

(12) **PARAIŠKOS APRAŠYMAS**

(21) Paraiškos numeris: **2020 043**
 (22) Paraiškos padavimo data: **2020-11-25**
 (41) Paraiškos paskelbimo data: **2022-05-25**

(71) Pareiškėjas:
Vilniaus universitetas, Universiteto g. 3, 01513 Vilnius, LT
Česlovas PAVASARIS, Kryžiuokų sodų 8-oji g. 94, 08444 Vilnius, LT
 (72) Išradėjas:
Česlovas PAVASARIS, LT
 (74) Patentinis patikėtinis/atstovas:
Česlovas PAVASARIS, Kryžiuokų sodų 8-oji g. 94, 08444 Vilnius, LT

(54) Pavadinimas:

Daugiafunkcinis puslaidininkinis įtaisas ir schemos su juo (2)

(57) Referatas:

Pasiūlymas yra iš puslaidininkinės elektronikos srities, o būtent daugiavilnių puslaidininkinių įtaisų (DFPI) bei schemų su jais, ir gali būti vartojamas elektroninėse automatikos sistemose, įvairių signalų generatoriuose bei impulsų formuotuvuose, o taip pat signalų maišymo, dauginimo ir keitimo įrenginiuose, ir t. t. Pasiūlytuose DFPI yra kitaip padarytos darinių konstrukcijos, taikant integrinės elektronikos technologijas, lauko ir dvipolio tranzistorių, bei p–n sandūrų nuskurdintų sričių užtrumpinimo veikos principus. Palyginus su analogu, pasiūlyti DFPI variantai pasižymi didesnėmis valdymo funkcinėmis savybėmis, integriniu išpildymu ir galimybe veikti įvairios paskirties elektroniniuose įrenginiuose: stiprintuvuose, generatoriuose, impulsų formuotuvuose, dažnio keitikliuose ir maišikliuose, bei didesne veikimo sparta – perjungimų frontai $t_{(r, f)} \leq 1$ ns.

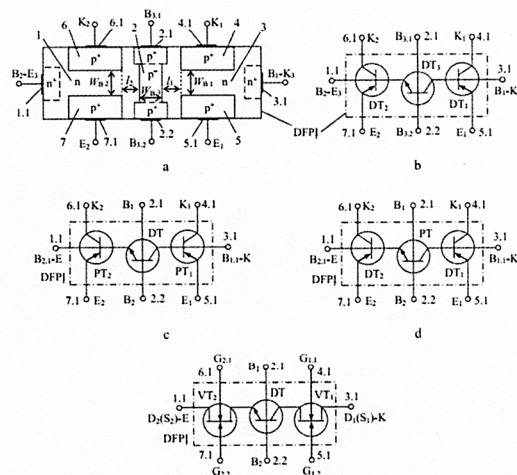


Fig. 1

DAUGIAFUNKCINIS PUSLAIDININKINIS ĮTAISAS IR SCHEMAS SU JUO (2)

Pasiūlymas yra iš puslaidininkinės elektronikos srities, o būtent daugiafunkcinių (kelių funkcijų, multifunkcinių) puslaidininkinių įtaisų (DFPI (KFPI, MFPI)), turinčių keturis ir daugiau kontaktų-išvadų – gnybtų, ir gali būti vartojami įvairios paskirties elektroniniuose įrenginiuose – stiprintuvuose, dažnių maišikliuose-keitikliuose, harmoninių ir impulsinių signalų generatoriuose, impulsų formuotuvuose, ir t. t.

Analogas yra sudarytas iš trijų besikeičiančio laidumo tipo puslaidininkinių sluoksnių – pirmojo (1)–trečiojo (3), pavyzdžiui, atitinkamai n–p–n, kurio viename iš kraštinių n– sluoksnių, pavyzdžiui, trečiajame n– sluoksnyje 3 yra suformuotos dvi priešingo laidumo p– tipo sritys – ketvirtoji (11) ir penktoji (12), su atitinkamais ominiais kontaktais ir išvadais (14). Kraštiniai n– sluoksniai 3 ir 4, bei p– sritys 11 ir 12 turi po vieną omini kontaktą ir atitinkamą išvadą (14), o antrasis p– sluoksniu 2 turi du priešpriešiais išdėstytus ominių kontaktus su atitinkamais išvadais (14). Antrojo p– sluoksniu (2) storis W ir atstumas L tarp p– sričių (11, 12) padaryti mažesni už atitinkamų p–n sandūrų nuskurdintų sričių maksimalius storius $d_{pn(2-3; 2-1; 5-11; 5-12) \max}$, kai p–n sandūrose veikia atitinkamos elektrinio pramušimo įtampos, o atstumas D tarp p– sluoksniu (2) ir p– sričių (11; 12) padarytas didesnis už p–n sandūros (2-3) maksimalų storį $d_{pn(2-3) \max} < D$ (SU 1290495 A1, Описание изобретения, 1987, Бюл. No. 6).

Analogo trukumas yra tai, jog puslaidininkinio įtaiso valdymo funkcijos yra ribotos – jis veikia tik šalia esančių p–n sandūrų 2-1 ir 2-3, bei 5-11 ir 5-12, pramušimo būdų, kai atitinkamo poveikio srovės $i_{(1; 2)}(t)$ momentinė vertė viršija tam tikrą slenkstinę vertę $I_{s(1; 2)}$, kai įvyksta atitinkamų p–n sandūrų 2-1 ir 2-3, bei 5-11 ir 5-12, nuskurdintų sričių sąlytis atitinkamoje srityje 2 ir 5, ir tai atitinka n–p–n (1-2-3), bei p–n–p (11-3-12) darinių – puslaidininkinių tetrodų (PT) veika. Kitas analogo trukumas yra jo diskretinė konstrukcija ir netinkamumas integrinės elektronikos technologijai. Dar kitas analogo trukumas yra tai, jog jis gali būti taikomas tik impulsinių signalų generatoriuose.

Analogas – generatorius yra sudarytas iš puslaidininkinio įtaiso su dviem skirtingų n–p–n ir p–n–p laidumų atitinkamais PT_(1; 2) dariniais, turinčio šešis išvadus 14, kurio PT₁ vidurinės p– srities 2 du kraštiniai išvadai 14 yra sujungti su srovės šaltiniu I ir kartu vienas kraštinis išvadas 14 – su PT₂ vienos kraštinės p– srities 12 išvadu 14, o kitas kraštinis išvadas 14 per nuosekliai sujungtus pirmąjį induktorių L_1 ir rezistorių R – su PT₂ kitos kraštinės p– srities 11 išvadu 14. PT₂ vidurinės n– srities 5 išvadas 14 per nuosekliai sujungtus: įtampos U šaltinį, antrąjį induktorių L_2 ir apkrovos rezistorių R_a yra sujungtas su PT₁ n– srities 1 išvadu 14. (SU 1290495 A1, Описание изобретения, 1987, Бюл. No. 6).

Analogo – generatoriaus su šešių kontaktų puslaidininkiniu įtaisu trukumas yra tai, kad jis negali būti panaudotas kintamųjų signalų stiprinimo bei skirtingo dažnio signalų dauginimo įtaisuose, harmoninių signalų generavimo įtaisuose, o taip pat neleidžia generuojamų signalų parametrų moduliacijos, ir visą tai apriboja įtaiso funkcinės savybės. Kitas analogo trukumas yra tai, kad jame gali būti tik vienas rezistorius R_a su atitinkamu vieninteliu įrenginio išėjimo gnybtu U_{is} , pavyzdžiui, PT_1 darinio n - srities 1 kontaktas 14.

Analogo trūkumams pašalinti DFPI, sudarytame iš trijų besikeičiančio laidumo tipo, pavyzdžiui, n - p - n puslaidininkinių sluoksnių atitinkamai 1–3 ir su atitinkamais ominiais kontaktais-išvadais 1.1 ir 3.1 prie n - sluoksnių 1 ir 3, bei dviem ominiais kontaktais-išvadais 2.1 ir 2.2 prie p - sluoksniu 2 priešingų išorinių kraštų, ir viename kraštiniame n - sluoksnyje 3 šalia vidurinio p - sluoksniu 2 lygiagrečiai suformuotų dvejų vienodų p - sričių 4 ir 5, DFPI yra padarytas **kitaip**, o būtent pirmajame variante n - sluoksniai 1 ir 3 yra padaryti vidutiniškai stipriai legiruoti, p - sluoksniu 2 yra padarytas vidutiniškai silpnai legiruotas, o p^+ - sritys 4 ir 5 padarytos stipriai legiruotos, ir kitame kraštiniame n - sluoksnyje 1 šalia p - sluoksniu 2 lygiagrečiai yra suformuotos dvi vienodos stipriai legiruotos p^+ - sritys 6 ir 7 su atitinkamais ominiais kontaktais-išvadais 6.1 ir 7.1. Atstumai $W_{B(1;2)}$ tarp atitinkamų p^+ - sričių 4 ir 5, bei 6 ir 7, ir p - sluoksniu 2 storis W_{B3} tarp n - sluoksnių 1 ir 3 yra padaryti mažesni už $L_{(p,n)}$ – šalutinių krūvininkų – skylių (p_n) n - sluoksniuose 1 ir 3, bei elektronų (n_p) p - sluoksnyje 2, difuzijos nuotolius, ir, su šia sąlyga: $W_{B(1-3)} < L_{(p,n)}$, n - sluoksnyje 3 yra sudarytas pirmasis p^+ - n - p^+ laidumo dvipolio tranzistoriaus (DT) darinis DT_1 su atitinkamais pirmaisiais ominiais kontaktais-išvadais: kolektoriaus (K_1) (4.1), emiterio (E_1)(5.1), arba atvirkščiai, ir n - sluoksnyje 3 papildomai suformuotos stipriai legiruotos n^+ - srities 3.1 paviršiuje pirmosios bazės (B_1) kontaktas-išvadas B_1 (3.1), o n - sluoksnyje 1 yra sudarytas antrasis p^+ - n - p^+ laidumo darinis DT_2 su atitinkamais antraisiais ominiais kontaktais-išvadais: K_2 (6.1), E_2 (7.1), arba atvirkščiai, ir n - sluoksnyje 1 papildomai suformuotos stipriai legiruotos n^+ - srities 1.1 paviršiuje antrosios bazės B_2 kontaktas-išvadas B_2 (1.1), o sluoksniuose 1, 2 ir 3 yra sudarytas trečiasis n - p - n laidumo darinis DT_3 su atitinkamais trečiaisiais ominiais kontaktais-išvadais: K_3 (3.1), E_3 (1.1), arba atvirkščiai, ir p - sluoksniu 2 priešinguose išoriniuose kraštuose suformuotų stipriai legiruotų p^+ - sričių 2.1 ir 2.2 paviršiuose trečiosios bazės B_3 atitinkami kontaktai-išvadai $B_{(3.1;3.2)}$ (2.1; 2.2), kai kontaktai-išvadai: B_1 (3.1) ir K_3 (3.1), arba E_3 (3.1), bei B_2 (1.1) ir E_3 (1.1), arba K_3 (1.1), sudaro DFPI atitinkamus du bendruosius kontaktus-išvadus: B_1 - K_3 (3.1), arba B_1 - E_3 (3.1), ir B_2 - E_3 (1.1), arba B_2 - K_3 (1.1). Atstumai $l_{(1;2)}$ nuo atitinkamų greta esančių p^+ - sričių 4 ir 5 n - sluoksnyje 3, bei nuo atitinkamų greta esančių p^+ - sričių 6 ir 7 n - sluoksnyje 1, iki p - sluoksniu 2 yra padaryti mažesni už atitinkamų p - n sandūrų tarp atitinkamų sluoksnių 3-2 ir 1-2



nuskurdintų sričių maksimalių storių $d_{pn(3-2; 1-2) \max} > l_{(1; 2)}$ atitinkamuose n - sluoksniuose 3 ir 1, ir didesni už $L_p < l_{(1; 2)}$.

Kitame DFPI – antrajame variante **kitaip** padaryta įtaiso konstrukcija, o būtent su atstumais: $W_{B(1; 2)} > L_p$, $W_{B3} < L_p$, $W_{B(1; 2)} < d_{pn[(3-(4; 5); (1-(6; 7))] \max}$ ir $W_{B(1-3)} > d_{pn[(3-(4; 5); (1-(6; 7); (2-(1; 3))]$ o, čia: $d_{pn(\max, o)}$ – atitinkamų p - n sandūrų tarp n - sluoksnio 3 ir atitinkamų p^+ - sričių 4 ir 5, bei atitinkamų p - n sandūrų tarp n - sluoksnio 1 ir atitinkamų p^+ - sričių 6 ir 7, bei atitinkamų p - n sandūrų tarp p^- - sluoksnio 2 ir atitinkamų n - sluoksnių 1 ir 3 atitinkamų nuskurdintų sričių n - sluoksniuose 3 ir 1, bei p^- - sluoksnyje 2, maksimalūs storiai, esant atgalinėms poveikių įtampoms, bei neutralūs storiai, kai nėra poveikių įtampų, ir yra sudaryti atitinkami pirmasis ir antrasis puslaidininkiniai tetradai (PT) – atitinkami dariniai $PT_{(1; 2)}$ su atitinkamais pirmaisiais ir antraisiais kontaktais-išvadais: $K_{(1; 2)}(4.1; 6.1)$, arba $E_{(1; 2)}(4.1; 6.1)$, $E_{(1; 2)}(5.1; 7.1)$, arba $K_{(1; 2)}(5.1; 7.1)$, $B_{(1.1; 2.1)}(3.1; 1.1)$, ir kontaktai-išvadai: $B_{1.1-K}(3.1)$, arba $B_{1.1-E}(3.1)$, bei $B_{2.1-E}(1.1)$, arba $B_{2.1-K}(1.1)$, yra DFPI bendrieji kontaktai-išvadai, o sluoksniuose 1, 2 ir 3 yra sudarytas n - p^- -n laidumo darinis DT su atitinkamais pirmojo DFPI varianto DT_3 parametrais.

Kitame DFPI – trečiajame variante **kitaip** padaryta įtaiso konstrukcija, o būtent su atstumais: $W_{B(1; 2)} < L_p$, $W_{B(1-3)} > d_{pn[(3-(4; 5); (1-(6; 7); (2-(1; 3))]$ o, ir $W_{B3} > L_p$, bei $W_{B3} < d_{pn[(2-(1; 3))] \max}$, ir yra sudaryti atitinkami $DT_{(1; 2)}$ ir PT dariniai su atitinkamais pirmaisiais ir antraisiais kontaktais-išvadais: $K_{(1; 2)}(4.1; 6.1)$, arba $E_{(1; 2)}(4.1; 6.1)$, $E_{(1; 2)}(5.1; 7.1)$, arba $K_{(1; 2)}(5.1; 7.1)$, $B_{(1.1; 2.1)}(3.1; 1.1)$, bei $B_{(1; 2)}(2.1; 2.2)$, ir kontaktai-išvadai: $B_{1.1-K}(3.1)$, arba $B_{1.1-E}(3.1)$, bei $B_{2.1-E}(1.1)$, arba $B_{2.1-K}(1.1)$, yra DFPI bendrieji kontaktai-išvadai, o sluoksniuose 1, 2 ir 3 sudarytas n - p^- -n laidumo darinis PT atitinka antrojo DFPI varianto $PT_{(1; 2)}$ parametrus.

Kitame DFPI – ketvirtajame variante **kitaip** padaryta įtaiso konstrukcija, o būtent su DFPI antrojo varianto parametrais $W_{B(1; 2)}$ ir su DFPI pirmojo varianto parametrais $l_{(1; 2)}$ ir W_{B3} , ir n - sluoksniuose 3, bei 1, yra sudaryti atitinkami pirmasis ir antrasis sandūriniai atidarytų n -kanalų vienpoliai (lauko) tranzistoriai (VT) – atitinkami dariniai $VT_{(1; 2)}$ su atitinkamais pirmaisiais ir antraisiais kontaktais-išvadais: santakų ($D_{(1; 2)}(3.1; 1.1)$, arba ištakų ($S_{(1; 2)}(3.1; 1.1)$, ir užtūrų ($G_{(1.1; 1.2)}(4.1; 5.1)$, arba atvirkščiai, bei ($G_{(2.1; 2.2)}(6.1; 7.1)$, arba atvirkščiai, o sluoksniuose 1, 2 ir 3 yra sudarytas n - p^- -n laidumo darinis DT su atitinkamais pirmojo DFPI varianto DT_3 parametrais, ir kontaktai-išvadai: $D_1(3.1)$, arba $S_1(3.1)$, ir $K(3.1)$, arba $E(3.1)$, bei $D_2(1.1)$, arba $S_2(1.1)$, ir $E(1.1)$, arba $K(1.1)$, yra DFPI bendrieji kontaktai-išvadai.

Visų variantų DFPI konstrukcijos yra padarytos **kitaip**, o būtent planarinės (paviršinės) technologijos būdu yra suformuotas „horizontalios“ konstrukcijos DFPI, pavyzdžiui, ant dielektrinio šilumai laidaus padėklo yra suformuotas stačiakampio formos epitaksinis d storio, D pločio ir L ilgio n - sluoksniš, kurio priešinguose kraštuose išilgai L per visą n - sluoksnio storį d yra suformuotos dvi stačiakampės n^+ - sritys: 1.1 ir 3.1, su atitinkamais kontaktais-išvadais 1.1 ir

3.1, ir n^+ sričių 1.1 ir 3.1 kraštinės yra lygiagrečios L ir D kraštinėms. Viduryje tarp n^+ sričių 1.1 ir 3.1 per visą storį d ir plotį D yra suformuota stačiakampė p^- sritis 2 su kraštinėmis W_{B_3} ir $L_2 = D$, lygiagrečiomis atitinkamai L ir D , ir išilgai L_2 kryptimi p^- srities 2 priešinguose galuose yra suformuotos atitinkamos p^+ sritys: 2.1 ir 2.2, su atitinkamais kontaktais-išvadais 2.1 ir 2.2. Viduryje tarp n^+ srities 3.1 ir p^- srities 2, bei viduryje tarp n^+ srities 1.1 ir p^- srities 2, per visą storį d yra suformuotos atitinkamos poros stačiakampių p^+ sričių: 4 ir 5, bei 6 ir 7, su atitinkamais kontaktais -išvadais: 4.1 ir 5.1, bei 6.1 ir 7.1, ir p^+ sričių 4–7 kraštinės yra lygiagrečios L ir D kraštinėms, ir porose p^+ sritys 4 ir 5, bei 6 ir 7, yra suformuotos priešpriešiais ir lygiagrečiai D kraštinei atitinkamais atstumais $W_{B_{(1;2)}}$ tarp jų atitinkamose porose, ir atitinkamais atstumais $l_{(1;2)}$ nuo p^- srities 2 iki atitinkamų porų p^+ sričių: 4 ir 5, bei 6 ir 7.

Visų variantų DFPI konstrukcijos yra padarytos **kitaip**, o būtent planarinės (paviršinės) technologijos būdu „vertikalios“ konstrukcijos DFPI, pavyzdžiui, p^- laidumo puslaidininkinio kristalo 2 – įtaiso padėklo 2 paviršiuje simetriškai priešpriešiais su lygiagrečiomis kraštinėmis atstumu W_{B_3} viena nuo kitos yra suformuotos dvi vienodos n^- laidumo stačiakampės sritys 1 ir 3, kurios į p^- kristalą 2 yra įterptos h_1 gylyje. Atitinkamose n^- srityse 1 ir 3, šalia W_{B_3} pločio suformuotos p^- srities 2, simetriškai viena priešais kitą lygiagrečiomis kraštinėmis su n^- sričių 1 ir 3 kraštinėmis, ir lygiagrečiai W_{B_3} pločio p^- srities 2 išilginei kraštinei, yra suformuotos atitinkamos poros vienodų p^+ laidumo stačiakampių sričių: 4 ir 5, bei 6 ir 7, kurios į atitinkamas n^- sritis 3 ir 1 yra įterptos gylyje $h_2 < h_1$, ir $(h_1 - h_2) = l_{(1;2)}$. Atitinkamose n^- srityse 1 ir 3, šalia atitinkamų porų p^+ sričių: 6 ir 7, bei 4 ir 5, priešingose pusėse nuo W_{B_3} pločio p^- srities 2, yra suformuotos atitinkamos n^+ sritys 1.1 ir 3.1, kurios į atitinkamas n^- sritis 1 ir 3 yra įterptos gylyje $h_{n+} \leq h_2$. Šalia n^- sričių 1 ir 3 simetriškai priešingose W_{B_3} pločio p^- srities 2 pusėse yra suformuotos vienodos stačiakampės p^+ sritys 2.1 ir 2.2, kurių kraštinės yra lygiagrečios n^- sritims 1 ir 3. Visos sritys: 1.1; 2.1; 2.2; 3.1; 4; 5; 6 ir 7 turi atitinkamus kontaktus-išvadás: 1.1; 2.1; 2.2; 3.1; 4.1; 5.1; 6.1 ir 7.1.

Analogo trūkumams pašalinti stiprintuvas-dažnių $\omega_{in(1-3)}$ maišiklis yra padarytas **kitaip**, kuriame yra įjungtas DFPI su, pavyzdžiui, $p-n-p$ laidumo $DT_{(1;2)}$ ir $n-p-n$ laidumo DT_3 dariniais, turinčiais atitinkamus kontaktus-išvadás: du bendruosius kontaktus-išvadás B_1-K_3 (arba B_1-E_3) ir B_2-E_3 (arba B_2-K_3), $E_{(1;2)}$, $K_{(1;2)}$ ir $B_{(3.1;3.2)}$, ir schemeje yra įjungti penki rezistoriai $R_{(1-5)}$, atitinkamai pirmasis (R_1)–penktasis (R_5), keturi apkrovų rezistoriai $R_{a(1-4)}$, atitinkamai pirmasis (R_{a1})–ketvirtasis (R_{a4}), septyni kondensatoriai $C_{(1-7)}$, atitinkamai pirmasis (C_1)–septintasis (C_7), trys įėjimų gnybtai $U_{in(1-3)}$, atitinkamai pirmasis (U_{in1})–trečiasis (U_{in3}), keturi išėjimų gnybtai $U_{is(1-4)}$, atitinkamai pirmasis (U_{is1})–ketvirtasis (U_{is4}), pastoviosios įtampos $\mathcal{E}_0$ maitinimo šaltinis. DFPI kontaktas-išvadas B_1-K_3 per R_1 yra sujungtas su „žeme“

($\perp$) – įtaiso nulinio potencialo šina, ir kartu per R_2 – su šaltinio $\mathcal{E}_0$ neigiamo (–) poliškumo gnybtu „–“, o teigiamo (+) poliškumo gnybtas „+“ – su „žeme“, ir kartu per C_1 – su gnybtu $U_{in\ 1}$. DT₁ kontaktas-išvadas K_1 per $R_{a\ 1}$ yra sujungtas su šaltinio $\mathcal{E}_0$ gnybtu „–“ ir kartu per C_2 – su gnybtu $U_{iš\ 1}$, kontaktas-išvadas E_1 per $R_{a\ 2}$ – su „žeme“ ir kartu per C_3 – su gnybtu $U_{iš\ 2}$. DFPI kontaktas-išvadas B_2 - E_3 per R_3 yra sujungtas su „žeme“ ir kartu per R_4 – su šaltinio $\mathcal{E}_0$ gnybtu „–“, ir kartu per C_4 – su gnybtu $U_{in\ 2}$. DT₂ kontaktas-išvadas K_2 per $R_{a\ 3}$ yra sujungtas su šaltinio $\mathcal{E}_0$ gnybtu „–“ ir kartu per C_5 – su gnybtu $U_{iš\ 3}$, kontaktas-išvadas E_2 per $R_{a\ 4}$ – su „žeme“ ir kartu per C_6 – su gnybtu $U_{iš\ 4}$. DT₃ kontaktas-išvadas $B_{3,1}$, arba $B_{3,2}$, arba abu $B_{3,(1-2)}$ kartu, per R_5 yra sujungti su „žeme“ ir kartu visais atvejais per C_7 – su gnybtu $U_{in\ 3}$.

Analogo trūkumams pašalinti impulsų formuotuvų yra padarytas **kitaip**, kuriame yra įjungtas DFPI su DT₍₁₋₃₎ dariniais. DFPI bendrasis kontaktas-išvadas B_1 - E_3 per R_1 yra sujungtas su „žeme“ ir kartu per C_1 – su gnybtu U_{in} , o kontaktas-išvadas B_2 - K_3 per R_2 – su „žeme“. DT₁ kontaktas-išvadas K_1 per $R_{a\ 1}$ yra sujungtas su šaltinio $\mathcal{E}_0$ gnybtu „–“, o gnybtas „+“ – su „žeme“, ir kartu per C_2 – su gnybtu $U_{iš\ 1}$, o kontaktas-išvadas E_1 per $R_{a\ 2}$ – su „žeme“ ir kartu per C_3 – su gnybtu $U_{iš\ 2}$. DT₂ kontaktas-išvadas K_2 per $R_{a\ 3}$ yra sujungtas su šaltinio $\mathcal{E}_0$ gnybtu „–“ ir kartu per C_4 – su gnybtu $U_{iš\ 3}$, o kontaktas-išvadas E_2 per $R_{a\ 4}$ – su „žeme“ ir kartu per C_5 – su gnybtu $U_{iš\ 4}$. DT₂ kontaktas-išvadas K_2 per C_7 yra sujungtas su DT₁ kontaktu-išvadu E_1 , o DT₃ kontaktai-išvadai $B_{(3,1; 3,2)}$ per R_3 – su „žeme“ ir kartu per C_6 – su DT₁ kontaktu-išvadu K_1 . Kitame variante DFPI bendrasis kontaktas-išvadas B_2 - K_3 per C_1 yra sujungtas su gnybtu U_{in} , DT₂ kontaktas-išvadas K_2 per C_6 – su DT₃ kontaktais-išvadais $B_{3,(1; 2)}$, o DT₁ kontaktas-išvadas K_1 per C_7 – su DT₂ kontaktu-išvadu E_2 .

Analogo trūkumams pašalinti impulsų formuotuvų yra padarytas **kitaip**, kuriame yra įjungtas DFPI su DT₍₁₋₃₎ dariniais ir DT₃ kontaktai-išvadai $B_{(3,(1; 2))}$ yra laisvi. DFPI bendrieji kontaktai-išvadai B_1 - K_3 ir B_2 - E_3 per atitinkamus $R_{(1; 2)}$ yra sujungti su transformatoriaus (Tr) antrinės apvijos (II) išvadais, o Tr pirminės apvijos (I) išvadai – atitinkamai – su gnybtu $U_{in\ 1}$ ir – su „žeme“. DT₁ kontaktas-išvadas K_1 per $R_{a\ 1}$ yra sujungtas su šaltinio $\mathcal{E}_0$ gnybtu „–“ (arba „+“), o gnybtas „+“ (arba „–“) – su „žeme“, ir kartu per C_1 – su gnybtu $U_{iš\ 1}$, kontaktas-išvadas E_1 per $R_{a\ 3}$ – su „žeme“ ir kartu per C_3 – su gnybtu $U_{iš\ 3}$. DT₂ kontaktas-išvadas K_2 per $R_{a\ 2}$ yra sujungtas su šaltinio $\mathcal{E}_0$ gnybtu „–“ (arba „+“) ir kartu per C_2 – su gnybtu $U_{iš\ 2}$, kontaktas-išvadas E_2 per $R_{a\ 4}$ – su „žeme“ ir kartu per C_4 – su gnybtu $U_{iš\ 4}$. Kitu atveju DT_(1; 2) kontaktai-išvadai $E_{(1; 2)}$ kartu per $R_{a\ 3}$ yra sujungti su „žeme“ ir kartu per C_3 – su gnybtu $U_{iš\ 3}$. Dar kitu atveju DT_(1; 2) kontaktai-išvadai $K_{(1; 2)}$ atskirai per atitinkamus $R_{a\ (1; 2)}$ yra sujungti su atitinkamų pastoviųjų įtampų $\mathcal{E}_{(1; 2)}$ maitinimo šaltinių atitinkamais gnybtais „±“ (arba „∓“), o gnybtai „∓“ (arba „±“) – su „žeme“.

Analogo trūkumams pašalinti relaksacinių ir harmoninių virpesių generatorius yra padarytas **kitaip**, kuriame yra įjungtas DFPĮ su $DT_{(1-3)}$ dariniais. DFPĮ bendrieji kontaktai-išvadai B_1-K_3 ir B_2-E_3 per atitinkamus $R_{(1; 3)}$ yra sujungti su „žeme“ ir kartu per atitinkamus $R_{(2; 4)}$ – su šaltinio $\mathcal{E}_0$ gnybtu „–“, o gnybtas „+“ – su „žeme“. DT_1 kontaktas-išvadas K_1 per $R_{a 1}$ yra sujungtas su šaltinio $\mathcal{E}_0$ gnybtu „–“ ir kartu per C_1 – su gnybtu $U_{is 1}$, ir kartu per C_5 – su DT_3 kontaktais-išvadais $B_{3,(1; 2)}$, o DT_1 kontaktas-išvadas E_1 per $R_{a 2}$ – su „žeme“ ir kartu per C_2 – su gnybtu $U_{is 2}$. DT_2 kontaktas-išvadas K_2 per $R_{a 3}$ yra sujungtas su šaltinio $\mathcal{E}_0$ gnybtu „–“ ir kartu per C_3 – su gnybtu $U_{is 3}$, ir kartu per C_6 (arba per nuosekliai sujungtus C_6 ir induktorių L) – su DFPĮ kontaktu-išvadu B_1-K_3 , arba dar kitame variante DT_2 kontaktas-išvadas K_2 per C_6 yra sujungtas su DFPĮ kontaktu-išvadu B_1-K_3 ir kartu per lygiagrečiai sujungtus C_7 ir L – su „žeme“, o kontaktas-išvadas E_2 per $R_{a 4}$ – su „žeme“ ir kartu per C_4 – su gnybtu $U_{is 4}$. DT_3 kontaktai-išvadai $B_{3,(1; 2)}$ per R_5 yra sujungti su „žeme“.

Analogo trūkumams pašalinti impulsų formuotuvus yra padarytas **kitaip**, kuriame yra įjungtas DFPĮ su $PT_{(1; 2)}$ ir DT dariniais, turinčiais atitinkamus kontaktus-išvadus: du bendruosius kontaktus-išvadus $B_{2,1}-E$ (arba $B_{2,1}-K$) ir $B_{1,1}-K$ (arba $B_{1,1}-E$), $E_{(1; 2)}$, $K_{(1; 2)}$ ir $B_{(1; 2)}$. DFPĮ bendrasis kontaktas-išvadas $B_{1,1}-K$ per R_1 yra sujungtas su šaltinio $\mathcal{E}_0$ gnybtu „+“, o gnybtas „–“ – su „žeme“, ir kontaktas-išvadas $B_{2,1}-E$ per R_2 – su „žeme“ ir kartu per R_3 – su šaltinio $\mathcal{E}_0$ gnybtu „+“. $PT_{(1; 2)}$ kontaktai-išvadai $K_{(1; 2)}$ per atitinkamus $R_{a (1; 2)}$ yra sujungti su šaltinio $\mathcal{E}_0$ gnybtu „+“ ir kartu per atitinkamus $C_{(1; 2)}$ – su atitinkamais gnybtais $U_{is (1; 2)}$, o kontaktai-išvadai $E_{(1; 2)}$ per atitinkamus $R_{a (3; 4)}$ – su „žeme“ ir kartu per atitinkamus $C_{(3; 4)}$ – su atitinkamais gnybtais $U_{is (3; 4)}$. DT kontaktai-išvadai $B_{(1; 2)}$ per R_4 yra sujungti su šaltinio $\mathcal{E}_0$ gnybtu „+“ ir kartu per R_5 – su „žeme“, ir kartu per C_5 – su gnybtu U_{in} .

Analogo trūkumams pašalinti diferencialinis (skirtuminis) stiprintuvas- dažnių harmonikų plėtiklis yra padarytas **kitaip**, kuriame yra įjungtas DFPĮ su $DT_{(1; 2)}$ ir PT dariniais, turinčiais atitinkamus kontaktus-išvadus: du bendruosius kontaktus-išvadus $B_{1,1}-K$ (arba $B_{1,1}-E$) ir $B_{2,1}-E$ (arba $B_{2,1}-K$), $E_{(1; 2)}$, $K_{(1; 2)}$ ir $B_{(1; 2)}$. DFPĮ bendrasis kontaktas-išvadas $B_{1,1}-K$ per R_1 yra sujungtas su „žeme“ ir kartu per C_1 – su gnybtu $U_{in 1}$, ir kartu per R_2 – su šaltinio $\mathcal{E}_0$ gnybtu „–“, o gnybtas „+“ – su „žeme“, o kontaktas-išvadas $B_{2,1}-E$ per R_3 – su „žeme“ ir kartu per C_2 – su gnybtu $U_{in 2}$, ir kartu per R_4 – su šaltinio $\mathcal{E}_0$ gnybtu „–“. $DT_{(1; 2)}$ kontaktai-išvadai $E_{(1; 2)}$ per R_5 yra sujungti su „žeme“, o kontaktai-išvadai $K_{(1; 2)}$ per atitinkamus $R_{a (1; 2)}$ – su šaltinio $\mathcal{E}_0$ gnybtu „–“, ir kartu per atitinkamus $C_{(3; 4)}$ – su atitinkamais gnybtais $U_{is (1; 2)}$, ir kartu per atitinkamus $R_{(6; 7)}$ – su PT bazės B atitinkamais gnybtais $B_{(1; 2)}$.

Analogo trūkumams pašalinti stiprintuvas-dažnių $\omega_{in (1-5)}$ maišiklis yra padarytas **kitaip**, kuriame yra įjungtas DFPĮ su, pavyzdžiui, sandūriniais atidarytų n – kanalų ir dviejų užtūrų $VT_{(1; 2)}$, bei $n-p-n$ laidumo DT dariniais, turinčiais atitinkamus kontaktus-išvadus: du

bendruosius kontaktus-išvadás S_1 -E ir D_2 -K, $G_{(1.1; 1.2)}$ ir $G_{(2.1; 2.2)}$. DFPĮ bendrasis kontaktas-išvadás S_1 -E per R_{a1} yra sujungtas su „žeme“ ir kartu per C_1 – su gnybtu U_{is1} , o kontaktas-išvadás D_2 -K per R_{a2} yra sujungtas su šaltinio $\mathcal{E}_0$ gnybtu „+“ arba „–“, o gnybtas „–“, arba „+“ – su „žeme“, ir kartu per C_2 – su gnybtu U_{is2} . VT₁ kontaktas-išvadás $G_{1.1}$ per R_1 yra sujungtas su „žeme“ ir kartu per C_3 – su gnybtu U_{in1} , o kontaktas-išvadás $G_{1.2}$ per R_2 – su „žeme“ ir kartu per C_4 – su gnybtu U_{in2} . VT₂ kontaktas-išvadás $G_{2.1}$ per R_3 yra sujungtas su „žeme“ ir kartu per C_5 – su gnybtu U_{in3} , o kontaktas-išvadás $G_{2.2}$ per R_4 – su „žeme“ ir kartu per C_6 – su ketvirtuoju gnybtu U_{in4} . DT kontaktai-išvadaai $B_{(1; 2)}$ per R_5 yra sujungti su „žeme“ ir kartu per R_6 – su šaltinio $\mathcal{E}_0$ gnybtu „+“ arba „–“, ir kartu per C_7 – su penktuoju gnybtu U_{in5} .

DFPĮ darinys ir jo konstrukcijų variantai su atitinkamais schemotechniniais žymenimis yra parodyti **Fig. 1, a–c**. **Fig. 2, a** ir **b**, yra parodyti planarinės (paviršinės) technologijos būdu suformuoto „horizontalios“ konstrukcijos DFPĮ atitinkamai vaizdas iš „viršaus“ su atitinkamais kontaktais-išvadais, ir vertikalus pjūvis, **Fig. 3** yra parodytas planarinės (paviršinės) technologijos būdu suformuoto „vertikalios“ konstrukcijos DFPĮ vertikalus pjūvis, o **Fig. 4** – vertikalios konstrukcijos DFPĮ vaizdas iš „viršaus“ su atitinkamais kontaktais-išvadais. **Fig. 5–Fig. 11** yra parodytos įvairios elektroninės schemos su DFPĮ, o **Fig. 12–Fig. 15** yra parodytos atitinkamų schemų su DFPĮ įėjimuose $U_{in(1; 2; \dots)}$ ir išėjimuose $U_{is(1; 2; \dots)}$ veikiančių atitinkamų signalų $u_{(in, is)(1; 2; \dots)}(t)$ laikinės t diagramos. Fig. 1–Fig. 4 skaičiais ir simboliais yra pažymėta: **1–3** – atitinkamai pirmasis (1)– trečiasis (3), pavyzdžiui, $n-p-n$ laidumų puslaidininkiniai sluoksniai; **1.1, (2.1, 2.2)** ir **3.1** – atitinkamai sluoksnių 1–3 atitinkami ominiiai kontaktai-išvadaai: B_2 ir E_3 , arba K_3 ; $B_{3.1}$ ir $B_{3.2}$; B_1 ir K_3 , arba E_3 ; **4–7** – p^+ sričių poros atitinkamuose sluoksniuose 3 ir 1; **4.1–7.1** – atitinkamų p^+ sričių 4–7 atitinkami ominiiai kontaktai-išvadaai: K_1 (E_1) ir E_1 (K_1), arba $G_{1.1}$ ir $G_{1.2}$; K_2 (E_2) ir E_2 (K_2), arba $G_{2.1}$ ir $G_{2.2}$; **8** – termolaidus dielektrinis padėklas. **Fig. 5–Fig. 9** skaičiais ir simboliais yra pažymėta: **1–5** – rezistoriai $R_{(1-5)}$: pirmasis (R_1)–penktasis (R_5); **6–9** – apkrovų rezistoriai $R_{a(1-4)}$: pirmasis (R_{a1})–ketvirtasis (R_{a4}); **10–16** – kondensatoriai $C_{(1-7)}$: pirmasis (C_1)–septintasis (C_7); **17** – maitinimo pastoviosios įtampos $\mathcal{E}_0$ šaltinis; **18** – „žeme“ – įtaiso nulinio potencialo šina; **19–21** – įtaiso įėjimų gnybtai $U_{in(1-3)}$: pirmasis (U_{in1})–trečiasis (U_{in3}); **22–25** – įtaiso išėjimų gnybtai $U_{is(1-4)}$: pirmasis (U_{is1})–ketvirtasis (U_{is4}); **26–28** – transformatorius (Tr) ir jo apvijos, atitinkamai pirmoji (I) ir antroji (II); **29** ir **30** – maitinimų pastoviųjų įtampų $\mathcal{E}_{(1; 2)}$ šaltiniai: pirmasis ($\mathcal{E}_1$) ir antrasis ($\mathcal{E}_2$); **31** – induktorius L_1 ; **32** ir **33** – įtaiso įėjimų gnybtai $U_{in(4; 5)}$: ketvirtasis (U_{in4}) ir penktasis (U_{in5}); **34** ir **35** – šeštasis (R_6) ir septintasis (R_7) rezistoriai.

DFPĮ (Fig. 1, a) pirmasis variantas (Fig. 1, b) yra sudarytas iš trijų besikeičiančio laidumo tipo, pavyzdžiui, $(n^+-n)-p^--(n-n^+)$ puslaidininkinių sluoksnių, atitinkamai 1–3, ir n -sluoksniuose 1 ir 3 suformuotų atitinkamų lygiagrečiai išdėstytų priešingose p^- sluoksnio 2

pusėse vienodų porų p^+ – sričių 6 ir 7, bei 4 ir 5, kai n – sluoksniai 1 ir 3 yra padaryti vidutiniškai stipriai legiruoti donorinėmis priemaišomis $N_{d(1;3)} = (10^{17} - 10^{19}) \text{ cm}^{-3}$, o p^- – sluoksniu 2 yra padarytas vidutiniškai silpnai legiruotas akceptorinėmis priemaišomis $N_{a2} = (10^{16} - 10^{18}) \text{ cm}^{-3}$, kai n – sluoksnyje 3 suformuotos stipriai legiruotos akceptorinėmis priemaišomis $N_{a(4;5)} = (10^{19} - 10^{21}) \text{ cm}^{-3}$ atitinkamos p^+ – sritys 4 ir 5 kartu su n – sluoksniu 3 sudaro $p^+ - n - p^+$ laidumo darinį DT_1 su atitinkamais kontaktais-išvadais: K_1 (4.1), E_1 (5.1), arba E_1 (4.1), K_1 (5.1), ir n – sluoksnyje 3 suformuotos stipriai legiruotos donorinėmis priemaišomis $N_{d(3.1)} = (10^{19} - 10^{21}) \text{ cm}^{-3}$ atitinkamos n^+ – srities 3.1 paviršiuje kontaktas-išvadas B_1 (3.1), ir kartu kontaktas-išvadas K_3 (3.1) arba E_3 (3.1), o n – sluoksnyje 1 suformuotos stipriai legiruotos akceptorinėmis priemaišomis $N_{a(6;7)} = (10^{19} - 10^{21}) \text{ cm}^{-3}$ atitinkamos p^+ – sritys 6 ir 7 kartu su n – sluoksniu 1 sudaro $p^+ - n - p^+$ laidumo darinį DT_2 su atitinkamais kontaktais-išvadais: K_2 (6.1), E_2 (7.1), arba E_2 (6.1), K_2 (7.1), ir n – sluoksnyje 1 suformuotos stipriai legiruotos donorinėmis priemaišomis $N_{d(1.1)} = (10^{19} - 10^{21}) \text{ cm}^{-3}$ n^+ – srities 1.1 paviršiuje kontaktas-išvadas B_2 (1.1), ir kartu kontaktas-išvadas E_3 (3.1) arba K_3 (3.1), o sluoksniai 1–3 sudaro $(n^+ - n) - p^- - (n - n^+)$ laidumo darinį DT_3 su atitinkamais kontaktais-išvadais: K_3 (3.1), E_3 (1.1), arba E_3 (3.1), K_3 (1.1), ir p^- – sluoksnyje 2 priešinguose išoriniuose kraštuose yra suformuotos atitinkamos vienodos stipriai legiruotos akceptorinėmis priemaišomis $N_{a(2.1;2.2)} = (10^{19} - 10^{21}) \text{ cm}^{-3}$ atitinkamos p^+ – sritys 2.1 ir 2.2 su jų paviršiuose atitinkamais kontaktais-išvadais: $B_{3.1}$ (2.1) ir $B_{3.2}$ (2.2). Darinių $DT_{(1-3)}$ atitinkamos funkcinės savybės yra sudarytos atitinkamų bazių $B_{(1-3)}$ – atitinkamų n – sričių 1 ir 3 tarp atitinkamų p^+ – sričių 6 ir 7, bei 4 ir 5, bei p^- – sluoksniu 2 atitinkamais storiais $W_{B(1-3)} < L_{(p,n)}$ – šalutinių krūvininkų – skylių (p_n) n – bazėse $B_{(1;3)}$ ir elektronų (n_p) p^- – bazėje B_2 , difuzijos nuotoliai, o p^+ – sričių 4 ir 5 n – sluoksnyje 3, bei p^+ – sričių 6 ir 7 n – sluoksnyje 1, atitinkami atstumai $l_{(1;2)}$ iki p^- – sluoksniu 2 yra padaryti mažesni už atitinkamų $p-n$ sandūrų tarp atitinkamų sluoksnių 3-2 ir 1-2 nuskurdintų sričių maksimalių storių $d_{pn(3-2;1-2) \max}$ atitinkamuose sluoksniuose 3 ir 1: $d_{pn(3-2;1-2) \max} > l_{(1;2)}$. $DT_{(1;2)}$ darinių atitinkamų n^+ – sričių 3.1 ir 1.1 atitinkami kontaktai 3.1 ir 1.1 yra DFPI atitinkami bendrieji kontaktai-išvada B_1-K_3 ir B_2-E_3 , arba B_1-E_3 ir B_2-K_3 .

DFPI (Fig. 1, a) antrasis variantas (Fig. 1, c) yra sudarytas su atstumais $W_{B(1;2)} > L_p$ ir kartu $W_{B(1;2)} < d_{pn[(3-4;3-5);(1-6;1-7)] \max}$, ir kartu $W_{B(1;2)} > d_{pn[(3-4;3-5);(1-6;1-7)]}$ o, čia: $d_{pn[(3-4;3-5);(1-6;1-7)] (\max, o)}$ – atitinkamų $p-n$ sandūrų tarp n – sluoksniu 3 ir atitinkamų p^+ – sričių 4 ir 5, bei atitinkamų $p-n$ sandūrų tarp n – sluoksniu 1 ir atitinkamų p^+ – sričių 6 ir 7, atitinkamų nuskurdintų sričių n – sluoksnyje 3 ir n – sluoksnyje 1 maksimalus storis esant atgalinių poveikių įtampoms, bei neutralus storis, kai nėra poveikių įtampų, ir n – sluoksniuose 3, bei 1, yra sudaryti atitinkami dariniai $VT_{(1;2)}$ su atitinkamais kontaktais-išvadais: $D_{(1;2)}(3.1;1.1)$, arba $S_{(1;2)}(3.1;1.1)$, ir $G_{(1.1;1.2)}(4.1;5.1)$ arba $G_{(1.1;1.2)}(5.1;4.1)$, bei $G_{(2.1;2.2)}(6.1;7.1)$ arba $G_{(2.1;2.2)}$

(7.1; 6.1), o sluoksniuose 1, 2 ir 3 yra sudarytas $n-p-n$ laidumo darinis DT su atitinkamais DFPI pirmojo varianto DT_3 parametrais.

DFPI abiejų variantų konstrukcija yra padaryta planarinės (paviršinės) technologijos būdu „horizontalios“ konstrukcijos (Fig. 2, a ir b), kurioje, pavyzdžiui, ant dielektrinio šilumai laidaus padėklo 8 yra suformuotas stačiakampio formos epitaksinis d storio, D pločio ir L ilgio n - sluoksnis 1-3, kurio priešinguose kraštuose išilgai L per visą n - sluoksnio 1-3 storį d yra suformuotos dvi stačiakampės n^+ - sritys 1.1 ir 3.1, su atitinkamais kontaktais-išvadais 1.1 ir 3.1, ir n^+ - sričių 1.1 ir 3.1 kraštinės yra lygiagrečios L ir D kraštinėms. Viduryje tarp n^+ - sričių 1.1 ir 3.1 per visą storį d ir plotį D yra suformuota stačiakampė p^- - sritis 2 su kraštinėmis W_{B_3} ir $L_2 = D$, lygiagrečiomis atitinkamai L ir D , ir išilgai L_2 kryptimi p^- - srities 2 priešinguose galuose yra suformuotos atitinkamos p^+ - sritys 2.1 ir 2.2, su atitinkamais kontaktais-išvadais 2.1 ir 2.2. Viduryje tarp n^+ - srities 3.1 ir p^- - srities 2, bei viduryje tarp n^+ - srities 1.1 ir p^- - srities 2, per visą storį d yra suformuotos atitinkamos poros stačiakampių p^+ - sričių: 4 ir 5, bei 6 ir 7, su atitinkamais kontaktais -išvadais: 4.1 ir 5.1, bei 6.1 ir 7.1, ir p^+ - sričių 4-7 kraštinės yra lygiagrečios L ir D kraštinėms, ir porose p^+ - sritys 4 ir 5, bei 6 ir 7, yra suformuotos priešpriešiais ir lygiagrečiai D kraštinei atitinkamais atstumais $W_{B_{(1;2)}}$ tarp jų atitinkamose porose, ir atitinkamais atstumais $l_{(1;2)}$ nuo p^- - srities 2 iki atitinkamų porų p^+ - sričių: 4 ir 5, bei 6 ir 7.

DFPI abiejų variantų konstrukcija yra padaryta planarinės (paviršinės) technologijos būdu „vertikalios“ konstrukcijos (Fig. 3 ir Fig. 4), kurioje, pavyzdžiui, p^- laidumo puslaidininkinio kristalo 2 – įtaiso padėklo 2 paviršiuje simetriškai priešpriešiais su lygiagrečiomis kraštinėmis atstumu W_{B_3} viena nuo kitos yra suformuotos dvi vienodos stačiakampės n - sritys 1 ir 3, kurios į p^- kristalą 2 yra įterptos h_1 gylyje. Atitinkamose n - srityse 1 ir 3, šalia W_{B_3} pločio suformuotos p^- - srities 2, simetriškai viena priešais kitą lygiagrečiomis kraštinėmis su n - sričių 1 ir 3 kraštinėmis, ir lygiagrečiai W_{B_3} pločio p^- - srities 2 išilginei kraštinei, yra suformuotos atitinkamos poros vienodų p^+ - laidumo stačiakampių sričių: 4 ir 5, bei 6 ir 7, kurios į atitinkamas n - sritis 3 ir 1 yra įterptos $h_2 < h_1$ gylyje, ir $h_1 - h_2 = l_{(1;2)}$. Atitinkamose n - srityse 1 ir 3, šalia atitinkamų porų p^+ - sričių: 6 ir 7, bei 4 ir 5, priešingose pusėse nuo W_{B_3} pločio p^- - srities 2, yra suformuotos atitinkamos n^+ - sritys 1.1 ir 3.1, kurios į atitinkamas n - sritis 1 ir 3 yra įterptos $h_{n+} \leq h_2$ gylyje. Šalia n - sričių 1 ir 3 simetriškai priešingose W_{B_3} pločio p^- - srities 2 pusėse yra suformuotos vienodos stačiakampės p^+ - sritys 2.1 ir 2.2, kurių kraštinės yra lygiagrečios n - sritims 1 ir 3. Visos sritys: 1.1; 2.1; 2.2; 3.1; 4; 5; 6 ir 7 turi atitinkamus kontaktus-išvadus: 1.1; 2.1; 2.2; 3.1; 4.1; 5.1; 6.1 ir 7.1.

Stiprintuvas-dažnių $\omega_{in(1-3)}$ maišiklis (Fig. 5) su pirmojo varianto DFPI (Fig. 1, b) yra padarytas su, pavyzdžiui, $p-n-p$ laidumo $DT_{(1;2)}$ ir $n-p-n$ laidumo DT_3 dariniais, turinčiais atitinkamus kontaktus-išvadus: du bendruosius kontaktus-išvadus B_1-K_3 (3.1) ir B_2-E_3 (1.1),



$E_{(1; 2)}$ (5.1; 7.1), $K_{(1; 2)}$ (4.1; 6.1) ir $B_{(3.1; 3.2)}$ (2.1; 2.2). DFPI bendrieji kontaktai-išvadai B_1-K_3 (3.1) ir B_2-E_3 (1.1) per atitinkamus $R_{(1; 3)}$ (1; 3) yra sujungti su „žeme“ (18) ir kartu per atitinkamus $R_{(2; 4)}$ (2; 4) – su įtampos $\mathcal{E}_0$ šaltinio 17 gnybtu „–“, o gnybtas „+“ – su „žeme“ (18), ir kartu per atitinkamus $C_{(1; 4)}$ (10; 13) – su atitinkamais gnybtais $U_{in (1; 2)}$ (19; 20). DT_1 kontaktas-išvadas K_1 (4.1) per $R_{a 1}$ (6) yra sujungtas su įtampos $\mathcal{E}_0$ šaltinio 17 gnybtu „–“ ir kartu per C_2 (11) – su gnybtu $U_{is 1}$ (22), o kontaktas-išvadas E_1 (5.1) per $R_{a 2}$ (7) – su „žeme“ (18) ir kartu per C_3 (12) – su gnybtu $U_{is 2}$ (23). DT_2 kontaktas-išvadas K_2 (6.1) per $R_{a 3}$ (8) yra sujungtas su įtampos $\mathcal{E}_0$ šaltinio 17 gnybtu „–“ ir kartu per C_5 (14) – su gnybtu $U_{is 3}$ (24), o kontaktas-išvadas E_2 (7.1) per $R_{a 4}$ (9) – su „žeme“ (18) ir kartu per C_6 (15) – su gnybtu $U_{is 4}$ (25). DT_3 kontaktas-išvadas $B_{3.1}$ (2.1), arba $B_{3.2}$ (2.2), arba abu $B_{3.(1-2)}$ (2.1; 2.2) kartu, per R_5 (5) yra sujungti su „žeme“ (18) ir kartu visais atvejais per C_7 (16) – su gnybtu $U_{in 3}$ (21).

Impulsų formuotuvą (Fig. 6) su pirmojo varianto DFPI (Fig. 1, b) yra padarytas su $DT_{(1-3)}$ dariniais. DFPI bendrasis kontaktas-išvadas B_1-E_3 (3.1) per R_1 (1) yra sujungtas su „žeme“ (18) ir kartu per C_1 (10) – su gnybtu $U_{in 1}$ (19), o kontaktas-išvadas B_2-K_3 (1.1) per R_2 (2) – su „žeme“ (18). $DT_{(1; 2)}$ atitinkami kontaktai-išvadai $K_{(1; 2)}$ (4.1; 6.1) per atitinkamus $R_{a (1; 3)}$ (6; 8) yra sujungti su įtampos $\mathcal{E}_0$ šaltinio 17 gnybtu „–“, o gnybtas „+“ – su „žeme“ (18), ir kartu per atitinkamus $C_{(2; 4)}$ (11; 13) – su atitinkamais gnybtais $U_{is (1; 3)}$ (22; 24), o atitinkami kontaktai-išvadai $E_{(1; 2)}$ (5.1; 7.1) per atitinkamus $R_{a (2; 4)}$ (7; 9) – su „žeme“ (18) ir kartu per atitinkamus $C_{(3; 5)}$ – su atitinkamais gnybtais $U_{is (2; 4)}$ (23; 25). DT_2 kontaktas-išvadas K_2 (6.1) per C_7 (16) yra sujungtas su DT_1 kontaktu-išvadu E_1 (5.1). DT_3 kontaktai-išvadai $B_{3.(1; 2)}$ (2.1; 2.2) per R_3 (3) yra sujungti su „žeme“ (18) ir kartu per C_6 (15) – su DT_1 kontaktu-išvadu K_1 (4.1). Kitame variante DFPI bendrasis kontaktas-išvadas B_2-K_3 (1.1) per C_1 (10) yra sujungtas su gnybtu $U_{in 1}$ (19), DT_2 kontaktas-išvadas K_2 (6.1) per C_6 (15) – su DT_3 kontaktais-išvadais $B_{3.(1; 2)}$ (2.1; 2.2), o DT_1 kontaktas-išvadas K_1 (4.1) per C_7 (16) – su DT_2 kontaktu-išvadu E_2 (7.1).

Impulsų formuotuvą (Fig. 7) su pirmojo varianto DFPI (Fig. 1, b) yra padarytas su $DT_{(1-3)}$ dariniais, kai DT_3 kontaktai-išvadai $B_{3.(1; 2)}$ (2.1; 2.2) yra laisvi. DFPI bendrieji kontaktai-išvadai B_1-K_3 (3.1) ir B_2-E_3 (1.1) per atitinkamus $R_{(1; 2)}$ (1; 2) yra sujungti su Tr (26) apvijos II (28) išvadais, o Tr (26) apvijos I (27) išvadai – atitinkamai su gnybtu $U_{in 1}$ (19) ir su „žeme“ (18). $DT_{(1; 2)}$ atitinkami kontaktai-išvadai $K_{(1; 2)}$ (4.1; 6.1) per atitinkamus $R_{a (1; 2)}$ (6; 7) yra sujungti su įtampos $\mathcal{E}_0$ šaltinio 17 gnybtu „–“ (arba „+“), o gnybtas „+“ (arba „–“) – su „žeme“ (18), ir kartu per atitinkamus $C_{(1; 2)}$ (10; 11) – su atitinkamais gnybtais $U_{is (1; 2)}$ (22; 23), o atitinkami kontaktai-išvadai $E_{(1; 2)}$ (5.1; 7.1) per atitinkamus $R_{a (3; 4)}$ (8; 9) – su „žeme“ (18) ir kartu per atitinkamus $C_{(3; 4)}$ (24; 25) – su atitinkamais gnybtais $U_{is (3; 4)}$ (24; 25). Kitu atveju $DT_{(1; 2)}$ kontaktai-išvadai $E_{(1; 2)}$ (5.1; 7.1) kartu per $R_{a 3}$ (8) yra sujungti su „žeme“ (18) ir kartu per C_3 (12) – su gnybtu $U_{is 3}$ (24). Dar kitu atveju $DT_{(1; 2)}$ kontaktai-išvadai $K_{(1; 2)}$ (4.1; 6.1)

atskirai per atitinkamus $R_{a(1;2)}(6;7)$ yra sujungti su atitinkamų pastoviųjų įtampų $\mathcal{E}_{(1;2)}$ maitinimo šaltinių 29 ir 30 atitinkamais gnybtais „ $\pm$ “ (arba „ $\mp$ “), o gnybtai „ $\mp$ “ (arba „ $\pm$ “) – su „žeme“ (18).

Relaksacinių ir harmoninių virpesių generatorius (Fig. 8) su pirmojo varianto DFPI (Fig. 1, b) yra padarytas su $DT_{(1-3)}$ dariniais. DFPI bendrieji kontaktai-išvadai B_1-K_3 (3.1) ir B_2-E_3 (1.1) per atitinkamus $R_{(1;3)}(1;3)$ yra sujungti su „žeme“ (18) ir kartu per atitinkamus $R_{(2;4)}(2;4)$ – su įtampos $\mathcal{E}_0$ šaltinio 17 gnybtu „ $-$ “, o gnybtas „ $+$ “ – su „žeme“ (18). $DT_{(1;2)}$ atitinkami kontaktai-išvadai $K_{(1;2)}(4.1;6.1)$ per atitinkamus $R_{a(1;3)}(6;8)$ yra sujungti su įtampos $\mathcal{E}_0$ šaltinio 17 gnybtu „ $-$ “ ir kartu per atitinkamus $C_{(1;3)}(10;12)$ – su atitinkamais gnybtais $U_{is(1;3)}$, o atitinkami kontaktai-išvadai $E_{(1;2)}(5.1;7.1)$ per atitinkamus $R_{a(2;4)}(7;9)$ – su „žeme“ (18) ir kartu per atitinkamus $C_{(2;4)}(11;13)$ – su atitinkamais gnybtais $U_{is(2;4)}(23;25)$. DT_3 kontaktai-išvadai $B_{3,(1;2)}(2.1;2.2)$ per $R_5(5)$ yra sujungti su „žeme“ (18) ir kartu per $C_5(14)$ – su DT_1 kontaktu-išvadu $K_1(4.1)$. DT_2 kontaktas-išvadas $K_2(6.1)$ per $C_6(15)$ (arba per nuosekliai sujungtus $C_6(15)$ ir induktorių $L(31)$) yra sujungtas su DFPI kontaktu-išvadu B_1-K_3 (3.1), arba dar kitame variante DT_2 kontaktas-išvadas $K_2(6.1)$ per $C_6(15)$ yra sujungtas su DFPI kontaktu-išvadu B_1-K_3 (3.1) ir kartu per lygiagrečiai sujungtus $C_7(16)$ ir $L(31)$ – su „žeme“ 18.

Impulsų formuotuvą (Fig. 9) su antrojo varianto DFPI (Fig. 1, c) yra padarytas su $PT_{(1;2)}$ ir DT dariniais. DFPI bendrasis kontaktas-išvadas $B_{1,1}-K$ (3.1) per $R_1(1)$ yra sujungtas su įtampos $\mathcal{E}_0$ šaltinio 17 gnybtu „ $+$ “, o gnybtas „ $-$ “ – su „žeme“ 18, ir kontaktas-išvadas $B_{2,1}-E$ (3.1) per $R_2(2)$ – su „žeme“ 18 ir kartu per $R_3(3)$ – su įtampos $\mathcal{E}_0$ šaltinio 17 gnybtu „ $+$ “. $PT_{(1;2)}$ kontaktai-išvadai $K_{(1;2)}(4.1;6.1)$ per atitinkamus $R_{a(1;2)}(6;7)$ yra sujungti su įtampos $\mathcal{E}_0$ šaltinio 17 gnybtu „ $+$ “ ir kartu per atitinkamus $C_{(1;2)}(10;11)$ – su atitinkamais gnybtais $U_{is(1;2)}(22;23)$, o kontaktai-išvadai $E_{(1;2)}(5.1;7.1)$ per atitinkamus $R_{a(3;4)}(8;9)$ – su „žeme“ 18 ir kartu per atitinkamus $C_{(3;4)}(12;13)$ – su atitinkamais gnybtais $U_{is(3;4)}(24;25)$. DT kontaktai-išvadai $B_{(1;2)}(2.1;2.2)$ per $R_4(4)$ yra sujungti su įtampos $\mathcal{E}_0$ šaltinio 17 gnybtu „ $+$ “ ir kartu per $R_5(5)$ – su „žeme“ 18, ir kartu per $C_5(14)$ – su gnybtu $U_{in1}(19)$.

Skirtuminis stiprintuvas-dažnių harmonikų plėtiklis (Fig. 10) su trečiojo varianto DFPI (Fig. 1, d) yra padarytas su $DT_{(1;2)}$ ir PT dariniais. DFPI bendrieji kontaktai-išvadai: $B_{1,1}-K$ (3.1) ir $B_{2,1}-E$ (1.1) per atitinkamus $R_{(1;3)}(1;3)$ yra sujungti su „žeme“ 18 ir kartu per atitinkamus $C_{(1;2)}(10;11)$ – su atitinkamais gnybtais $U_{in(1;2)}(19;20)$, kartu per atitinkamus $R_{(2;4)}(2;4)$ – su įtampos $\mathcal{E}_0$ šaltinio 17 gnybtu „ $-$ “, o gnybtas „ $+$ “ – su „žeme“ 18. $DT_{(1;2)}$ kontaktai-išvadai $E_{(1;2)}(5.1;7.1)$ per $R_5(5)$ yra sujungti su „žeme“ 18, o kontaktai-išvadai $K_{(1;2)}(4.1;6.1)$ per atitinkamus $R_{a(1;2)}(6;7)$ – su įtampos $\mathcal{E}_0$ šaltinio 17 gnybtu „ $-$ “, ir kartu per atitinkamus $C_{(3;4)}(12;13)$ – su atitinkamais gnybtais $U_{is(1;2)}(22;23)$, ir kartu per atitinkamus $R_{(6;7)}(34;35)$ – su PT bazės B atitinkamais gnybtais $B_{(1;2)}(2.1;2.2)$.

Stiprintuvas-dažnių $\omega_{in(1-5)}$ maišiklis (Fig. 11) su ketvirtojo varianto DFPI (Fig. 1, e) yra padarytas su $VT_{(1;2)}$ dariniais, pavyzdžiui, sandūriniais atidarytų n –kanalų ir dviejų užtūrų, bei n – p – n laidumo DT dariniu, turinčiais atitinkamus kontaktus-išvadus: DFPI bendruosius kontaktus-išvadus S_1 –E (3.1) ir D_2 –K (1.1), $G_{(1.1; 1.2)}$ (4.1; 5.1) ir $G_{(2.1; 2.2)}$ (6.1; 7.1). DFPI bendrasis kontaktas-išvadas S_1 –E (3.1) per R_{a1} (6) yra sujungtas su „žeme“ (18) ir kartu per C_1 (10) – su gnybtu U_{is1} (22), o kontaktas-išvadas D_2 –K (1.1) per R_{a2} (7) – su įtampos $\mathcal{E}_0$ šaltinio 17 gnybtu „+“ arba „–“, o gnybtas „–“, arba „+“ – su „žeme“ (18), ir kartu per C_2 (11) – su gnybtu U_{is2} (23). VT_1 atitinkami kontaktai-išvadai $G_{(1.1; 1.2)}$ (4.1; 5.1) per atitinkamus $R_{(1;2)}$ (1; 2) yra sujungti su „žeme“ (18) ir kartu per atitinkamus $C_{(3;4)}$ (12; 13) – su atitinkamais gnybtais $U_{in(1;2)}$ (19; 20), o VT_2 atitinkami kontaktai-išvadai $G_{(2.1; 2.2)}$ (6.1; 7.1) per atitinkamus $R_{(3;4)}$ (3; 4) yra sujungti su „žeme“ (18) ir kartu per atitinkamus $C_{(5;6)}$ (14; 15) – su atitinkamais gnybtais $U_{in(3;4)}$. DT kontaktai-išvadai $B_{(1;2)}$ (2.1; 2.2) per R_5 (5) yra sujungti su „žeme“ (18) ir kartu per R_6 (34) – su įtampos $\mathcal{E}_0$ šaltinio 17 gnybtu „+“ arba „–“, ir kartu per C_7 (16) – su gnybtu U_{in5} (33).

Stiprintuvas-dažnių $\omega_{in(1-3)}$ maišiklis (Fig. 5) su DFPI (Fig. 1, a, b–Fig. 4) veikia tokiu būdu.

Ijungia maitinimo šaltinio 17 įtampą $\mathcal{E}_0$ ir atitinkamų $DT_{(1-3)}$ atitinkamus veikos taškus „ $c_{(1-3)}$ “ – $\{I_{K(1-3)0}, U_{KE(1-3)0}\}$ atitinkamose išėjimo voltamperinėse charakteristikose (VACH) nustato atitinkamų apkrovų ($R_{a(1;3)} + R_{a(2;4)}$) ir R_{in1} tiesių viduryje, kai $DT_{(1;2)}$ veikia atitinkamose bendro emiterio (BE) arba emiterinio kartotuvo (EK), o DT_3 – bendros bazės (BB), schemose, ir tuo tikslu parenka įtampos $\mathcal{E}_0$ vertę, bei rezistorinių daliklių $R_{a(1;3)} || R_{a(2;4)}$ (6–9) atitinkamas dalinimo vertes $k_{(1;2)} = R_{a(2;4)} / (R_{a(1;3)} + R_{a(2;4)})$, esant pasirinktoms $R_{a(1-4)}$ (6–9) vertėms, čia: $R_{in1(e)}$ – DT_1 bazės-emiterio įėjimo varža BE schemeje, kai $R_{a2} > 0$; $I_{K(1-3)0}$ ir $U_{(K(E;B)) (1-3)0}$ – atitinkamų $DT_{(1-3)}$ atitinkamų kolektorių $K_{(1-3)}$ (4.1; 6.1; 3.1) srovės ir atitinkamų kontaktų-išvadų $K_{(1;2)}$ –E_(1;2) ir K_3 –B₃ įtampos atitinkamuose veikos taškuose „ $c_{(1-3)}$ “. Normalią DT_3 veiką nustato iš sąlygos: $\mathcal{E}_0 \cdot (k_1 - k_2) > 0$.

Kai poveikio signalą $u_{in1}(t) = U_{oin1} \cdot \sin(\omega_{in1} \cdot t)$, čia: U_{oin1} – amplitudė; ω_{in1} – ciklinis dažnis, paduoda tik į gnybtą U_{in1} (19), tai šiuo atveju gnybtuose $U_{is(3;4)}$ (24; 25) atitinkami signalai $u_{is(3;4)}(t) = 0$, o gnybte U_{is1} (22) įtampos diferencialinis stiprinimo koeficientas $K_{u1(1)}$ yra:

$$K_{u1(1)} = U_{ois1} / U_{oin1} \cong S_1 \cdot R_{a1} / (1 + R_{a2} / R_{a1}), \quad (1)$$

čia: U_{ois1} – gnybte U_{is1} (22) įtampos $u_{is1}(t)$ amplitudė; $S_1 = I_{K1} / \varphi_T$ – DT_1 diferencialinis statusas, čia: φ_T – temperatūrinis koeficientas, ir iš čia, kai: $R_{a1} = 10 \text{ k}\Omega$, $R_{a2} = 1 \text{ k}\Omega$, $I_{K1} = 10 \text{ mA}$ ir $\varphi_T = 0,026 \text{ V}$, gauname $K_{u1(1)} \cong 3,85 \cdot 10^3$, o srovės diferencialinis stiprinimo koeficientas

$K_{i1(1)} \cong \beta_1 \cong \beta_{o1} \equiv 100 - DT_1$ bazės B_1 (3.1) pastoviosios srovės I_{B1} stiprinimo koeficiento priimta vertė ($I_{K1} = \beta_{o1} \cdot I_{B1}$), ir iš čia galios $P_{i1(1)}$ diferencialinis stiprinimo koeficientas $K_{p1(1)} = K_{u1(1)} \cdot K_{i1(1)} \cong 3,85 \cdot 10^5$.

Gnybte U_{i2} (23) įtampos diferencialinis stiprinimo koeficientas $K_{u2(1)} = 1$, nes DT_1 veikia EK pakopoje, srovės diferencialinis stiprinimo koeficientas $K_{i2(1)} \cong \beta_1 \cong \beta_{o1} \equiv 100$ ir galios $P_{i2(1)}$ diferencialinis stiprinimo koeficientas $K_{p2(1)} \cong 100$.

Kai poveikio signalą $u_{in2}(t) = U_{oin2} \cdot \sin(\omega_{in2} \cdot t)$, čia: U_{oin2} – amplitudė; ω_{in2} – ciklinis dažnis, paduoda tik į gnybtą U_{in2} (20), tai šiuo atveju gnybtuose U_{i1-4} (22–25) atitinkamų signalų $u_{i1-4}(t)$ įtampų atitinkami diferencialiniai stiprinimo koeficientai $K_{u1-4(2)}$ yra:

$$K_{u1(2)} = U_{oi1}/U_{oin2} \cong S_1 \cdot S_3 \cdot R_{in1} R_{a1}/(1 + R_{a2}/R_{a1}), \quad (2)$$

$$K_{u2(2)} = U_{oi2}/U_{oin2} \cong S_3 \cdot R_{in1}, \quad (3)$$

$$K_{u3(2)} = U_{oi3}/U_{oin2} \cong S_2 \cdot R_{a3}/(1 + R_{a4}/R_{a3}), \quad (4)$$

$$K_{u4(2)} = U_{oi4}/U_{oin2} \cong 1, \quad (5)$$

čia: $S_{(2;3)} = I_{K(2;3)}/\varphi_T$ – atitinkamai $DT_{(2;3)}$ diferencialiniai statumai; $R_{in1} \cong R_{BE1(e)} + \beta_{o1} \cdot R_{a2}$; $R_{BE1(e)} \cong \beta_{o1}/S_1 - DT_1$ įėjimo varža BE schemoje be neigiamo grįžtamojo ryšio, kai $R_{a2} = 0$, ir iš (2)–(5), kai: $R_{a3} = 10 \text{ k}\Omega$, $R_{a4} = 1 \text{ k}\Omega$, $I_{K2} = 10 \text{ mA}$ ir $I_{K3} = 0,1 \text{ mA}$, gauname: $K_{u1(2)} \cong 1,35 \cdot 10^6$, $K_{u2(2)} \cong 386$, $K_{u3(2)} \cong 3,5 \cdot 10^3$, ir atitinkami srovių diferencialiniai stiprinimo koeficientai: $K_{i1(2)} \cong K_{i2(2)} \equiv 100$, $K_{i3(2)} \cong K_{i4(2)} \equiv 100$, ir iš čia atitinkami galių $P_{i1-4(2)}$ diferencialiniai stiprinimo koeficientai: $K_{p1(2)} \cong 1,35 \cdot 10^8$, $K_{p2(2)} \cong 3,86 \cdot 10^4$, $K_{p3(2)} \cong 3,5 \cdot 10^5$ ir $K_{p4(2)} \cong 100$.

Kai poveikio signalą $u_{in3}(t) = U_{oin3} \cdot \sin(\omega_{in3} \cdot t)$, čia: U_{oin3} – amplitudė; ω_{in3} – ciklinis dažnis, paduoda tik į gnybtą U_{in3} (21), tai šiuo atveju gnybtuose U_{i1-4} (22–25) atitinkamų signalų $u_{i1-4}(t)$ įtampų atitinkami diferencialiniai stiprinimo koeficientai $K_{u1-4(3)}$ atitinka $K_{u1-4(2)}$ ((2)–(5)), ir iš čia visi kiti stiprinimų parametrai atitinka poveikio $u_{in2}(t)$ atveją.

Schemos Fig. 5 išėjimų gnybtuose U_{i1-4} (22–25) atitinkamų signalų $u_{i1-4}(t)$ fazės φ_{i1-4o} atžvilgiu atitinkamų signalų $u_{in1-3}(t)$ įėjimų gnybtuose U_{in1-3} (19–21) yra:

$$|\varphi_{i1(2)o} - \varphi_{in1o}| = 180^\circ (\pi \text{ rad}), 0^\circ, \quad (6)$$

$$|\varphi_{i1-4o} - \varphi_{in2o}| = 180^\circ (\pi \text{ rad}), 0^\circ, 180^\circ (\pi \text{ rad}), 0^\circ, \quad (7)$$

$$|\varphi_{i1-4o} - \varphi_{in3o}| = 0^\circ, 180^\circ (\pi \text{ rad}), 180^\circ (\pi \text{ rad}), 0^\circ. \quad (8)$$

Kai schemoje (Fig. 5) poveikių signalus $u_{in1-2}(t) = U_{oin1-2} \cdot \sin(\omega_{in1-2} \cdot t)$ paduoda kartu į abu atitinkamus gnybtus U_{in1-2} (19; 20), tai šiuo atveju schema (Fig. 5) veikia kaip signalų $u_{in1-2}(t)$ maišiklis ir gnybtuose U_{i1-4} (22–25) yra formuojami neharmoniniai sudėtinio spektro atitinkami sustiprinti signalai $u_{i1-4(1-2)}(t)$, nes šiuo atveju $DT_{(1-3)}$ diferencialiniai



statumai $S_{(1-3)}(u_{in(1;2)}(t))$ – signalų $u_{in(1;2)}(t)$ funkcijos, ir iš čia signalų $u_{is(1-4)(1-2)}(t)$ harmonikas sudaro atitinkami kombinaciniai dažniai $\omega_{is(1-4)k}$:

$$\omega_{is(1-4)k} = |\pm n \cdot \omega_1 \pm m \cdot \omega_2|, \quad (9)$$

čia: $n, m = 1; 2; 3; \dots$, ir tai praplečia įtaiso funkcinės savybes.

Impulsų formuotuvą (Fig. 6) su DFPI (Fig. 1, a, b–Fig. 4) veikia tokiu būdu.

Ijungia maitinimo šaltinio 17 įtampą $\mathcal{E}_0$ ir atitinkamų $DT_{(1-3)}$ atitinkamus veikos taškus „a₍₁₋₃₎“ – $\{I_{sK(1-3)}, -\mathcal{E}_0\}$ atitinkamose išėjimų VACH nustato atitinkamų apkrovų ($R_{a(1;3)} + R_{a(2;4)}$) ir R_{in1} tiesių atitinkamuose atkirtų taškuose „a₍₁₋₃₎“, kai $DT_{(1;2)}$ veikia atitinkamose BE (arba EK), o DT_3 – BB (arba BE), schemose, ir todėl $DT_{(1-3)}$ yra „uždarytose“ būsenose, o išėjimų gnybtuose $U_{is(1-4)}$ (22–25) atitinkami signalai $u_{is(1-4)}(t) = 0$, čia: $I_{sK(1-3)}$ – atitinkamų $DT_{(1-3)}$ atitinkamų kolektorių $K_{(1-3)}$ atgalinės soties srovės.

Kai laiko t momentu $t_0 = 0$ poveikio signalą $u_{in}(t) = -U_{oin1} \cdot \sin(\omega_{in} \cdot t)$ (Fig. 12, a), paduoda į gnybtą U_{in1} (19), tai šiuo atveju signalo $u_{in}(t) < 0$ – neigiamo pusperiodžio metu DT_1 yra „atidaromas“ ir kontakte-išvade K_1 (4.1) yra formuojamas teigiamo poliškumo įtampos pokytis Δu_{K1} , kuris per C_6 (15) patenka į DT_3 bazės B_3 kontaktus-išvadus $B_{3(1;2)}$ (2.1; 2.2), ir tai lemia DT_3 „atidarymą“, ir kartu DT_2 „atidarymą“, bei teigiamo poliškumo įtampos pokytį Δu_{K2} kontakte-išvade K_2 (6.1):

$$\Delta u_{K2} / \Delta u_{K1} \cong S_2 \cdot S_3 \cdot R_{in2} \cdot R_{a3} / (1 + R_{a4} / R_{a3}), \quad (10)$$

čia: $R_{in2} \cong R_{BE2(e)} + \beta_{o2} \cdot R_{a4}$; $R_{BE2(e)} \cong \beta_{o2} / S_2$ – DT_2 įėjimo varža BE schemoje be neigiamo grįžtamojo ryšio, kai $R_{a4} = 0$.

Sustiprintas įtampos pokytis Δu_{K2} (10) per C_7 (16) patenka į kontaktą-išvadą E_1 (5.1) ir dar labiau „atidaro“ DT_1 , o tai lemia didesnę įtampos $\Delta^* u_{K1}$ pokytį $\Delta^* u_{K1} / \Delta u_{K2} \cong S_1 \cdot R_{a1}$, ir t. t. – turime teigiamąjį grįžtamąjį ryšį ir šio proceso metu visi $DT_{(1-3)}$ santykinai sparčiai, per 1 ns ir mažiau, persijungia į „atidarytas“ būsenas ir šio proceso metu schemos Fig. 6 gnybtuose $U_{is(1-4)}$ (22–25) yra formuojami atitinkamų impulsinių signalų $u_{is(1-4)}(t)$ atitinkami frontai $t_{(f)}(1-4)$ (Fig. 12, b, c). Laiko momentu $t_1 > T/4$, čia: $T = 2 \cdot \pi / \omega$, signalas $du_{in}(t)/dt > 0$ ir todėl DT_1 yra „uždaromas“, ir kartu kontakte-išvade K_1 (4.1) yra formuojamas neigiamo poliškumo įtampos pokytis $-\Delta u_{K1}$, kuris per C_6 (15) patenka į DT_3 bazės B_3 kontaktus-išvadus $B_{3(1;2)}$ (2.1; 2.2), ir tai lemia DT_3 „uždarymą“, ir kartu DT_2 „uždarymą“, bei neigiamo poliškumo įtampos pokytį $-\Delta u_{K2}$ kontakte-išvade K_2 (6.1), kuris per C_7 (16) patenka į kontaktą-išvadą E_1 (5.1) ir dar labiau „uždaro“ DT_1 , ir t. t. – turime teigiamąjį grįžtamąjį ryšį ir šio proceso metu visi $DT_{(1-3)}$ santykinai sparčiai, per 1 ns ir mažiau, persijungia į „uždarytas“ būsenas ir šio proceso metu schemos Fig. 6 gnybtuose $U_{is(1-4)}$ (22–25) yra formuojami atitinkamų impulsinių signalų



$u_{is(1-4)}(t)$ atitinkami frontai $t_{(r, f)(1-4)}$ (Fig. 12, b, c). Schemas Fig. 6 gnybtuose $U_{is(1-4)}$ (22–25) formuojamų atitinkamų impulsų $u_{is(1-4)}(t)$ atitinkamos amplitudės $U_{o is(1-4)}$ yra:

$$U_{o is(1;3)} = \mathcal{E}_0 - U_{is(1;3) \min} \cong \mathcal{E}_0 \cdot [1 - R_a(2;4)/(R_a(1;3) + R_a(2;4))] - U_{s(1;2)}, \quad (11)$$

$$U_{o is(2;4)} \cong \mathcal{E}_0 \cdot R_a(2;4)/(R_a(1;3) + R_a(2;4) + R_{KE s(1;2)}), \quad (12)$$

čia: $U_{s(1;2)}$ ir $R_{KE s(1;2)}$ – liekamoji soties įtampa ir varža atitinkamai „atidarytuose“ $DT_{(1;2)}$, tarp atitinkamų kontaktų-išvadų $K_{(1;2)}$ (4.1; 6.1) ir $E_{(1;2)}$ (5.1; 7.1).

Schemas (Fig. 6) veiką iliustruojančiose laiko t diagramose (Fig. 12) signalų $u_{is(1-4)}(t)$ laiko t diagramos (Fig. 12, b ir c), kai $C_{(2-5)}$ nėra, yra parodytos ištisinėmis kreivėmis, kai $DT_{(1-3)}$ „atidarytuose“ būsenose nėra įsotinti – jų atitinkamų kontaktų-išvadų $K_{(1-3)}-B_{(1-3)}$ atitinkamos įtampos $U_{KB(1-3)} \leq 0$, o signalų $u_{is(1-4)}(t)$ laiko t diagramos (Fig. 12, b ir c) yra parodytos taškinėmis kreivėmis, kai $DT_{(1-3)}$ „atidarytuose“ būsenose yra įsotinti – jų atitinkamos įtampos $U_{KB(1-3)} > 0$, ir šiuo atveju $DT_{(1-3)}$ „atidarytuose“ soties būsenose atitinkamų impulsų trukmė padidėja atitinkamu delsos laiku $t_{s(1-4)} \sim 1/R_2$, ir tai praplečia įtaiso funkcines savybes.

Impulsų formuotuvus (Fig. 7) su DFPI (Fig. 1, a, b–Fig. 4) veikia tokiu būdu.

Įjungia maitinimo šaltinio 17 įtampą $|\mathcal{E}_0| < U_{KB(1;2)p}$ – pramušimo įtampą, kai įvyksta atitinkamos p^-n sandūros 2-3 ir 2-1 (Fig. 1, a) atitinkamos nuskurdintos srities atitinkamame n –sluoksnyje 3 ir 1 sąlytis su atitinkamų porų p^+ –sričių 4 ir 5, bei 6 ir 7, atitinkamų p^+ – n sandūrų 4-3 ir 5-3, bei 6-1 ir 7-1, atitinkamomis nuskurdintomis sritimis atitinkamuose n –sluoksniuose 3 ir 1, ir atitinkamų $DT_{(1;2)}$ atitinkamus veikos taškus „ $a_{(1;2)}$ “ – $\{I_{s K(1;2)} - \mathcal{E}_0\}$ atitinkamose išėjimų VACH nustato atitinkamų apkrovų $(R_a(1;3) + R_a(2;4))$ tiesių atitinkamuose atkirtų taškuose „ $a_{(1;2)}$ “, kai $DT_{(1;2)}$ veikia atitinkamose BE (arba EK) scheme, o DT_3 yra pasyvioje būsenoje, ir todėl $DT_{(1;2)}$ yra „uždarytose“ būsenose, o išėjimų gnybtuose $U_{is(1-4)}$ (22–25) atitinkami signalai $u_{is(1-4)}(t) = 0$. Į gnybtą $U_{in 1}$ (19) paduoda signalą $u_{in 1}(t) = U_{o in 1} \cdot \sin(\omega_{in 1} \cdot t)$ (Fig. 13, a) ir teigiamo pusperiodžio metu, $u_{in 1}(t) > 0$, pavyzdžiui, DT_2 bazės B_2 – n –sluoksniu 1 ir DT_3 bazės B_3 – p^- –sluoksniu 2 atitinkama p^-n sandūra 2-1 yra veikama atgaline kryptimi. Todėl p^-n sandūros 2-1 nuskurdintos srities storis $d_{pn 2-1}$ n –sluoksnyje 1 plečiasi ir laiko t momentu $t_1 < T/4$ storis $d_{pn 2-1} \cong l_2$, kai signalas $u_{in 1}(t_1) = U_{in 1 p}$, o $u_{KB 2}(t_1) = U_{KB 2 p}$, įvyksta DT_2 bazės B_2 „pramušimo“ efektas – kontaktai-išvadai K_2 (6.1) ir E_2 (7.1) tampa „užtrumpinti“, ir todėl per DT_2 teka termoemisijos srovė, ir kartu gnybtuose $U_{is(2;4)}$ (23; 25) yra formuojami atitinkamų impulsinių signalų $u_{is(2;4)}(t)$ atitinkami frontai $t_{(f, r)(2;4)}$ (Fig. 13, b, c). Laiko t momentu $t_2 > T/4$ storis $d_{pn 2-1} \leq l_2$, kai signalas $u_{in 1}(t_2) \leq U_{in p}$, p^-n sandūros 2-1 nuskurdinta sritis n –sluoksnyje 1 „nebetrumpina“ p^+ –sričių 6 ir 7, ir todėl DT_2 darinyje išnyksta termoemisijos srovė, ir todėl gnybtuose $U_{is(2;4)}$ (23; 25) yra formuojami atitinkamų impulsinių signalų $u_{is(2;4)}(t)$ atitinkami frontai $t_{(r, f)(2;4)}$ (Fig. 13, b, c). Signalas $u_{in 1}(t) = U_{o in 1} \cdot \sin(\omega_{in 1} \cdot t)$ (Fig. 13, a) neigiamo



pusperiodžio metu, $u_{in1}(t) < 0$, DT₁ bazės B₁ – n– sluoksniu 3 ir DT₃ bazės B₃ – p– sluoksniu 2 atitinkama p–n sandūra 2-3 yra veikama atgaline kryptimi. Todėl p–n sandūros 2-3 nuskurdintos srities storis d_{pn2-3} n– sluoksnyje 3 plečiasi ir laiko t momentu $t_3 > T/2$ storis $d_{pn2-3} \cong l_1$, kai signalas $u_{in1}(t_3) = U_{in1p}$, o $u_{KB1}(t_3) = U_{KB1p}$, įvyksta DT₁ bazės B₁ „pramušimo“ efektas – kontaktai-išvadai K₁ (4.1) ir E₁ (5.1) tampa „užtrumpinti“, ir todėl per DT₁ teka termoemisijos srovė, ir kartu gnybtuose U_{iš(1;3)} (22; 24) yra formuojami atitinkamų impulsinių signalų $u_{iš(1;3)}(t)$ atitinkami frontai $t_{(f,r)}(1;3)$ (Fig. 13, b, c). Laiko t momentu $t_4 > 3 \cdot T/4$ storis $d_{pn2-3} \leq l_1$, kai signalas $u_{in1}(t_4) \leq U_{in1p}$, p–n sandūros 2-3 nuskurdinta sritis n– sluoksnyje 3 „nebetrumpina“ p⁺– sričių 4 ir 5, ir todėl DT₁ darinyje išnyksta termoemisijos srovė, ir todėl gnybtuose U_{iš(1;3)} (22; 24) yra formuojami atitinkamų impulsinių signalų $u_{iš(1;3)}(t)$ atitinkami frontai $t_{(r,f)}(1;3)$ (Fig. 13, b, c). Schemas Fig. 7 gnybtuose U_{iš(1-4)} (22–25) yra formuojami atitinkamų impulsinių signalų $u_{iš(1-4)}(t)$ atitinkami frontai $t_{(r,f)}(1-4) < 1$ ns (Fig. 13, b, c) su atitinkamomis amplitudėmis $U_{o iš(1-4)}$:

$$U_{o iš(1;2)} = |\mathcal{E}_0| - U_{iš(1;2) \min} \cong \mathcal{E}_0 \cdot [1 - R_a(3;4)/(R_a(1;2) + R_a(3;4))] - U_{s(1;2)}, \quad (13)$$

$$U_{o iš(3;4)} \cong \mathcal{E}_0 \cdot R_a(3;4)/(R_a(1;2) + R_a(3;4) + R_{KEs(1;2)}), \quad (14)$$

ir dažniais $\omega_{iš(1-4)} = 2 \cdot \omega_{in1}$, ir tai praplečia įtaiso funkcines savybes.

Schemas Fig. 7 kitame variante su dviem atskirais įtampų $\mathcal{E}_{(1;2)}$ šaltiniais 29 ir 30 atitinkamuose gnybtuose U_{iš(1-4)} (22–25) yra formuojami atitinkami impulsiniai signalai $u_{iš(1-4)}(t)$ su atitinkamomis amplitudėmis $U_{o iš(1-4)}$ (išraiškose (13) ir (14) vietoje $\pm \mathcal{E}_0$ yra įrašomos atitinkamos vertės $\pm \mathcal{E}_{(1;2)}$) ir poliškumais, kurie priklauso nuo įtampų $\mathcal{E}_{(1;2)}$ verčių ir poliškumų, ir tai praplečia įtaiso funkcines savybes. Dar kitame variante su dviem atskirais įtampų $\mathcal{E}_{(1;2)}$ šaltiniais 29 ir 30, bei vienu R_a3 (8) DT_(1;2) emitterių E_(1;2) (5.1; 7.1) grandinėse, gnybtuose U_{iš(1;2)} (22–23) yra formuojami atitinkami impulsiniai signalai $u_{iš(1;2)}(t)$ su atitinkamomis amplitudėmis $U_{o iš(1;2)}$ ((13), (14)) ir poliškumais, o gnybte U^{*}_{iš3} (24) formuojamo impulsinio signalo $u^*_{iš3}(t)$ parametrai – pusperiodžių amplitudžių vertės ir poliškumai, bei signalo $u^*_{iš3}(t)$ dažnis $\omega^*_{iš3}$ priklauso nuo įtampų $\mathcal{E}_{(1;2)}$ verčių ir poliškumų taip, kaip tai yra parodyta Fig. 13, d ir e, ir tai praplečia įtaiso funkcines savybes. Iš Fig. 13, d ir e matome, kad $\omega^*_{iš3} = 2 \cdot \omega_{in1}$, kai įtampų $\mathcal{E}_{(1;2)}$ poliškumai yra vienodi, ir $\omega^*_{iš3} = \omega_{in1}$, kai įtampų $\mathcal{E}_{(1;2)}$ poliškumai yra priešingi.

Relaksacinių ir harmoninių virpesių generatorius (Fig. 8) su DFPI (Fig. 1, a, b–Fig. 4) veikia tokiu būdu.

Ijungia maitinimo šaltinio 17 įtampą $\mathcal{E}_0$ ir atitinkamų DT₍₁₋₃₎ atitinkamus veikos taškus „c₍₁₋₃₎“ – $\{I_{K(1-3)o}, U_{KE(1-3)o}\}$ atitinkamose išėjimo VACH nustato atitinkamų apkrovų ($R_a(1;3) + R_a(2;4)$) ir R_{in1} tiesių viduryje, kai DT_(1;2) veikia atitinkamose BE arba EK, o DT₃ – BE,

schemose, ir tuo tikslu parenka įtampos $\mathcal{E}_0$ vertę, bei rezistorinių daliklių $R_{(2; 4)} \| R_{(1; 3)}$ (1–4) atitinkamas dalinimo vertes $k_{(1; 2)} = R_{(1; 3)} / (R_{(1; 3)} + R_{(2; 4)})$, esant pasirinktoms $R_{a(1-4)}$ (6–9) vertėms. Normalią DT_3 veiką nustato iš sąlygos: $\mathcal{E}_0 \cdot (k_1 - k_2) > 0$.

Relaksacinių virpesių atveju, kai DT_2 kontaktas-išvadas K_2 (6.1) per C_6 (15) yra sujungtas su DFPI kontaktu-išvadu B_1-K_3 (3.1) ir elementų C_7 (16), bei L_1 (31), nėra, dėl fluktuacijų, pavyzdžiui, DT_1 bazės B_1 (3.1) įtampa U_{B10} „žemės“ 18 atžvilgiu pamažėja dydžiu $-\Delta U_{B1}$, ir todėl DT_1 yra „pradaromas“ – srovė I_{K10} padidėja ir tai lemia teigiamo poliškumo įtampos pokytį $\Delta U_{K1} \cong \Delta U_{B1} \cdot S_1 \cdot R_{a1} / (1 + R_{a2} / R_{a1}) > 0$, kuris per C_5 (14) patenka į DT_3 bazės B_3 kontaktus-išvadás $B_{3(1; 2)}$ (2.1; 2.2), ir todėl DT_3 taip pat yra „pradaromas“, o tai lemia DT_2 „pridarymą“ – srovė I_{K20} sumažėja, ir kartu tai lemia neigiamo poliškumo įtampos pokytį $\Delta U_{K2} \cong -\Delta U_{K1} \cdot S_2 \cdot R_{a3} / (1 + R_{a4} / R_{a3})$, ir $|\Delta U_{K2}| > |\Delta U_{K1}| > |\Delta U_{B1}|$, ir įtampos pokytis $-\Delta U_{K2}$ per C_6 (15) patenka į DT_1 bazę B_1 (3.1), ir todėl DT_1 yra dar labiau „pradaromas“, ir t. t. – turime teigiamą grįžtamąjį ryšį ir šio proceso metu $DT_{(1; 3)}$ santykinai sparčiai – per 1 ns, ir mažiau, „atsidaro“, o DT_2 santykinai sparčiai – per 1 ns, ir mažiau, „užsidaro“. Ši DFPI būseną yra nestabili, nes $DT_{(1-3)}$ atitinkami veikos taškai „ $s_{(1; 3)}$ “ $\rightarrow$ „ $c_{(1; 3)}$ “ ir „ a_2 “ $\rightarrow$ „ c_2 “, čia „ $s_{(1; 3)}$ “ ir „ a_2 “ – atitinkamai soties ir atkirtos veikos taškai, kai atitinkami $DT_{(1-3)}$ yra „atidaryti“ ir „uždaryti“. Todėl po tam tikro delsos laiko t_s prasideda $DT_{(1; 3)}$ „užsidarymo“, o DT_2 – „atsidarymo“ procesai, ir santykinai sparčiai – per 1 ns, ir mažiau, $DT_{(1; 3)}$ „užsidaro“, o DT_2 „atsidaro“, ir ši DFPI būseną taip pat yra nestabili, nes $DT_{(1-3)}$ atitinkami veikos taškai „ $a_{(1; 3)}$ “ $\rightarrow$ „ $c_{(1; 3)}$ “ ir „ s_2 “ $\rightarrow$ „ c_2 “, ir t. t. – vyksta generacija ir schemos Fig. 8 gnybtuose $U_{i(1-4)}$ (22–25) yra formuojami atitinkami impulsiniai signalai $u_{i(1-4)}(t)$ su atitinkamomis amplitudėmis $U_{o i(1-4)}$:

$$U_{o i(1; 3)} = |\mathcal{E}_0| - U_{i(1; 3)} \min \cong \mathcal{E}_0 \cdot [1 - R_{a(2; 4)} / (R_{a(1; 3)} + R_{a(2; 4)})] - U_{s(1; 2)}, \quad (15)$$

$$U_{o i(2; 4)} \cong \mathcal{E}_0 \cdot R_{a(2; 4)} / (R_{a(1; 3)} + R_{a(2; 4)} + R_{KES(1; 2)}), \quad (16)$$

dažniais $\omega_{i(1-4)} = 2 \cdot \pi / (t_r + t_f + t_s)$, čia: $t_{(r, f)} - DT_{(1-3)}$ „atsidarymo“ ir „užsidarymo“ procesų trukmės, o $t_s \sim K_s - DT_1$ įsotinimo koeficientas „atidarytoje“ būsenoje, ir tai praplečia įtaiso funkcines savybes, ir fazėmis:

$$|\varphi_{i10} - \varphi_{i30}| = 180^\circ (\pi \text{ rad}), \quad (17)$$

$$|\varphi_{i20} - \varphi_{i40}| = 180^\circ (\pi \text{ rad}), \quad (18)$$

$$|\varphi_{i30} - \varphi_{i40}| = 180^\circ (\pi \text{ rad}), \quad (19)$$

$$|\varphi_{i10} - \varphi_{i20}| = 180^\circ (\pi \text{ rad}), \quad (20)$$

Harmoninių virpesių atveju, kai DT_2 kontaktas-išvadas K_2 (6.1) per nuosekliai sujungtus C_6 (15) ir L_1 (31) yra sujungtas su DFPI kontaktu-išvadu B_1-K_3 (3.1), arba kitu atveju DT_2 kontaktas-išvadas K_2 (6.1) per C_6 (15) yra sujungtas su DFPI kontaktu-išvadu B_1-K_3 (3.1) ir kartu lygiagrečiai sujungtus C_6 (15), bei L_1 (31) – su „žeme“ 18, dėl fluktuacijų schema Fig. 8

veikia taip pat – gnybtuose $U_{is(1-4)}$ (22–25) yra generuojami harmoniniai atitinkami signalai $u_{is(1-4)}(t)$ su dažniais $\omega_{is(1-4)} = 2 \cdot \pi / (L_1 \cdot C_6)^{1/2}$, o kiti parametrai atitinka išraiškas (15)–(20).

Impulsų formuotuvą (Fig. 9) su DFPI (Fig. 1, a, c–Fig. 4) veikia tokiu būdu.

Ijungia maitinimo šaltinio 17 įtampą $\mathcal{E}_0$ ir atitinkamų $PT_{(1;2)}$, bei DT, atitinkamus veikos taškus „aPT_(1;2)“ – $\{I_{Ks(1;2)}, \mathcal{E}_0\}$ ir „aDT“ – $\{I_{Ks}, \mathcal{E}_0\}$ atitinkamose išėjimų VACH nustato atitinkamų apkrovų ($R_{a(1;3)} + R_{a(2;4)}$) ir R_{in1} tiesių viduryje, kai $PT_{(1;2)}$ veikia „rakto veikoje“, o DT – BE schemoje, ir tuo tikslu parenka įtampos $\mathcal{E}_0$ vertę, bei rezistorinių daliklių $R_{(2;5)} || R_{(3;4)}$ (2–5) atitinkamas dalinimo vertes $k_{(1;2)} = R_{(2;5)} / (R_{(3;4)} + R_{(2;5)})$, esant pasirinktoms $R_{a(1-4)}$ (6–9) vertėms. „Normaliai uždaryto“ DT veiką nustato iš sąlygos: $\mathcal{E}_0 \cdot (k_1 - k_2) \cong 0$, ir $PT_{(1;2)}$ yra „uždarytose“ – „išjungtose“ būsenose – jų ir DT kontaktų K-E varžos $R_{KE}(t_0) = (0,1-1) \text{ M}\Omega$, ir daugiau, ir todėl schemos Fig. 9 gnybtuose $U_{is(1-4)}$ (22–25) atitinkami signalai $u_{is(1-4)}(t) = 0$. Laiko t momentu $t_0 = 0$ į gnybtą U_{in1} (19) paduoda, pavyzdžiui, harmoninį signalą $u_{in}(t) = U_{0in} \cdot \sin(\omega_{in} \cdot t)$ (Fig. 14, a) ir teigiamo pusperiodžio $u_{in}(t) > 0$ metu DT yra „atidaromas“ – jo varža $R_{KE}(t)$ iš pradinės vertės $R_{KE}(t_0) = (0,1-1) \text{ M}\Omega$, ir daugiau, per laiką $\Delta t = t_1 - t_0$ sumažėja iki vertės $R_{KE}(t_1) = R_{KEs}$, ir šiuo momentu $u_{in}(t_1) \geq U_{ins} < U_{0in}$, o DFPI kontaktais-išvadais $B_{1.1-K}$ (3.1) ir $B_{2.1-E}$ (1.1) tekanti srovė $i_{BB}(t)$ nuo pradinės vertės $I_{Ks} \cong \mathcal{E}_0 / (R_{KE}(t_0) + R_1 + R_2) \ll I_{BBs(1;2)}$ padidėja iki slenkstinės vertės $i_{BBs}(t_1) \cong \mathcal{E}_0 / (R_{KEs} + R_1 + R_2) \geq I_{BBs(1;2)}$ – $PT_{(1;2)}$ bazių $B_{(1;2)}$ atitinkamais kontaktais $B_{(1.1;1.2)}$ ir $B_{(2.1;2.2)}$ tekančių srovių $i_{BB}(t)$ slenkstinės vertės, kai įvyksta atitinkamų p^+-n sandūrų 3-4 ir 3-5, bei 1-6 ir 1-7 (Fig. 1, a) atitinkamų nuskurdintų sričių sąlytis atitinkamame n -sluoksnyje 3 ir 1, ir todėl $PT_{(1;2)}$ santykinai sparčiai – per 1 ns ir mažiau, persijungia į „atidarytas“ būsenas, kuriose jų varžos $R_{KE}(t_1) = (1-10) \Omega$, ir mažiau. Laiko momentu t_2 teigiamo pusperiodžio signalo $u_{in}(t) > 0$ vertė $u_{in}(t_2) \leq U_{ins}$ ir $PT_{(1;2)}$ santykinai sparčiai – per 1 ns ir mažiau, persijungia į „uždarytas“ būsenas, ir šios būsenos išlieka per visą signalo $u_{in}(t) < 0$ neigimą pusperiodį, ir iš čia išplaukia, kad schemos Fig. 9 gnybtuose $U_{is(1-4)}$ (22–25) yra formuojami atitinkami impulsiniai signalai $u_{is(1-4)}(t)$, kurių laiko t diagramos yra parodytos Fig. 14, b ir c, dažniai $\omega_{is(1-4)} = \omega_{in}$, amplitudės $U_{0is(1-4)}$ apskaičiuojamos iš išraiškų (13) ir (14), o fazės $\varphi_{is(1-4)}$ atitinka išraiškas (17)–(20).

Skirtuminis stiprintuvas-dažnių harmonikų plėtiklis (Fig. 10) su DFPI (Fig. 1, a, d–Fig. 4) veikia tokiu būdu.

Ijungia maitinimo šaltinio 17 įtampą $\mathcal{E}_0$ ir atitinkamų $DT_{(1;2)}$ atitinkamus veikos taškus „CDT_(1;2)“ – $\{I_{K(1;2)}, U_{KB(1;2)}\}$ atitinkamose išėjimų VACH nustato atitinkamų apkrovų $R_{a(1;2)}$ tiesių viduryje, kai PT veikia „rakto veikoje“, o $DT_{(1;2)}$ – BE-BB schemose, ir tuo tikslu parenka $\mathcal{E}_0$ (17) ir R_3 (3) vertes, esant pasirinktoms $R_{a(1;2)}$ (6; 7) vertėms: $I_0 \cong \mathcal{E}_0 / R_5 \cong \text{const}$, kai $R_5 = (10-20) \cdot R_{a(1;2)}$, ir daugiau, ir nustato įtampos $\mathcal{E}_0$ daliklių $R_1 || R_2$ (1; 2) ir $R_3 || R_4$ (3; 4)



atitinkamas dalinimo koeficientų $k_{(1; 2)}$ vertės: $k_{(1; 2)} = R_{(1; 2)} / (R_{(1; 2)} + R_{(3; 4)})$, kai yra balanso sąlyga: $\Delta U_{K_1 K_2} \cong 0$ – skirtuminė (diferencinė) įtampa tarp kontaktų-išvadų K_1 (4.1) ir K_2 (6.1). Esant balanso sąlygai, pradiniu laiko t momentu $t_0 = 0$ $DT_{(1; 2)}$ yra pusiau „atidarytose“ būsenose – jų kontaktais-išvadais $K_{(1; 2)}$ (4.1; 6.1) teka atitinkamos srovės $i_{K_{(1; 2)}}(t_0) = I_{K_{(1; 2)}} \cong I_0/2$, o PT bazės B kontaktais-išvadais $B_{(1; 2)}$ (2.1; 2.2) teka srovė $i_{BB}(t_0) \cong 0$, ir todėl PT yra „uždarytoje“ būsenoje, ir gnybtų $U_{iš (1; 2)}$ (19; 20) skirtuminis signalas $\Delta u_{iš 1-2}(t) = u_{iš 1}(t) - u_{iš 2}(t) = 0$. Schema Fig. 10 reaguoja tik į skirtuminį poveikio signalą $\Delta u_{in 1-2}(t) = u_{in 1}(t) - u_{in 2}(t)$, veikianti tarp gnybtų $U_{in (1; 2)}$ (19; 20), kurio metu $DT_{(1; 2)}$ pakaitomis yra „atidaromi“ ir „uždaromi“, ir todėl srovė I_0 yra komutuojama – teka per tuo metu „atidarytą“ atitinkamą $DT_{(1; 2)}$, ir kartu per PT bazę B teka momentinė srovė $|i_{BB}(t)| \cong \Delta u_{K_1 K_2}(t) / (R_6 + R_7 + R_{BB}(t)) > 0$, čia: $\Delta u_{K_1 K_2}(t)$ – įtampos $\Delta U_{K_1 K_2}$ momentinė vertė; $R_{BB}(t)$ – PT bazės B kontaktų-išvadų B_{1-2} (2.1; 2.2) momentinė varža. Kai poveikio $|\Delta u_{in 1-2}(t)| > 0$ metu $|i_{BB}(t)| < I_{BB s}$, schema Fig. 10 veikia įprastu skirtuminio stiprintuvo būdu mažo ir didelio poveikio signalų veikoje, pavyzdžiui, esant harmoniniam poveikiui $\Delta u_{in 1-2}(t) = U_{o in 1-2} \cdot \sin(\omega \cdot t)$ (Fig. 15, a) pirmuoju atveju, kai $U_{o in 1-2} < U_{o in s}$ – slenkstinė įtampa, kai $DT_{(1; 2)}$ veikos taškai „ $c_{DT (1; 2)}$ “ nepatenka į atkirtos taškų „ $a_{DT (1; 2)}$ “ sritis apkrovų tiesėse ir srovė $|i_{\Delta u-in}(t)| < I_{BB (1; 2) s} - DT_{(1; 2)}$ bazių $B_{(1; 2)}$ slenkstinių srovių vertės, kai $DT_{(1; 2)}$ persijungia į „atidarytas“ būsenas analogiškai PT veikai, signalas $\Delta u_{iš 1-2}(t) = U_{o iš 1-2} \cdot \sin(\omega \cdot t)$ (ištininė kreivė Fig. 15, b) su amplitude $U_{o iš 1-2} \cdot s = |U_{K \perp (1; 2) \max} - |U_{K \perp (1; 2) \min}|$, čia: $U_{K \perp (1; 2) (\max, \min)}$ – $DT_{(1; 2)}$ kontaktų-išvadų $K_{(1; 2)}$ (4.1; 6.1) įtampos „žemės“ ($\perp$) 18 atžvilgiu, o antruoju atveju, kai $U_{o in 1-2} \geq U_{o in s}$, signalas $\Delta u_{iš 1-2}(t)$ (taškinė kreivė Fig. 15, b) yra „apribojamas“ iš „viršus“ ir „apačios“ – yra formuojamas impulsinis meandro pavidalo santykinai plataus dažnių spektro signalas $\Delta u_{iš 1-2}(t)$ ir tai lemia $DT_{(1; 2)}$ veika atkirtos taškuose „ $a_{DT (1; 2)}$ “. Kai poveikio $|\Delta u_{in 1-2}(t)| > 0$ metu atitinkamais laikų momentais t_n , čia: $n = 1; 2; 3; \dots$, srovė $|i_{BB}(t)| \geq I_{BB s}$, PT persijungia į „atidarytas“ būsenas ir $DT_{(1; 2)}$ bazių $B_{(1; 2)}$ atitinkamos n - sritys – n - sluoksniai 3 ir 1 (Fig. 1, a) yra tarpusavyje sujungtos „trumpuoju jungimu“ – tampa laidžios termoemituojamiems elektronams n iš n - sluoksnio 3 į n - sluoksnį 1, ir atvirkščiai. Todėl tarp DFPI kontaktų-išvadų $B_{1.1-K}$ (3.1) ir $B_{2.1-E}$ (3.1) pradeda tekėti papildoma galvaninė srovė $|i_{\Delta u-in}(t)| \cong \Delta u_{in 1-2}(t) / (R_{BB 1}(t) + R_{BB 2}(t)) > 0$, čia: $R_{BB (1; 2)}(t)$ – atitinkamų $DT_{(1; 2)}$ bazių $B_{(1; 2)}$ varžos atitinkamai: tarp kontakto-išvado $B_{1.1-K}$ (3.1) ir p^- - srities (2), bei tarp kontakto-išvado $B_{2.1-E}$ (1.1) ir p^- - srities (2). Kai srovė $|i_{\Delta u-in}(t)| < I_{BB (1; 2) s}$, srovė $|i_{\Delta u-in}(t)|$ įtakoja rekombinacinių srovių $i_{B (1.1; 2.1)}(t)$, tekančių $DT_{(1; 2)}$ atitinkamų bazių $B_{(1; 2)}$ kontaktais-išvadais $B_{(1.1; 2.1)}$ (3.1; 1.1), vertes, priklausomai nuo įtampos $\Delta u_{in 1-2}(t)$ momentinio poliškumo „ $\pm$ “. Kai „+“ veikia gnybte $U_{in 1}$ (19), o „–“ – gnybte $U_{in 2}$ (20), DT_1 bazės B_1 atstojamoji srovė $i_{B 1.1}^*(t) = i_{B 1.1}(t) - |i_{\Delta u-in}(t)|$ – mažėja, ir todėl DT_1 yra sparčiau



„uždaromas“, o DT₂ bazės B₂ atstojamoji srovė $i_{B\ 2.1}^*(t) = i_{B\ 2.1}(t) + |i_{\Delta u-in}(t)|$ – didėja, ir todėl DT₂ yra sparčiau „atidaromas“, o kai įtampos $\Delta u_{in\ 1-2}(t)$ „+“ veikia gnybte U_{in 2} (20), o „–“ – gnybte U_{in 1} (19), tai šiuo atveju DT₁ yra sparčiau „atidaromas“, o DT₂ – sparčiau „uždaromas“, ir iš čia turime spartesnę schemos Fig. 10 veiką, o signalas $\Delta u_{is\ 1-2}(t)$ yra analogiškas diagramoms, parodytoms Fig. 15, b. Kai laikų momentais t_n^* , čia: $n = 1; 2; 3; \dots$, srovė $|i_{\Delta u-in}(t)| \geq I_{BB\ (1; 2)\ s}$, abu DT_(1; 2) santykinai sparčiai, per 1 ns, ir trumpiau, persijungia į „atidarytas“ būsenas, ir todėl schemos Fig. 10 būseną yra analogiška balanso sąlygai, o tai lemia $\Delta u_{is\ 1-2}(t) \cong 0$ (Fig. 15, c, čia ištisinės ir taškinės kreivės atitinka sąlygas Fig. 15, b). Iš schemos Fig. 10 veiką iliustruojančių signalų $\Delta u_{in\ 1-2}(t)$ ir $\Delta u_{is\ 1-2}(t)$ laiko t diagramų, parodytų Fig. 15, matome, kad esant sąlygai $|i_{\Delta u-in}(t)| < I_{BB\ (1; 2)\ s}$, kai $|i_{BB}(t)| \geq I_{BB\ s}$, schema Fig. 10 veikia sparčiau ir jos savybės atitinka klasikinės srovės perjungimo schemos – diferencinės pakopos savybės (Fig. 15, b), o kai $\Delta u_{in\ 1-2}(t) \geq U_{o\ in\ ss}$ – slenkstinė vertė, kai $|i_{\Delta u-in}(t)| \geq I_{BB\ (1; 2)\ s}$, ir esant sąlygai: $|i_{BB}(t)| \geq I_{BB\ s}$, schema Fig. 10 veikia kitaip (Fig. 15, c) – signalas $\Delta u_{is\ 1-2}(t)$ turi sudėtingą laikinę priklausomybę ir pasižymi išplėstu dažnių harmonikų spektru – veikia kaip dažnių plėtiklis ir tai yra papildoma schemos Fig. 10 funkcinė savybė.

Stiprintuvas-dažnių $\omega_{in\ (1-5)}$ maišiklis (Fig. 11) su DFPI (Fig. 1, a, e–Fig. 4) veikia tokiu būdu.

Įjungia maitinimo šaltinio 17 įtampą $\mathcal{E}_0$ ir atitinkamų VT_(1; 2), bei DT, atitinkamus veikos taškus „cVT_(1; 2)“ – $\{I_{D(S)\ (1; 2)\ o}, U_{DS\ (1; 2)\ o}\}$ ir „cDT“ – $\{I_{K(E)\ o}, U_{KE\ o}\}$ atitinkamose išėjimų VACH nustato atitinkamų apkrovų $(R_{a\ 1} + R_{EB\ b} + R_5)$, $(R_{a\ 2} + R_{KB\ b} + R_5)$ ir $(R_{a\ 1} + R_{a\ 2} + R_{DS\ 1} + R_{DS\ 2})$ tiesių viduryje, kai DT veikia BB, o VT_(1; 2) – BI schemose, ir tuo tikslu parenka $\mathcal{E}_0$ (17) ir įtampos $\mathcal{E}_0$ daliklio $R_5||R_6$ (5; 34) vertes, esant pasirinktoms $R_{a\ (1; 2)}$ (6; 7) vertėms, ir per nuosekliai sujungtus VT_(1; 2) ir DT teka srovė $I_0 = I_{D(S)\ (1; 2)\ o} \equiv I_{K(E)\ o} \cong \mathcal{E}_0 / (R_{a\ 1} + R_{a\ 2} + R_{DS\ 1\ o} + R_{DS\ 2\ o} + R_{KE\ o})$, čia: $R_{DS\ (1; 2)\ o}$ ir $R_{KE\ o}$ – atitinkamų varžų vertės VT_(1; 2) ir DT veikos taškuose „cVT_(1; 2)“ ir „cDT“. Kai poveikio signalą $u_{in\ (1; 2)}(t) = U_{o\ in\ (1; 2)} \cdot \sin(\omega_{in\ (1; 2)} \cdot t)$ paduoda tik į gnybtą U_{in 1} (19), arba U_{in 2} (20), tai šiuo atveju gnybtuose U_{is\ (1; 2)} (22; 23) atitinkamų signalų $u_{is\ (1; 2)}(t)$ įtampos diferencialiniai stiprinimo koeficientai $K_{u\ (1; 2)\ (1; 2)}$ yra:

$$K_{u\ 1\ (1; 2)} = U_{o\ is\ 1} / U_{o\ in\ (1; 2)} \cong 1, \text{ ir } \cong S_{s\ 1} \cdot R_{a\ 1} / [1 + (R_{EB\ b} + R_5) / R_{a\ 1}], \quad (21)$$

$$K_{u\ 2\ (1; 2)} = U_{o\ is\ 2} / U_{o\ in\ (1; 2)} \cong S_{g\ 2} \cdot R_{a\ 2} \cdot S \cdot (R_{DS\ 2\ o} + R_{a\ 2}) \cdot S_{s\ 1} \cdot (R_{EB\ b} + R_5) / [1 + R_{a\ 1} / (R_{EB\ b} + R_5)], \quad (22)$$

čia: $R_{EB\ b} = 1/S$ – DT įėjimo varža BB schemoje; $S = I_0 / \varphi_T$ – DT diferencialinis statusas; $S_{(s, g)\ (1; 2)} = 2 \cdot I_0 / U_{s\ (1; 2)}$ – atitinkamai VT_(1; 2) statusai bendros ištakos (BI) ir bendros užtūros (BU) schemose, čia: $U_{s\ [1.(1; 2); 2.(1; 2)]}$ – VT_(1; 2) užtūrų G_[1.(1; 2); 2.(1; 2)] [(4.1; 5.1), (6.1; 7.1)]-ištakų S_(1; 2) valdymo slenkstinės įtampos, kai VT_(1; 2) yra „uždarytose“ būsenose, ir iš čia, kai: $R_{DS\ 2\ o} =$

$= 100 \Omega$, $R_{a(1;2)} = R_5 = 1 \text{ k}\Omega$, $I_0 = 10 \text{ mA}$ ir $U_{s[1;(1;2);2;(1;2)]} = 1 \text{ V}$, gauname: $K_{u1(1;2)} \cong 1$ ir $K_{u2(1;2)} \cong 7,6 \cdot 10^4$, kai kontaktas-išvadas 3.1 – S_1 -E ir įtampos $\mathcal{E}_0$ šaltinio poliškumas „+“, ir $K_{u1(1;2)} \cong 1,9 \cdot 10^7$, bei $K_{u2(1;2)} = 0$, kai kontaktas-išvadas 3.1 – D_1 -K ($-\mathcal{E}_0$).

Kai poveikio signalą $u_{in(3;4)}(t) = U_{oin(3;4)} \cdot \sin(\omega_{in(3;4)} \cdot t)$ paduoda tik į gnybtą U_{in3} (21), arba U_{in4} (32), tai šiuo atveju gnybtuose $U_{is(1;2)}$ (22; 23) atitinkamų signalų $u_{is(1;2)}(t)$ įtampos diferencialiniai stiprinimo koeficientai $K_{u(3;4)(3;4)}$ atitinka $K_{u(1;2)(1;2)}$ vertes (21) ir (22), nes schema Fig. 11 yra simetrinė. Kai schemeje (Fig. 11) poveikio signalą $u_{in5}(t) = U_{oin5} \cdot \sin(\omega_{in5} \cdot t)$ paduoda į gnybtą U_{in5} (33), tai šiuo atveju gnybtuose $U_{is(1;2)}$ (22; 23) atitinkamų signalų $u_{is(1;2)}(t)$ įtampos diferencialiniai stiprinimo koeficientai $K_{u(1;2)(5)}$ yra:

$$K_{u1(5)} = U_{ois1}/U_{oin5} \cong 1/[R_{a1}/(R_{DS10} + R_{a1})], \text{ ir } \cong S_{g1} \cdot S \cdot R_{a1} (R_{DS10} + R_{a1}) / [1 + (R_{DS20} + R_{a2})/(R_{DS10} + R_{a1})], \quad (23)$$

$$K_{u2(5)} = U_{ois2}/U_{oin5} \cong S \cdot S_{g2} \cdot R_{a2} (R_{DS20} + R_{a2}) / [1 + (R_{DS10} + R_{a1})/(R_{DS20} + R_{a2})], \text{ ir } \cong 1/[R_{a2}/(R_{DS20} + R_{a2})], \quad (24)$$

ir iš čia, kai: $R_{DS10} = 100 \Omega$, o kiti parametrai lieka tie patys, gauname: $K_{u1(5)} \cong 1$, kai kontaktas-išvadas 3.1 – S_1 -E ($+\mathcal{E}_0$), ir $K_{u1(5)} \cong 3,8 \cdot 10^3$, kai kontaktas-išvadas 3.1 – D_1 -K ($-\mathcal{E}_0$), $K_{u2(5)} \cong 3,8 \cdot 10^3$, kai kontaktas-išvadas 3.1 – S_1 -E ($+\mathcal{E}_0$), ir $K_{u1(5)} \cong 1$, kai kontaktas-išvadas 3.1 – D_1 -K ($-\mathcal{E}_0$).

Kai schemeje (Fig. 11) poveikių signalus $u_{in(1-5)}(t)$ paduoda kartu poromis ir daugiau į atitinkamus gnybtus $U_{in(1-4)}$ (19–21; 32; 33), tai šiuo atveju schema (Fig. 11) veikia kaip signalų $u_{in(1-5)}(t)$ maišiklis ir gnybtuose $U_{is(1;2)}$ (22; 23) yra formuojami neharmoniniai sudėtinio spektro atitinkami sustiprinti signalai $u_{is(1;2)(1-5)}(t)$, nes šiuo atveju $VT_{(1;2)}$ diferencialiniai statumai $S_{(s,g)(1;2)}(u_{in(1-4)}(t))$ – signalų $u_{in(1-4)}(t)$ funkcijos, ir iš čia signalų $u_{is(1;2)(1-5)}(t)$ harmonikas sudaro atitinkami kombinaciniai dažniai $\omega_{is(1;2)k}$:

$$\omega_{is(1;2)k} = |\pm n \cdot \omega_1 \pm m \cdot \omega_2 \pm e \cdot \omega_1 \pm v \cdot \omega_1 \pm k \cdot \omega_1|, \quad (25)$$

čia: $n, m, e, v, k = 1; 2; 3; \dots$, ir tai praplečia įtaiso funkcines savybes.

Palyginus su analogu, pasiūlyti DFPI konstrukcijos parametrų variantai pasižymi didesnėmis valdymo funkcinėmis savybėmis, didesne veikimo sparta – perjungimų frontai $t_{(r,f)} \leq 1 \text{ ns}$, integriniu išpildymu ir galimybe veikti įvairios paskirties elektroniniuose įrenginiuose: stiprintuvuose, impulsų formuotuvuose, dažnio keitikliuose, daugikliuose ir maišikliuose.

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Daugiafunkcinis puslaidininkinis įtaisas (DFPI) sudarytas iš trijų besikeičiančio laidumo tipo vidutiniškai stipriai legiruotų puslaidininkinių sluoksnių, pavyzdžiui, $n(1)-p(2)-n(3)$, kurio kraštiniai n - sluoksniai (1) ir (3) turi atitinkamus ominių kontaktus-išvadus (1.1) ir (3.1), ir viename iš kraštinių, pavyzdžiui, trečiajame n - sluoksnyje (3), tarp kontakto-išvado (3.1) ir vidurinio – antrojo p - sluoksniu (2), šalia p - sluoksniu (2) lygiagrečiai yra suformuotos n - sluoksniui (3) priešingo laidumo dvi p - sritys – ketvirtoji (4) ir penktoji (5), su atitinkamais ominiais kontaktais-išvadais (4.1) ir (5.1), o p - sluoksniu (2) išoriniuose kraštuose yra suformuoti du priešpriešiais išdėstyti ominiai kontaktai-išvadai (2.1) ir (2.2), **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad p^- - sluoksniu (2) yra padarytas vidutiniškai silpnai legiruotas, o p^+ - sritys (4) ir (5) yra padarytos stipriai legiruotos, ir n - sluoksnyje (1), tarp kontakto-išvado (1.1) ir p^- - sluoksniu (2), šalia p^- - sluoksniu (2) lygiagrečiai yra suformuotos papildomos dvi vienodos stipriai legiruotos p^+ - sritys – šeštoji (6) ir septintoji (7), su atitinkamais ominiais kontaktais-išvadais (6.1) ir (7.1), atstumai $W_{B(1;2)}$ tarp atitinkamų p^+ - sričių (4) ir (5), bei (6) ir (7), ir p^- - sluoksniu (2) storis W_{B3} , yra padaryti mažesni už $L_{(p,n)}$ – šalutinių krūvininkų – skylių (p_n) n - sluoksniuose (1) ir (3), bei elektronų (n_p) p^- - sluoksnyje (2), difuzijos nuotolius, ir, esant šioms sąlygoms: $W_{B(1-3)} < L_{(p,n)}$, n - sluoksnyje (3) yra sudarytas pirmasis p^+-n-p^+ laidumo dvipolio tranzistoriaus (DT) darinys DT_1 su atitinkamais pirmaisiais kontaktais-išvadais: kolektoriaus (K_1) (4.1), emiterio (E_1) (5.1), arba atvirkščiai, ir bazės (B_1) (3.1), o n - sluoksnyje (1) yra sudarytas antrasis p^+-n-p^+ laidumo darinys DT_2 su atitinkamais antraisiais kontaktais-išvadais: K_2 (6.1), E_2 (7.1), arba atvirkščiai, ir bazės (B_2) (1.1), o tarp n - sluoksnių (1) ir (3), bei p^- - sluoksniu (2), yra sudarytas trečiasis $n-p^-n$ laidumo darinys DT_3 su atitinkamais trečiaisiais kontaktais-išvadais: K_3 (3.1), E_3 (1.1), arba atvirkščiai, ir bazės B_3 dviem kontaktais-išvadais $B_{(3.1;3.2)}$ (2.1; 2.2), kai kontaktai-išvadai: B_1 (3.1) ir K_3 (3.1), arba B_1 (3.1), bei E_3 (3.1), sudaro DFPI pirmąją bendrąją kontaktą-išvadą, o kontaktai-išvadai: B_2 (1.1) ir E_3 (1.1), arba B_2 (1.1), bei K_3 (1.1), sudaro DFPI antrąją bendrąją kontaktą-išvadą, atstumai $l_{(1;2)}$, atitinkamuose n - sluoksniuose (3) ir (1), tarp p^- - sluoksniu (2) ir atitinkamų greta esančių p^+ - sričių (4) ir (5), bei (6) ir (7), yra padaryti mažesni už atitinkamų $p-n$ sandūrų tarp atitinkamų sluoksnių (3)-(2) ir (1)-(2) nuskurdintų sričių maksimalių storių $d_{pn[(3-2);(1-2)]\max}$ atitinkamuose n - sluoksniuose (3) ir (1), ir didesni už L_p ($d_{pn[(3-2);(1-2)]\max} > l_{(1;2)} > L_p$).

2. DFPI pagal punktą 1, **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad atstumai: $W_{B(1;2)} > L_p$, $W_{B3} < L_p$, $W_{B(1;2)} < d_{pn[(3-4);(1-6);(7);(2-1);(3)]}$ ir $W_{B(1-3)} > d_{pn[(3-4);(5);(1-6);(7);(2-1);(3)]}$ o, čia: $d_{pn(\max,o)}$ – atitinkamų $p-n$ sandūrų tarp n - sluoksniu (3) ir atitinkamų p^+ - sričių (4) ir (5), bei atitinkamų $p-n$ sandūrų tarp

n - sluoksnio (1) ir atitinkamų p^+ - sričių (6) ir (7), bei atitinkamų p - n sandūrų tarp p^- - sluoksnio (2) ir atitinkamų n - sluoksnių (1) ir (3), atitinkamų nuskurdintų sričių n - sluoksniuose (3) ir (1), bei p^- - sluoksnyje (2), maksimalūs storiai, esant atgalinėms poveikių įtampoms atitinkamose p - n sandūrose, bei neutralūs storiai, kai nėra poveikių įtampų, ir, esant šioms sąlygoms, yra sudaryti puslaidininkinių tetrodų (PT) atitinkami dariniai $PT_{(1; 2)}$ – pirmasis PT_1 ir antrasis PT_2 , su atitinkamais pirmaisiais ir antraisiais kontaktais-išvadais: $K_{(1; 2)}$ (4.1; 6.1), arba $E_{(1; 2)}$ (4.1; 6.1), $E_{(1; 2)}$ (5.1; 7.1), arba $K_{(1; 2)}$ (5.1; 7.1), $B_{(1.1; 2.1)}$ (3.1; 1.1), ir kontaktai-išvadai: $B_{1.1}$ -K (3.1), arba $B_{1.1}$ -E (3.1), bei $B_{2.1}$ -E (1.1), arba $B_{2.1}$ -K (1.1), yra DFPI bendrieji kontaktai-išvadai, o tarp n - sluoksnių (1) ir (3), bei p^- - sluoksnio (2), yra sudarytas n - p^- - n laidumo darinis DT su DFPI pirmojo varianto (1 p.) darinio DT_3 parametrais.

3. DFPI pagal punktą 1, **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad atstumai: $W_{B(1; 2)} < L_p$, $W_{B(1-3)} > d_{pn} [(3-4; 5); (1-6; 7); (2-1; 3)]$ o, ir $W_{B3} > L_p$, bei $W_{B3} < d_{pn} [(2-1; 3)]_{\max}$, ir, esant šioms sąlygoms, yra sudaryti atitinkami $DT_{(1; 2)}$ ir PT dariniai su atitinkamais pirmaisiais ir antraisiais kontaktais-išvadais: $K_{(1; 2)}$ (4.1; 6.1), arba $E_{(1; 2)}$ (4.1; 6.1), $E_{(1; 2)}$ (5.1; 7.1), arba $K_{(1; 2)}$ (5.1; 7.1), $B_{(1.1; 2.1)}$ (3.1; 1.1), bei $B_{(1; 2)}$ (2.1; 2.2), ir kontaktai-išvadai: $B_{1.1}$ -K (3.1), arba $B_{1.1}$ -E (3.1), bei $B_{2.1}$ -E (1.1), arba $B_{2.1}$ -K (1.1), yra DFPI bendrieji kontaktai-išvadai, o tarp n - sluoksnių (1) ir (3), bei p^- - sluoksnio (2), yra sudarytas n - p^- - n laidumo darinis PT su DFPI antrojo varianto (2 p.) darinių $PT_{(1; 2)}$ parametrais.

4. DFPI pagal punktą 1, **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad atstumai: $W_{B(1; 2)}$ atitinka DFPI antrojo varianto (2 p.) parametrus $W_{B(1; 2)}$, o $l_{(1; 2)}$ ir W_{B3} atitinka DFPI pirmojo varianto (1 p.) parametrus $l_{(1; 2)}$ ir W_{B3} , ir, esant šioms sąlygoms, n - sluoksniuose (3), bei (1), yra sudaryti sandūrinių atidarytų n - kanalų vienpolių (lauko) tranzistorių (VT) dariniai $VT_{(1; 2)}$ – pirmasis VT_1 ir antrasis VT_2 , su atitinkamais pirmaisiais ir antraisiais kontaktais-išvadais: santakų ($D_{(1; 2)}$) (3.1; 1.1), arba ištakų ($S_{(1; 2)}$) (3.1; 1.1), ir užtūrų ($G_{(1.1; 1.2)}$) (4.1; 5.1), arba $G_{(1.1; 1.2)}$ (5.1; 4.1), bei ($G_{(2.1; 2.2)}$) (6.1; 7.1), arba $G_{(2.1; 2.2)}$ (7.1; 6.1), o tarp n - sluoksnių (1) ir (3), bei p^- - sluoksnio (2), yra sudarytas n - p^- - n laidumo darinis DT su DFPI pirmojo varianto (1 p.) darinio DT_3 parametrais, ir kontaktai-išvadai: D_1 (3.1), arba S_1 (3.1), ir K (3.1), arba E (3.1), bei D_2 (1.1), arba S_2 (1.1), ir E (1.1), arba K (1.1), yra DFPI bendrieji kontaktai-išvadai.

5. DFPI pagal punktus 1–4, **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad yra padaryti planarinės (paviršinės) technologijos būdu „horizontalios“ konstrukcijos, pavyzdžiui, ant dielektrinio šilumai laidaus padėklo yra suformuotas stačiakampio formos epitaksinis d storio, D pločio ir L ilgio n - sluoksnis, kurio priešinguose kraštuose išilgai L per visą n - sluoksnio storį d yra suformuotos dvi stačiakampės n^+ - sritys: (1.1) ir (3.1), su atitinkamais kontaktais-išvadais (1.1) ir (3.1), ir n^+ - sričių (1.1) ir (3.1) kraštinės yra lygiagrečios L i D kraštinėms, viduryje tarp n^+ - sričių (1.1) ir (3.1) per visą storį d ir plotį D yra suformuota stačiakampė p^- - sritis (2) su



kraštinėmis W_{B_3} ir $L_2 = D$, lygiagrečiomis atitinkamai L ir D , ir išilgai L_2 kryptimi p^- srities (2) priešinguose galuose yra suformuotos atitinkamos p^+ sritys: (2.1) ir (2.2), su atitinkamais kontaktais-išvadais (2.1) ir (2.2), o viduryje tarp n^+ srities (3.1) ir p^- srities (2), bei viduryje tarp n^+ srities (1.1) ir p^- srities (2), per visą storį d yra suformuotos atitinkamos poros stačiakampių p^+ sričių: (4) ir (5), bei (6) ir (7), su atitinkamais kontaktais -išvadais: (4.1) ir (5.1), bei (6.1) ir (7.1), ir p^+ sričių (4)–(7) kraštinės yra lygiagrečios L ir D kraštinėms, ir porose p^+ sritys (4) ir (5), bei (6) ir (7), yra suformuotos priešpriešiais ir lygiagrečiai D kraštinei atitinkamais atstumais $W_{B_{(1;2)}}$ tarp jų atitinkamose porose, ir atitinkamais atstumais $l_{(1;2)}$ nuo p^- srities (2) iki atitinkamų porų p^+ sričių: (4) ir (5), bei (6) ir (7).

6. DFPĮ pagal punktus 1–4, **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad yra padaryti planarinės technologijos būdu „vertikalios“ konstrukcijos, pavyzdžiui, p^- laidumo puslaidininkinio kristalo (2) – įtaiso padėklo (2) paviršiuje simetriškai priešpriešiais su lygiagrečiomis kraštinėmis atstumu W_{B_3} viena nuo kitos yra suformuotos dvi vienodos n^- laidumo stačiakampės sritys (1) ir (3), kurios į p^- kristalą (2) yra įterptos h_1 gylyje, atitinkamose n^- srityse (1) ir (3), šalia W_{B_3} pločio suformuotos p^- srities (2), simetriškai viena priešais kitą lygiagrečiomis kraštinėmis su n^- sričių (1) ir (3) kraštinėmis, ir lygiagrečiai W_{B_3} pločio p^- srities (2) išilginei kraštinei, yra suformuotos atitinkamos poros vienodų p^+ laidumo stačiakampių sričių: (4) ir (5), bei (6) ir (7), kurios į atitinkamas n^- sritis (3) ir (1) yra įterptos gylyje $h_2 < h_1$, ir $(h_1 - h_2) = l_{(1;2)}$, atitinkamose n^- srityse (1) ir (3), šalia atitinkamų porų p^+ sričių: (6) ir (7), bei (4) ir (5), priešingose pusėse nuo W_{B_3} pločio p^- srities (2), yra suformuotos atitinkamos n^+ sritys (1.1) ir (3.1), kurios į atitinkamas n^- sritis (1) ir (3) yra įterptos gylyje $h_{n+} \leq h_2$, o šalia n^- sričių (1) ir (3) simetriškai priešingose W_{B_3} pločio p^- srities (2) pusėse yra suformuotos vienodos stačiakampės p^+ sritys: (2.1) ir (2.2), kurių kraštinės yra lygiagrečios n^- sritims (1) ir (3), kai visos sritys: 1.1; 2.1; 2.2; 3.1; 4; 5; 6 ir 7 turi atitinkamus kontaktus-išvadas: 1.1; 2.1; 2.2; 3.1; 4.1; 5.1; 6.1 ir 7.1.

7. Stiprintuvas-dažnių maišiklis su DFPĮ pagal punktus 1, 5 ir 6, **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad DFPĮ kontaktas-išvadas B_1 - K_3 per pirmąjį rezistorių R_1 yra sujungtas su „žeme“ – įtaiso nulinio potencialo šina, ir kartu per antrąjį R_2 – su įtampos $\mathcal{E}_0$ šaltinio neigiamo (–) poliškumo gnybtu „–“, o teigiamo (+) poliškumo gnybtas „+“ – su „žeme“, ir kartu per pirmąjį kondensatorių C_1 – su įtaiso pirmuoju įėjimo gnybtu U_{in1} , DFPĮ ir kartu darinio DT_1 kontaktas-išvadas K_1 per pirmąją apkrovą R_{a1} yra sujungtas su šaltinio $\mathcal{E}_0$ gnybtu „–“ ir kartu per antrąjį C_2 – su įtaiso pirmuoju išėjimo gnybtu U_{is1} , kontaktas-išvadas E_1 per antrąją R_{a2} – su „žeme“ ir kartu per trečiąją C_3 – su antruoju gnybtu U_{is2} , DFPĮ kontaktas-išvadas B_2 - E_3 per trečiąją R_3 yra sujungtas su „žeme“ ir kartu per ketvirtąjį R_4 – su šaltinio $\mathcal{E}_0$ gnybtu „–“, ir kartu per ketvirtąjį C_4 – su antruoju gnybtu U_{in2} , DT_2 kontaktas-išvadas K_2 per trečiąją R_{a3} yra sujungtas su šaltinio $\mathcal{E}_0$ gnybtu „–“ ir kartu per penktąjį C_5 – su trečiuoju gnybtu U_{is3} , kontaktas-išvadas E_2 per

ketvirtąją R_{a4} – su „žeme“ ir kartu per šeštąją C_6 – su ketvirtuoju gnybtu U_{is4} , o DT_3 kontaktai-išvadai $B_{3,(1;2)}$ per penktąją R_5 yra sujungti su „žeme“ ir kartu per septintąją C_7 – su trečiuoju gnybtu U_{in3} .

8. Impulsų formuotuvos su DFPI pagal punktus 1, 5 ir 6, **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad DFPI bendrasis kontaktas-išvadas B_1-E_3 per R_1 yra sujungtas su „žeme“ ir kartu per C_1 – su gnybtu U_{in} , o kontaktas-išvadas B_2-K_3 per R_2 – su „žeme“, DT_1 kontaktas-išvadas K_1 per R_{a1} yra sujungtas su šaltinio $\mathcal{E}_0$ gnybtu „–“, o gnybtas „+“ – su „žeme“, ir kartu per C_2 – su gnybtu U_{is1} , o kontaktas-išvadas E_1 per R_{a2} – su „žeme“ ir kartu per C_3 – su gnybtu U_{is2} , DT_2 kontaktas-išvadas K_2 per R_{a3} yra sujungtas su šaltinio $\mathcal{E}_0$ gnybtu „–“ ir kartu per C_4 – su gnybtu U_{is3} , o kontaktas-išvadas E_2 per R_{a4} – su „žeme“ ir kartu per C_5 – su gnybtu U_{is4} , DT_2 kontaktas-išvadas K_2 per C_7 yra sujungtas su DT_1 kontaktu-išvadu E_1 , o DT_3 kontaktai-išvadai $B_{(3,1;3,2)}$ per R_3 – su „žeme“ ir kartu per C_6 – su DT_1 kontaktu-išvadu K_1 , arba kitame variante DFPI bendrasis kontaktas-išvadas B_2-K_3 per C_1 yra sujungtas su gnybtu U_{in} , DT_2 kontaktas-išvadas K_2 per C_6 – su DT_3 kontaktais-išvadais $B_{3,(1;2)}$, o DT_1 kontaktas-išvadas K_1 per C_7 – su DT_2 kontaktu-išvadu E_2 .

9. Impulsų formuotuvos su DFPI pagal punktus 1, 5 ir 6, **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad DFPI darinio DT_3 kontaktai-išvadai $B_{(3,1;2)}$ yra laisvi, o DFPI bendrieji kontaktai-išvadai B_1-K_3 ir B_2-E_3 per atitinkamus $R_{(1;2)}$ yra sujungti su transformatoriaus (Tr) antrinės apvijos (II) išvadais, kai Tr pirminės apvijos (I) išvadai – atitinkamai su gnybtu U_{in1} ir su „žeme“, DT_1 kontaktas-išvadas K_1 per R_{a1} yra sujungtas su šaltinio $\mathcal{E}_0$ gnybtu „–“ (arba „+“), o gnybtas „+“ (arba „–“) – su „žeme“, ir kartu per C_1 – su gnybtu U_{is1} , DT_1 kontaktas-išvadas E_1 per R_{a3} – su „žeme“ ir kartu per C_3 – su gnybtu U_{is3} , DT_2 kontaktas-išvadas K_2 per R_{a2} yra sujungtas su šaltinio $\mathcal{E}_0$ gnybtu „–“ (arba „+“) ir kartu per C_2 – su gnybtu U_{is2} , DT_2 kontaktas-išvadas E_2 per R_{a4} – su „žeme“ ir kartu per C_4 – su gnybtu U_{is4} , arba kitu atveju $DT_{(1;2)}$ kontaktai-išvadai $E_{(1;2)}$ kartu per R_{a3} yra sujungti su „žeme“ ir kartu per C_3 – su gnybtu U_{is3} , arba dar kitu atveju $DT_{(1;2)}$ kontaktai-išvadai $K_{(1;2)}$ atskirai per atitinkamus $R_{a(1;2)}$ yra sujungti su atitinkamų pastoviųjų įtampų $\mathcal{E}_{(1;2)}$ maitinimo šaltinių atitinkamais gnybtais „±“ (arba „∓“), o atitinkami gnybtai „∓“ (arba „±“) – su „žeme“.

10. Relaksacinių ir harmoninių virpesių generatorius su DFPI pagal punktus 1, 5 ir 6, **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad DFPI bendrieji kontaktai-išvadai B_1-K_3 ir B_2-E_3 per atitinkamus $R_{(1;3)}$ yra sujungti su „žeme“ ir kartu per atitinkamus $R_{(2;4)}$ – su šaltinio $\mathcal{E}_0$ gnybtu „–“, o gnybtas „+“ – su „žeme“, DT_1 kontaktas-išvadas K_1 per R_{a1} yra sujungtas su šaltinio $\mathcal{E}_0$ gnybtu „–“ ir kartu per C_1 – su gnybtu U_{is1} , ir kartu per C_5 – su DT_3 kontaktais-išvadais $B_{3,(1;2)}$, o DT_1 kontaktas-išvadas E_1 per R_{a2} – su „žeme“ ir kartu per C_2 – su gnybtu U_{is2} , DT_2 kontaktas-išvadas K_2 per R_{a3} yra sujungtas su šaltinio $\mathcal{E}_0$ gnybtu „–“ ir kartu per C_3 – su gnybtu U_{is3} , ir

kartu per C_6 , arba per nuosekliai sujungtus C_6 ir induktorių L – su DFPI kontaktu-išvadu B_1-K_3 , arba dar kitame variante DT_2 kontaktas-išvadas K_2 per C_6 yra sujungtas su DFPI kontaktu-išvadu B_1-K_3 ir kartu per lygiagrečiai sujungtus C_7 ir L – su „žeme“, o kontaktas-išvadas E_2 per R_{a4} – su „žeme“ ir kartu per C_4 – su gnybtu U_{i5} 4, DT_3 kontaktai-išvadai $B_{3(1; 2)}$ per R_5 yra sujungti su „žeme“.

11. Impulsų formuotuvą su DFPI pagal punktus 2, 5 ir 6, **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad DFPI bendrasis kontaktas-išvadas $B_{1.1}-K$ per R_1 yra sujungtas su šaltinio $\mathcal{E}_0$ gnybtu „+“, o gnybtas „–“ – su „žeme“, DFPI bendrasis kontaktas-išvadas $B_{2.1}-E$ per R_2 – su „žeme“ ir kartu per R_3 – su šaltinio $\mathcal{E}_0$ gnybtu „+“, $PT_{(1; 2)}$ kontaktai-išvadai $K_{(1; 2)}$ per atitinkamus $R_{a(1; 2)}$ yra sujungti su šaltinio $\mathcal{E}_0$ gnybtu „+“ ir kartu per atitinkamus $C_{(1; 2)}$ – su atitinkamais gnybtais $U_{i5(1; 2)}$, o $PT_{(1; 2)}$ kontaktai-išvadai $E_{(1; 2)}$ per atitinkamus $R_{a(3; 4)}$ – su „žeme“ ir kartu per atitinkamus $C_{(3; 4)}$ – su atitinkamais gnybtais $U_{i5(3; 4)}$, DT kontaktai-išvadai $B_{(1; 2)}$ per R_4 yra sujungti su šaltinio $\mathcal{E}_0$ gnybtu „+“ ir kartu per R_5 – su „žeme“, ir kartu per C_5 – su gnybtu U_{in} .

12. Diferencialinis (skirtuminis) stiprintuvas-dažnių harmonikų plėtiklis su DFPI pagal punktus 3, 5 ir 6, **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad DFPI bendrasis kontaktas-išvadas $B_{1.1}-K$ per R_1 yra sujungtas su „žeme“ ir kartu per C_1 – su gnybtu U_{in1} , ir kartu per R_2 – su šaltinio $\mathcal{E}_0$ gnybtu „–“, o gnybtas „+“ – su „žeme“, DFPI bendrasis kontaktas-išvadas $B_{2.1}-E$ per R_3 – su „žeme“ ir kartu per C_2 – su gnybtu U_{in2} , ir kartu per R_4 – su šaltinio $\mathcal{E}_0$ gnybtu „–“, $DT_{(1; 2)}$ kontaktai-išvadai $E_{(1; 2)}$ per R_5 yra sujungti su „žeme“, o kontaktai-išvadai $K_{(1; 2)}$ per atitinkamus $R_{a(1; 2)}$ – su šaltinio $\mathcal{E}_0$ gnybtu „–“ ir kartu per atitinkamus $C_{(3; 4)}$ – su atitinkamais gnybtais $U_{i5(1; 2)}$, ir kartu per atitinkamus šeštąjį ir septintąjį $R_{(6; 7)}$ – su PT bazės B atitinkamais gnybtais $B_{(1; 2)}$.

13. Stiprintuvas-dažnių maišiklis su DFPI pagal punktus 4, 5 ir 6, **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad DFPI bendrasis kontaktas-išvadas S_1-E per R_{a1} yra sujungtas su „žeme“ ir kartu per C_1 – su gnybtu U_{i51} , DFPI kontaktas-išvadas D_2-K per R_{a2} yra sujungtas su šaltinio $\mathcal{E}_0$ gnybtu „+“ arba „–“, o gnybtas „–“, arba „+“ – su „žeme“, ir kartu per C_2 – su gnybtu U_{i52} , VT_1 kontaktas-išvadas $G_{1.1}$ per R_1 yra sujungtas su „žeme“ ir kartu per C_3 – su gnybtu U_{in1} , o kontaktas-išvadas $G_{1.2}$ per R_2 – su „žeme“ ir kartu per C_4 – su gnybtu U_{in2} , VT_2 kontaktas-išvadas $G_{2.1}$ per R_3 yra sujungtas su „žeme“ ir kartu per C_5 – su gnybtu U_{in3} , o kontaktas-išvadas $G_{2.2}$ per R_4 – su „žeme“ ir kartu per C_6 – su ketvirtuoju gnybtu U_{in4} , DT kontaktai-išvadai $B_{(1; 2)}$ per R_5 yra sujungti su „žeme“ ir kartu per R_6 – su šaltinio $\mathcal{E}_0$ gnybtu „+“ arba „–“, ir kartu per C_7 – su penktuoju gnybtu U_{in5} .

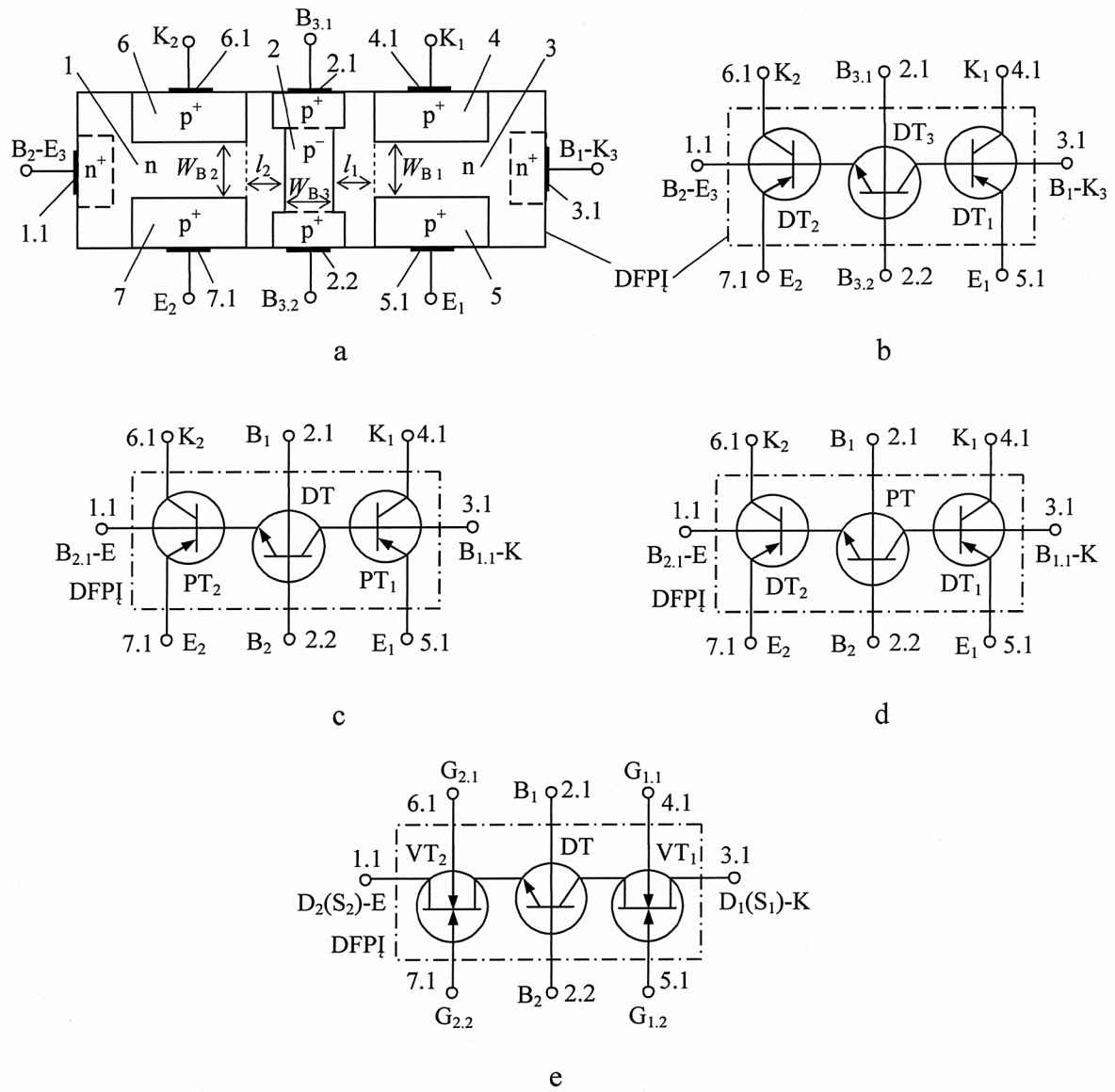


Fig. 1

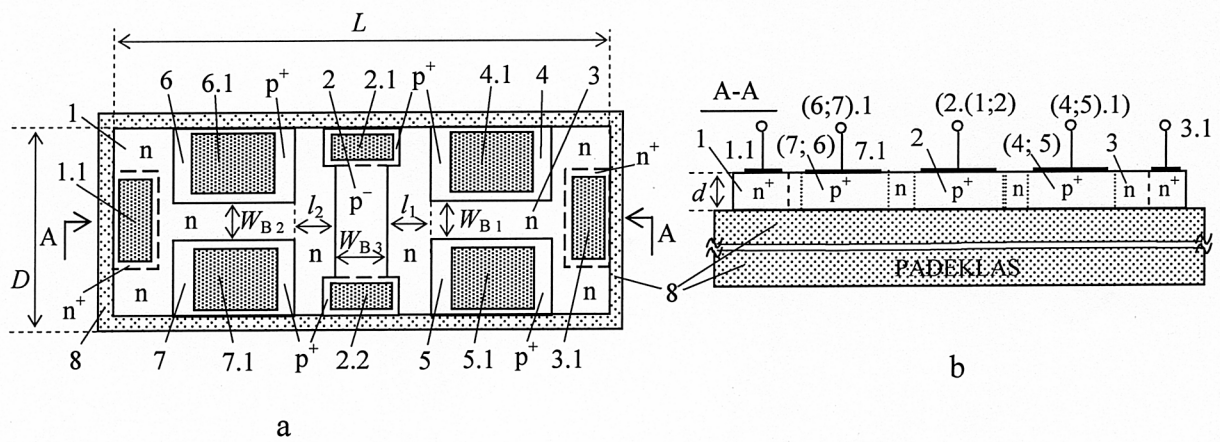


Fig. 2

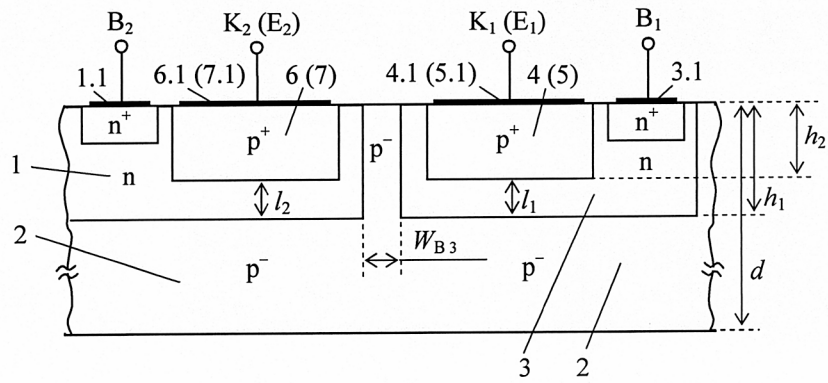


Fig. 3

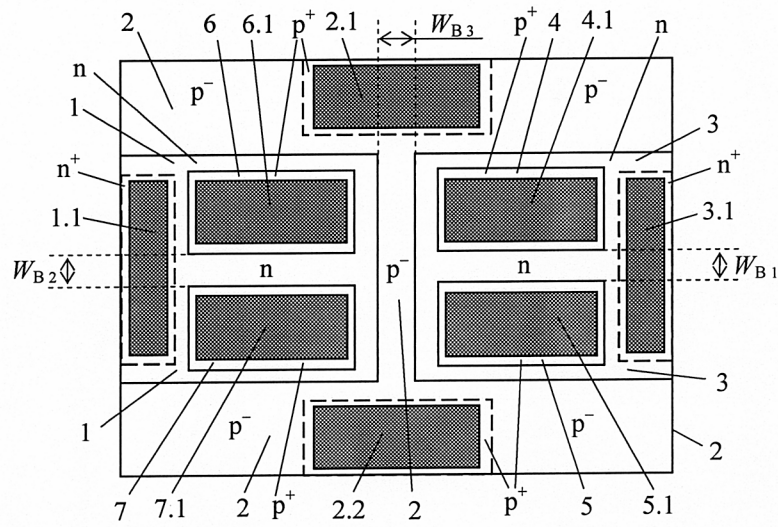


Fig. 4

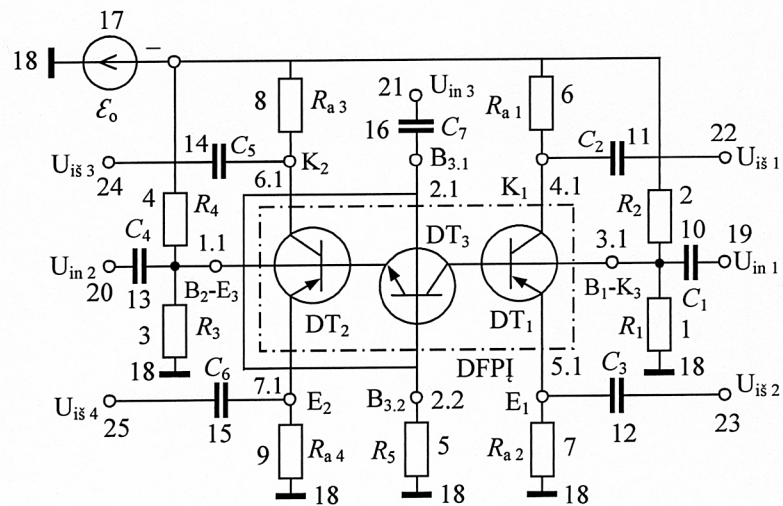


Fig. 5

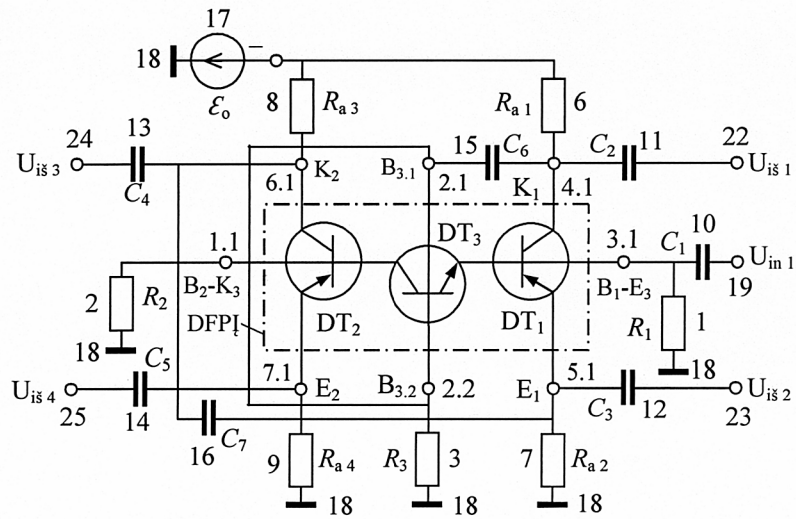


Fig. 6

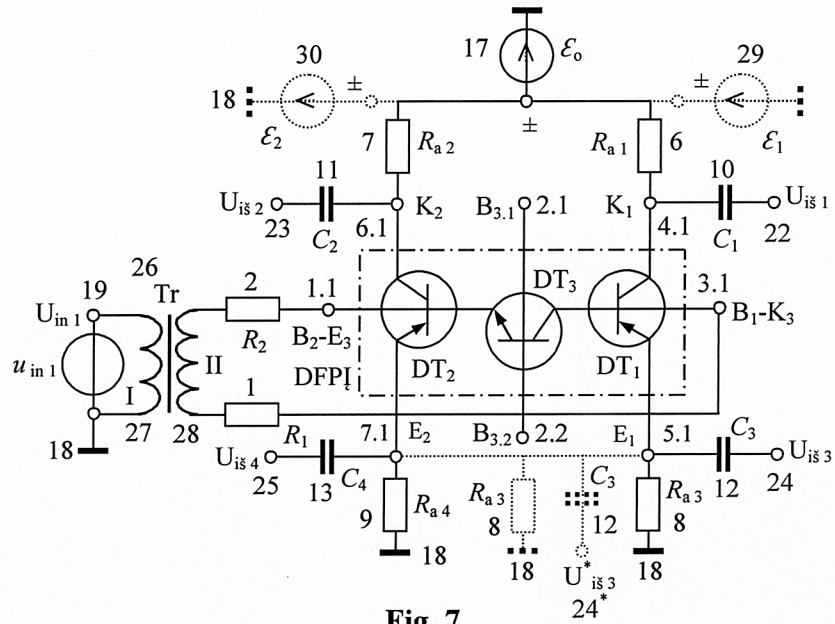


Fig. 7

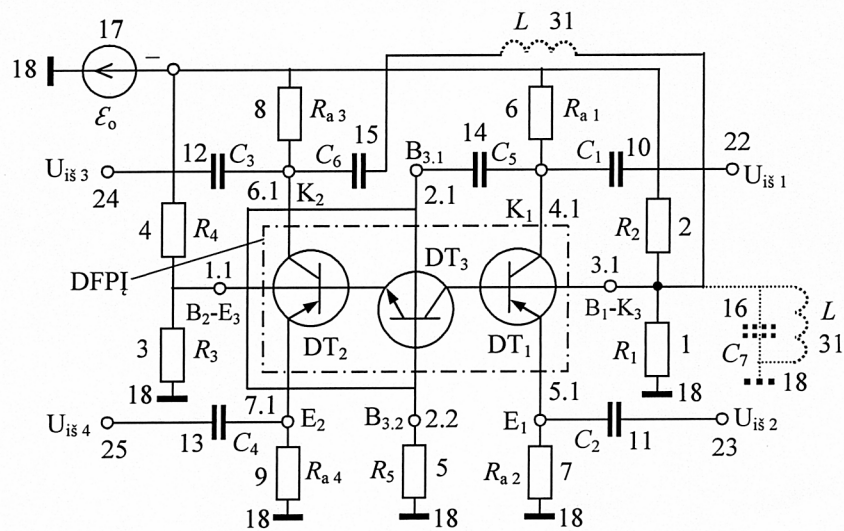


Fig. 8

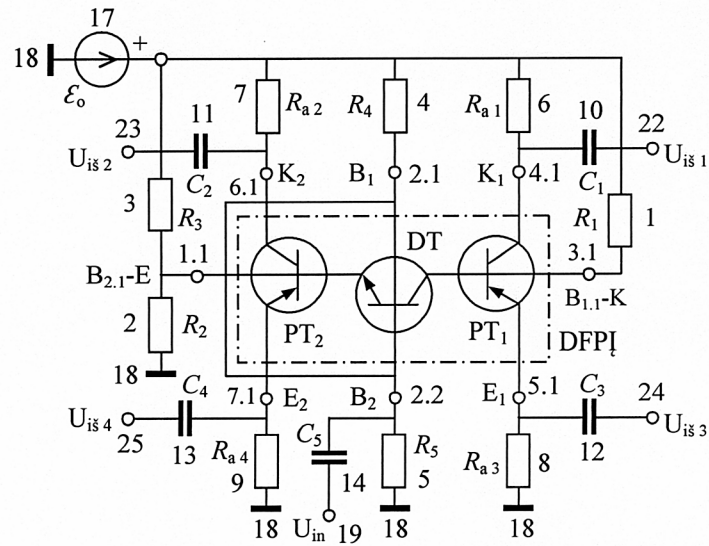


Fig. 9

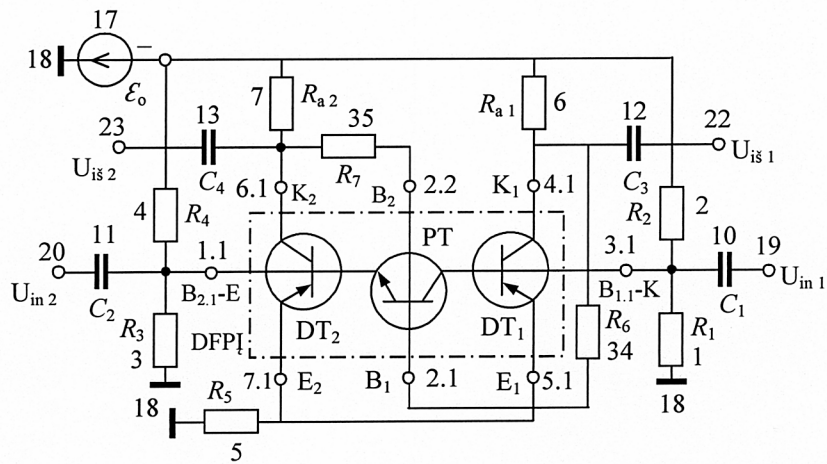


Fig. 10

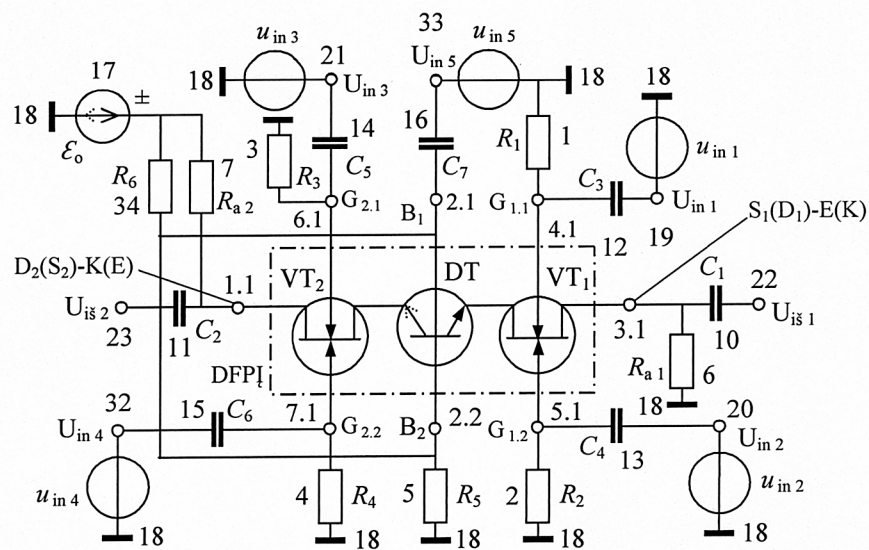


Fig. 11

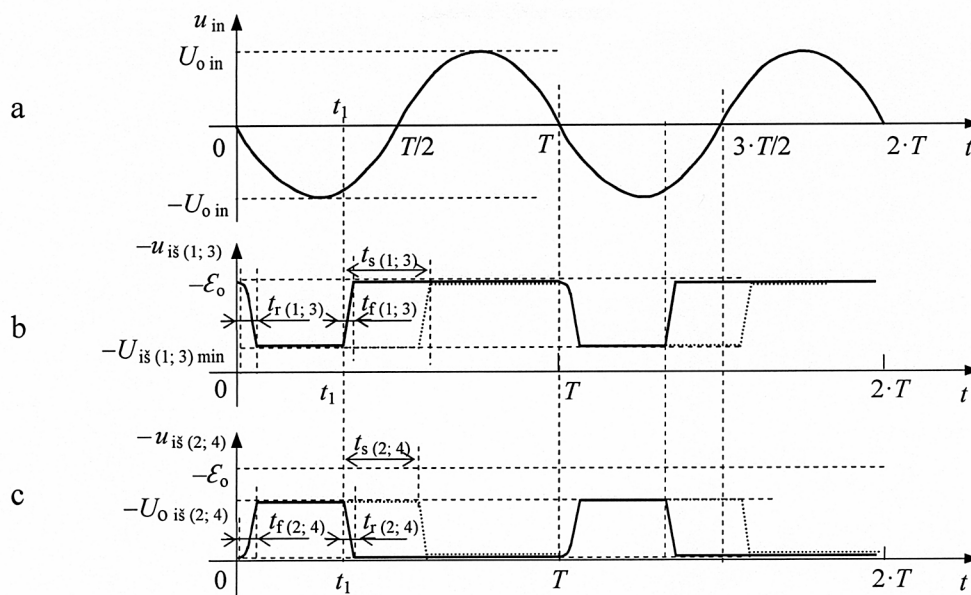


Fig. 12

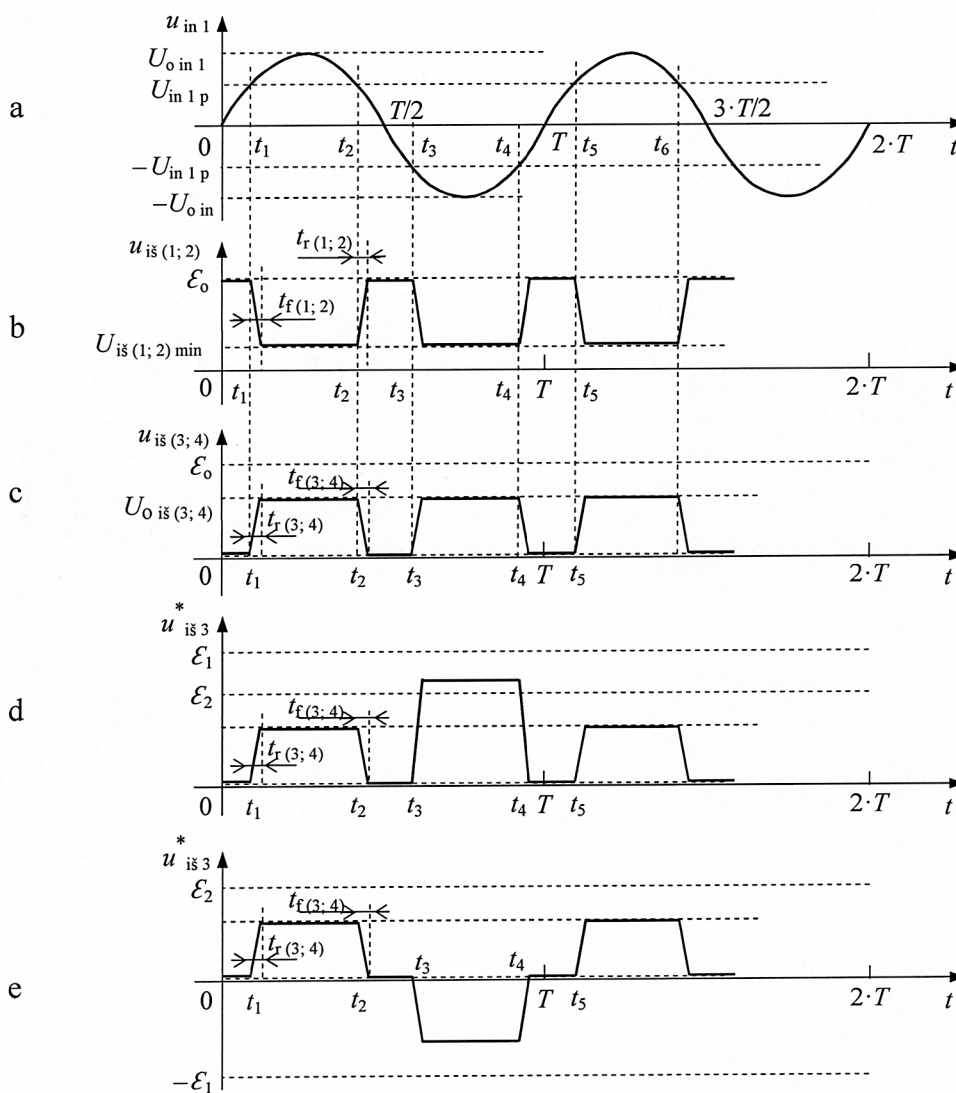


Fig. 13

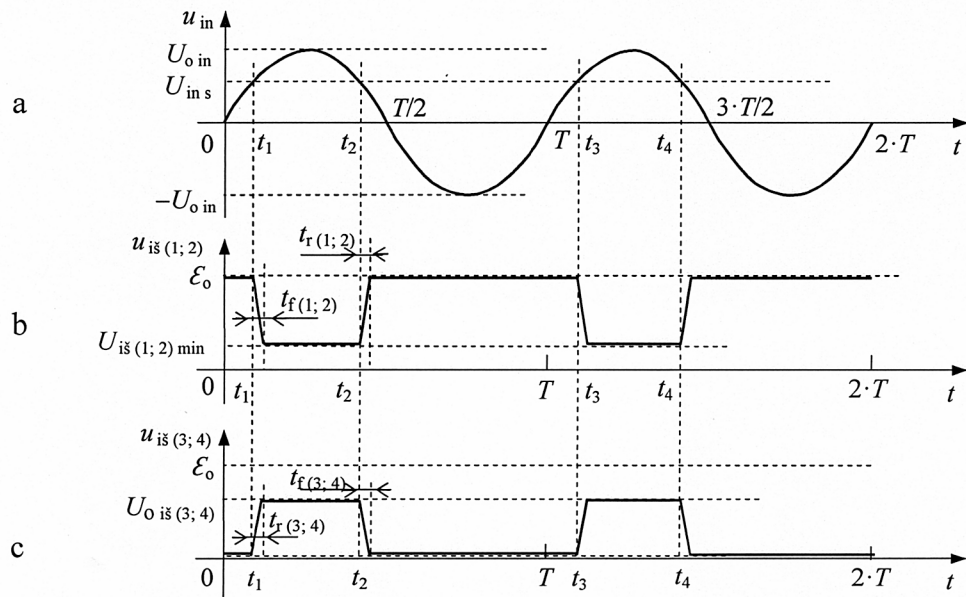


Fig. 14

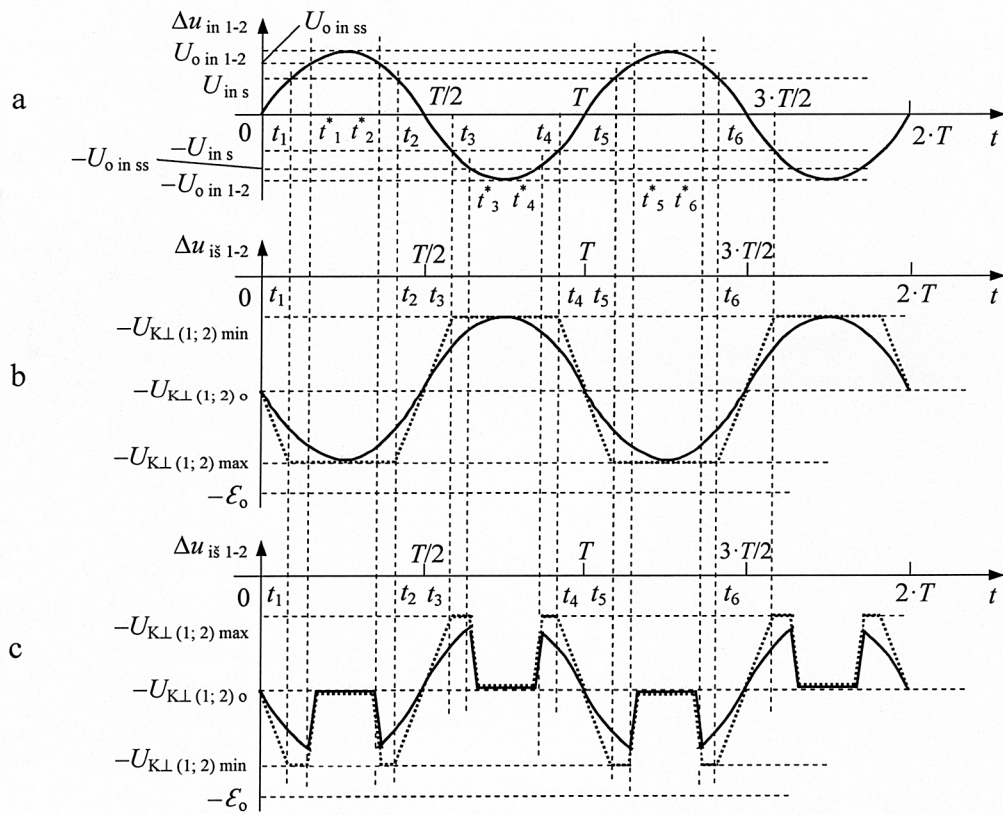


Fig. 15