЬСНОГО СИГНАЛА МЕТОДОМ ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ". Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота, 2012. № 8. (63), с. 30-35. ISSN 1993-5552.

6. M. Greitans and V. Aristov, "Conservation of the Law of Phase Modulation for UWB Pulse Signals in the First Principal Component", "Automatic Control and Computer Sciences" Vol.46, Number 4, 2012 , Allerton Press, Inc. pp.179-184

7. N. Agafonovs and G. Supols. "Design and evaluation of a stroboscopic signal converter based on discrete transistor clocked comparator". 2012 13th Biennial Baltic Electronics Conference (BEC2012) October 3-5, 2012,Tallinn, Estonia. pp. 69-73.

8. V. Karklinsh, "The Adaptive „Up-and-Down" Method with a Variable Step", "Automatic Control and Computer Sciences" – AC&CS, Vol.46, Number 5, 2012, , Allerton Press, Inc., pp.232-237.

9. K. Kruminsh, V. Plotsinsh, "Adaptive k-up-and-down method for comparator type equivalent time conversion of UWB radar signals", "Automatic Control and Computer Sciences" Vol.46, Number 6, 2012, Allerton Press, Inc. pp. 280-287.

10. Грейтанс М., Аристов В „Извлечение информации из СШП импульсного сигнала с использованием преобразования Карунена-Лоэва", Вісник Національного університету „Львівська політехніка", Радіоелектроніка та телекомунікації, № 738 (2012), с 38-42

11. Селиванов А. „Компьютерно-управляемая система дискретного стробоскопического преобразователя сигналов" Вестник НТУ "ХПИ" ПИМ-2012, Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Інформатика і моделювання. – Харків: НТУ "ХПІ", 2012. – № 62 (968), с.177-184.

12. V.Aristovs „Импульсный локатор и метод главных компонент как средства анализа параметров дыхания", Альманах современной науки и образования. Тамбов:, Грамота, 2013. № 3, lpp.20-23 (ISSN 1993-5552)

13. Vladimir Aristov, "UWB radar "sees" a human's breathing in the space of principal components", Applied Sciences in Europe: tendencies of contemporary development, 1st International Scientific conference, 21-22th March 2013, Stuttgart, Germany. (ISSN 2195-2183) lpp. 138-139.

14. K. Krumin'sh, V. Plotsin'sh, "Combined adaptive up-and-down method for equivalent time signal transformation", "Automatic Control and Computer Sciences" Vol.47, Number 5, 2013, Allerton Press, Inc. pp. 318-325

15. K. Kruminsh, V. Plotsinsh, "Speed of operation of equivalent time methods for conversion of noisy signals: A review", "Automatic Control and Computer Sciences" Vol.47, Number 6, 2013, Allerton Press, Inc. pp. 283-288

Zinātniski-populāri raksti:

Vladimirs Aristovs, Mārtiņš Kalējs, Kārlis Krūmiņš ”Radiolokators slimnīcā”. Elektroniskais žurnāls Terra 2.0

Stenda referāta tēzes:

Modris Greitans, Vladimir Aristov. Retrieval information from the UWB pulse signal using the Karhunen Loeve trasform. 11th International Conference “Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science”. TCSET’2012, 21-24 February 2012, Lviv-Slavske, Ukraine.

Rezultāti prezentēti starptautiskās konferencēs:

Konference "Проблемы информатики и моделирования (ПИМ-2012)"24-30 Sept. 2012.g. Jalta, Ukraina “Computer manageable system of discrete stroboscopic signal converter”, (A.Selivanovs)

13th Biennial Baltic Electronics Conference (BEC2012), October 3-5, 2012, Tallin, Estonia, “Design and evaluation of a stroboscopic signal converter based on discrete transistor clocked comparator” (N.Agafonovs)

Izgudrojumu saraksts

Ultra-Wideband Sharpener For Excitation a Symmetric Antenna. PCT, International Publikation Nomber WO213165229 A1.

Komparatora tipa stroboskopiskais pārveidotājs. Latvijas patents Nr. 14730. Publ. LPV Vēstnesī “Patenti un preču zīmes” 20.02.2013.

Strobējams komparators. Latvijas patents Nr. 14730. Publ. LPV Vēstnesī “Patenti un preču zīmes” 20.11.2013.

Strobējams komparators ar aizkaves līniju. Latvijas patents Nr.14803. Publ. LPV Vēstnesī “Patenti un preču zīmes” 20.01.2014.