

Lietuvos  
Respublikos  
valstybinis  
patentų biuras

(11) **LT 6946 B**

(51) Int. Cl. (2022.01):

**H03K 3/00**

## (12) **PATENTO APRAŠYMAS**

(21) Paraiškos numeris: **2020 043**  
(22) Paraiškos padavimo data: **2020-11-25**  
(41) Paraiškos paskelbimo data: **2022-05-25**  
(45) Patento paskelbimo data: **2022-10-10**

(73) Patento savininkas:

**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:

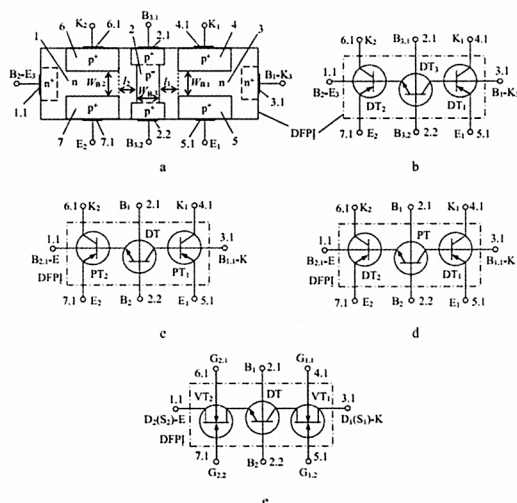
**Česlovas PAVASARIS, Kryžiuokų sodų 8-oji g. 94, 08444 Vilnius, LT**

(54) Pavadinimas:

**Daugiafunkcinis puslaidininkinis įtaisas ir schemos su juo (2)**

(57) Referatas:

Pasiūlymas yra iš puslaidininkinės elektronikos srities, o būtent daugiafunkcinių 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  $t_{fr}$   $\leq 1$  ns.



**Fig. 1**

Pasiūlymas yra iš puslaidininkinės elektronikos srities, o būtent daugiafunkcinių (kelių funkcijų, multifunkcinių) puslaidininkinių įtaisų (DFPI (KFP), MFP)), 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 ominį kontaktą ir atitinkamą išvadą (14), o antrasis p– sluoksniu 2 turi du priešpriešiais išdėstytus ominus 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 išvadás 14, kurio  $PT_1$  vidurinės p– sritys 2 du kraštiniai išvadás 14 yra sujungti su srovės šaltiniu  $I$  ir kartu vienas kraštinis išvadás 14 – su  $PT_2$  vienos kraštinės p– sritys 12 išvadu 14, o kitas kraštinis išvadás 14 per nuosekliai sujungtus pirmąjį induktorių  $L_1$  ir



rezistorių  $R$  – su  $PT_2$  kitos kraštinės  $p$ – srities 11 išvadu 14.  $PT_2$  vidurinės  $n$ – srities 5 išvadas 14 per nuosekliai sujungtus: įtampos  $U$  šaltinį, antrąjį induktorių  $L_2$  ir apkrovos rezistorių  $R_a$  yra sujungtas su  $PT_1$   $n$ – 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  $U_{iš}$ , pavyzdžiui,  $PT_1$  darinio  $n$ – srities 1 kontaktas 14.

Analogo trūkumams pašalinti DFPĮ, 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  $p$ – sluoksnio 2 priešingų išorinių kraštų, ir viename kraštiniame  $n$ – sluoksnyje 3 šalia vidurinio  $p$ – sluoksnio 2 lygiagrečiai suformuotų dvejų vienodų  $p$ – sričių 4 ir 5, DFPĮ yra padarytas kitaip, o būtent pirmajame variante  $n$ – sluoksniai 1 ir 3 yra padaryti vidutiniškai stipriai legiruoti,  $p$ – sluoksnis 2 yra padarytas vidutiniškai silpnai legiruotas, o  $p^+$ – sritis 4 ir 5 padarytos stipriai legiruotos, ir kitame kraštiniame  $n$ – sluoksnyje 1 šalia  $p$ – sluoksnio 2 lygiagrečiai yra suformuotos dvi vienodos stipriai legiruotos  $p^+$ – sritis 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  $p$ – sluoksnio 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 kontaktai-išvadais:  $K_3$  (3.1),  $E_3$  (1.1), arba atvirkščiai, ir  $p^-$  sluoksnio 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 DFPĮ 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  $p^-$  sluoksnio 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 DFPĮ – antrajame variante kitaip padaryta įtaiso konstrukcija, o būtent su atstumais:

$W_{B(1; 2)} > L_p$ ,  $W_{B_3} < L_p$ ,  $W_{B(1; 2)} < d_{pn} [(3-(4; 5); (1-(6; 7)) \max$  ir  $W_{B(1-3)} > d_{pn} [(3-(4; 5); (1-(6; 7); (2-(1; 3)) \max$ , 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 storai, esant atgalinėms poveikių įtampoms, bei neutralūs storai, kai nėra poveikių įtampų, ir yra sudaryti atitinkami pirmasis ir antrasis puslaidininkiniai tetrodai (PT) – atitinkami dariniai  $PT_{(1; 2)}$  su atitinkamais pirmaisiais ir antraisiais kontaktai-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 DFPĮ bendrieji kontaktai-išvadai, o sluoksniuose 1, 2 ir 3 yra sudarytas  $n-p-n$  laidumo darinis DT su atitinkamais pirmojo DFPĮ varianto  $DT_3$  parametrais.

Kitame DFPĮ – trečiajame variante kitaip padaryta įtaiso konstrukcija, o būtent su atstumais:

$W_{B(1; 2)} < L_p$ ,  $W_{B(1-3)} > d_{pn} [(3-(4; 5); (1-(6; 7); (2-(1; 3)) \max$ , ir  $W_{B_3} > L_p$ , bei  $W_{B_3} < d_{pn} [(2-(1; 3)) \max$ , ir yra sudaryti atitinkami  $DT_{(1; 2)}$  ir PT dariniai su atitinkamais pirmaisiais ir antraisiais kontaktai-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<sub>1.1</sub>-E (3.1), bei B<sub>2.1</sub>-E (1.1), arba B<sub>2.1</sub>-K (1.1), yra DFPĮ bendrieji kontaktai-išvadai, o sluoksniuose 1, 2 ir 3 sudarytas n-p-n laidumo darinis PT atitinka antrojo DFPĮ varianto PT<sub>(1; 2)</sub> parametrus.

Kitame DFPĮ – ketvirtajame variante kitaip padaryta įtaiso konstrukcija, o būtent su DFPĮ antrojo varianto parametrais  $W_{B(1; 2)}$  ir su DFPĮ 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<sub>(1; 2)</sub> su atitinkamais pirmaisiais ir antraisiais kontaktais-išvadais: santakų (D<sub>(1; 2)</sub>) (3.1; 1.1), arba ištakų (S<sub>(1; 2)</sub>) (3.1; 1.1), ir užtūrų (G<sub>(1.1; 1.2)</sub>) (4.1; 5.1), arba atvirkščiai, bei (G<sub>(2.1; 2.2)</sub>) (6.1; 7.1), arba atvirkščiai, o sluoksniuose 1, 2 ir 3 yra sudarytas n-p-n laidumo darinis DT su atitinkamais pirmojo DFPĮ varianto DT<sub>3</sub> parametrais, ir kontaktai-išvadai: D<sub>1</sub> (3.1), arba S<sub>1</sub> (3.1), ir K (3.1), arba E (3.1), bei D<sub>2</sub> (1.1), arba S<sub>2</sub> (1.1), ir E (1.1), arba K (1.1), yra DFPĮ bendrieji kontaktai-išvadai.

Visų variantų DFPĮ konstrukcijos yra padarytos kitaip, o būtent planarinės (paviršinės) technologijos būdu yra suformuotas „horizontalios“ konstrukcijos DFPĮ, 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<sup>+</sup>– sritys: 1.1 ir 3.1, su atitinkamais kontaktais-išvadais 1.1 ir 3.1, ir n<sup>+</sup>– sričių 1.1 ir 3.1 kraštinės yra lygiagrečios  $L$  ir  $D$  kraštinėms. Viduryje tarp n<sup>+</sup>– sričių 1.1 ir 3.1 per visą storį  $d$  ir plotį  $D$  yra suformuota stačiakampė p– sritis 2 su kraštinėmis  $W_{B3}$  ir  $L_2 = D$ , lygiagrečiomis atitinkamai  $L$  ir  $D$ , ir išilgai  $L_2$  kryptimi p– srities 2 priešinguose galuose yra suformuotos atitinkamos p<sup>+</sup>– sritys: 2.1 ir 2.2, su atitinkamais kontaktais-išvadais 2.1 ir 2.2. Viduryje tarp n<sup>+</sup>– srities 3.1 ir p– srities 2, bei viduryje tarp n<sup>+</sup>– srities 1.1 ir p– srities 2, per visą storį  $d$  yra suformuotos atitinkamos poros stačiakampių p<sup>+</sup>– 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<sup>+</sup>– sričių 4–7 kraštinės yra lygiagrečios  $L$  ir  $D$  kraštinėms, ir porose p<sup>+</sup>– 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<sup>+</sup>– sričių: 4 ir 5, bei 6 ir 7.

Visų variantų DFPĮ konstrukcijos yra padarytos kitaip, o būtent planarinės (paviršinės) technologijos būdu „vertikalios“ konstrukcijos DFPĮ, pavyzdžiui, p– laidumo puslaidininkinio kristalo 2 – įtaiso padėklo 2 paviršiuje simetriškai



priešpriešiais su lygiagrečiomis kraštinėmis atstumu  $W_{B3}$  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  $W_{B3}$  pločio suformuotos  $p^-$  srities 2, simetriškai viena priešais kitą lygiagrečiomis kraštinėmis su  $n^-$  sričių 1 ir 3 kraštinėmis, ir lygiagrečiai  $W_{B3}$  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  $W_{B3}$  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  $W_{B3}$  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.

Analogo trūkumams pašalinti stiprintuvas-dažnių  $\omega$  in (1-3) maišiklis yra padarytas kitaip, kuriame yra įjungtas DFPĮ 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  $B_1-K_3$  (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  $U_{iš(1-4)}$ , atitinkamai pirmasis ( $U_{iš1}$ )–ketvirtasis ( $U_{iš4}$ ), pastoviosios įtampos  $\mathcal{E}_0$  maitinimo šaltinis. DFPĮ 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  $U_{in1}$ .  $DT_1$  kontaktas-išvadas  $K_1$  per  $R_{a1}$  yra sujungtas su šaltinio  $\mathcal{E}_0$  gnybtu „-“ ir kartu per  $C_2$  – su gnybtu  $U_{iš1}$ , kontaktas-išvadas  $E_1$  per  $R_{a2}$  – su „žeme“ ir kartu per  $C_3$  – su gnybtu  $U_{iš2}$ . DFPĮ 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  $U_{in2}$ .  $DT_2$  kontaktas-išvadas  $K_2$  per  $R_{a3}$  yra sujungtas su šaltinio  $\mathcal{E}_0$  gnybtu „-“ ir kartu per  $C_5$  – su gnybtu  $U_{iš3}$ , kontaktas-išvadas  $E_2$  per  $R_{a4}$  – su „žeme“ ir kartu per  $C_6$  – su gnybtu  $U_{iš4}$ .  $DT_3$  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 formuotuvos yra padarytas kitaip, kuriame yra įjungtas DFPĮ su  $DT_{(1-3)}$  dariniais. DFPĮ 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  $R_{a\ 1}$  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  $U_{iš\ 2}$ .  $DT_2$  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  $U_{iš\ 4}$ .  $DT_2$  kontaktas-išvadas  $K_2$  per  $C_7$  yra sujungtas su  $DT_1$  kontaktu-išvadu  $E_1$ , o  $DT_3$  kontaktas-išvadais  $B_{(3.1;\ 3.2)}$  per  $R_3$  – su „žeme“ ir kartu per  $C_6$  – su  $DT_1$  kontaktu-išvadu  $K_1$ . Kitame variante DFPĮ 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  $DT_3$  kontaktas-išvadais  $B_{3.(1;\ 2)}$ , o  $DT_1$  kontaktas-išvadas  $K_1$  per  $C_7$  – su  $DT_2$  kontaktu-išvadu  $E_2$ .

Analogo trūkumams pašalinti impulsų formuotuvos yra padarytas kitaip, kuriame yra įjungtas DFPĮ su  $DT_{(1-3)}$  dariniais ir  $DT_3$  kontaktas-išvadais  $B_{(3.(1;\ 2))}$  yra laisvi. DFPĮ bendrieji kontaktas-išvadais  $B_1-K_3$  ir  $B_2-E_3$  per atitinkamus  $R_{(1;\ 2)}$  yra sujungti su transformatoriaus (Tr) antrinės apvijos (II) išvadais, o Tr pirminės apvijos (I) išvadais – atitinkamai – su gnybtu  $U_{in\ 1}$  ir – su „žeme“.  $DT_1$  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  $U_{iš\ 3}$ .  $DT_2$  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  $DT_{(1;\ 2)}$  kontaktas-išvadais  $E_{(1;\ 2)}$  kartu per  $R_{a\ 3}$  yra sujungti su „žeme“ ir kartu per  $C_3$  – su gnybtu  $U_{iš\ 3}$ . Dar kitu atveju  $DT_{(1;\ 2)}$  kontaktas-išvadais  $K_{(1;\ 2)}$  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 kontaktas-išvadais  $B_1-K_3$  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  $U_{i3}$ , 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  $U_{i2}$ .  $DT_2$  kontaktas-išvadas  $K_2$  per  $R_{a 3}$  yra sujungtas su šaltinio  $\mathcal{E}_0$  gnybtu „–“ ir kartu per  $C_3$  – su gnybtu  $U_{i3}$ , 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  $U_{i4}$ .  $DT_3$  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  $U_{i3 (1; 2)}$ , o kontaktai-išvadai  $E_{(1; 2)}$  per atitinkamus  $R_{a (3; 4)}$  – su „žeme“ ir kartu per atitinkamus  $C_{(3; 4)}$  – su atitinkamais gnybtais  $U_{i3 (3; 4)}$ .  $DT$  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  $U_{i3 (1; 2)}$ , 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<sub>(1; 2)</sub>, bei n–p–n laidumo DT dariniiais, turinčiais atitinkamus kontaktus-išvadas: du bendruosius kontaktus-išvadas S<sub>1</sub>-E ir D<sub>2</sub>-K, G<sub>(1.1; 1.2)</sub> ir G<sub>(2.1; 2.2)</sub>. DFPĮ bendrasis kontaktas-išvadas S<sub>1</sub>-E per R<sub>a 1</sub> yra sujungtas su „žeme“ ir kartu per C<sub>1</sub> – su gnybtu U<sub>iš 1</sub>, o kontaktas-išvadas D<sub>2</sub>-K per R<sub>a 2</sub> yra sujungtas su šaltinio  $\mathcal{E}_0$  gnybtu „+“ arba „–“, o gnybtas „–“, arba „+“ – su „žeme“, ir kartu per C<sub>2</sub> – su gnybtu U<sub>iš 2</sub>. VT<sub>1</sub> kontaktas-išvadas G<sub>1.1</sub> per R<sub>1</sub> yra sujungtas su „žeme“ ir kartu per C<sub>3</sub> – su gnybtu U<sub>in 1</sub>, o kontaktas-išvadas G<sub>1.2</sub> per R<sub>2</sub> – su „žeme“ ir kartu per C<sub>4</sub> – su gnybtu U<sub>in 2</sub>. VT<sub>2</sub> kontaktas-išvadas G<sub>2.1</sub> per R<sub>3</sub> yra sujungtas su „žeme“ ir kartu per C<sub>5</sub> – su gnybtu U<sub>in 3</sub>, o kontaktas-išvadas G<sub>2.2</sub> per R<sub>4</sub> – su „žeme“ ir kartu per C<sub>6</sub> – su ketvirtuoju gnybtu U<sub>in 4</sub>. DT kontaktai-išvadai B<sub>(1; 2)</sub> per R<sub>5</sub> yra sujungti su „žeme“ ir kartu per R<sub>6</sub> – su šaltinio  $\mathcal{E}_0$  gnybtu „+“ arba „–“, ir kartu per C<sub>7</sub> – su penktuoju gnybtu U<sub>in 5</sub>.

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<sub>in (1; 2; ...)</sub> ir išėjimuose U<sub>iš (1; 2; ...)</sub> veikiančių atitinkamų signalų  $u_{(in, iš)}(1; 2; ...)(t)$  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 ominiai kontaktai-išvadai: B<sub>2</sub> ir E<sub>3</sub>, arba K<sub>3</sub>; B<sub>3.1</sub> ir B<sub>3.2</sub>; B<sub>1</sub> ir K<sub>3</sub>, arba E<sub>3</sub>; 4–7 – p<sup>+</sup> sričių poros atitinkamuose sluoksniuose 3 ir 1; 4.1–7.1 – atitinkamų p<sup>+</sup> sričių 4–7 atitinkami ominiai kontaktai-išvadai: K<sub>1</sub> (E<sub>1</sub>) ir E<sub>1</sub> (K<sub>1</sub>), arba G<sub>1.1</sub> ir G<sub>1.2</sub>; K<sub>2</sub> (E<sub>2</sub>) ir E<sub>2</sub> (K<sub>2</sub>), arba G<sub>2.1</sub> ir G<sub>2.2</sub>; 8 – termolaidus dielektrinis padėklas. Fig. 5–Fig. 9 skaičiais ir simboliais yra pažymėta: 1–5 – rezistoriai R<sub>(1–5)</sub>: pirmasis (R<sub>1</sub>)–penktasis (R<sub>5</sub>); 6–9 – apkrovų rezistoriai R<sub>a (1–4)</sub>: pirmasis (R<sub>a 1</sub>)–ketvirtasis (R<sub>a 4</sub>); 10–16 – kondensatoriai C<sub>(1–7)</sub>: pirmasis (C<sub>1</sub>)–septintasis (C<sub>7</sub>); 17 – maitinimo pastoviosios įtamos  $\mathcal{E}_0$  šaltinis; 18 – „žeme“ – įtaiso nulinio potencialo šina; 19–21 – įtaiso įėjimų gnybtai U<sub>in (1–3)</sub>: pirmasis (U<sub>in 1</sub>)–trečiasis (U<sub>in 3</sub>); 22–25 –

įtaiso išėjimų gnybtai  $U_{iš (1-4)}$ : pirmasis ( $U_{iš 1}$ )–ketvirtasis ( $U_{iš 4}$ ); 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 ( $U_{in 4}$ ) ir penktasis ( $U_{in 5}$ ); 34 ir 35 – šeštasis ( $R_6$ ) ir septintasis ( $R_7$ ) rezistoriai.

DFPI (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  $p^--$  sluoksnis 2 yra padarytas vidutiniškai silpnai legiruotas akceptorinėmis priemaišomis  $N_{a 2} = (10^{16}-10^{18}) \text{ cm}^{-3}$ , 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  $p^--$  sluoksnio 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  $p^-$ – sluoksnio 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 DFPĮ atitinkami bendrieji kontaktai-išvadai  $B_1-K_3$  ir  $B_2-E_3$ , arba  $B_1-E_3$  ir  $B_2-K_3$ .

DFPĮ (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  $n$ – 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, atitinkamų nuskurdintų sričių  $n$ – sluoksnyje 3 ir  $n$ – sluoksnyje 1 maksimalus storiai esant atgalinių poveikių įtampoms, bei neutralus storiai, 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 DFPĮ pirmojo varianto  $DT_3$  parametrais.

DFPĮ 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  $L$  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. 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  $D$  kraštinės, 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.

DFPĮ 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  $W_{B3}$  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  $W_{B3}$  pločio suformuotos  $p^-$ – srities 2, simetriškai viena priešais kitą lygiagrečiomis kraštinėmis su  $n^-$  sričių 1 ir 3 kraštinėmis, ir lygiagrečiai  $W_{B3}$  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  $W_{B3}$  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  $W_{B3}$  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 DFPĮ (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). DFPĮ 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  $R_{a1}$  (6) yra sujungtas su įtampos  $\mathcal{E}_0$  šaltinio 17 gnybtu „–“ ir kartu per  $C_2$  (11) – su gnybtu  $U_{is1}$  (22), o

kontaktas-išvadas  $E_1$  (5.1) per  $R_{a2}$  (7) – su „žeme“ (18) ir kartu per  $C_3$  (12) – su gnybtu  $U_{i2}$  (23).  $DT_2$  kontaktas-išvadas  $K_2$  (6.1) per  $R_{a3}$  (8) yra sujungtas su įtampos  $\mathcal{E}_0$  šaltinio 17 gnybtu „–“ ir kartu per  $C_5$  (14) – su gnybtu  $U_{i3}$  (24), o kontaktas-išvadas  $E_2$  (7.1) per  $R_{a4}$  (9) – su „žeme“ (18) ir kartu per  $C_6$  (15) – su gnybtu  $U_{i4}$  (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  $U_{in3}$  (21).

Impulsų formuotuvos (Fig. 6) su pirmojo varianto DFPĮ (Fig. 1, b) yra padarytas su  $DT_{(1-3)}$  dariniais. DFPĮ 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  $U_{in1}$  (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  $U_{i(1;3)}$  (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  $U_{i(2;4)}$  (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 DFPĮ bendrasis kontaktas-išvadas  $B_2-K_3$  (1.1) per  $C_1$  (10) yra sujungtas su gnybtu  $U_{in1}$  (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 formuotuvos (Fig. 7) su pirmojo varianto DFPĮ (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. DFPĮ 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  $U_{in1}$  (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  $U_{i(1;2)}$  (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  $U_{i(3;4)}$  (24; 25). Kitu atveju  $DT_{(1;2)}$  kontaktai-išvadai  $E_{(1;2)}$  (5.1; 7.1) kartu per  $R_{a3}$  (8) yra sujungti su



„žeme“ (18) ir kartu per  $C_3$  (12) – su gnybtu  $U_{i3}$  (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 DFPĮ

(Fig. 1, b) yra padarytas su  $DT_{(1-3)}$  dariniais. DFPĮ 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  $U_{i3(1; 3)}$ , 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  $U_{i3(2; 4)}$  (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 DFPĮ 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 DFPĮ kontaktu-išvadu  $B_1-K_3$  (3.1) ir kartu per lygiagrečiai sujungtus  $C_7$  (16) ir  $L$  (31) – su „žeme“ 18.

Impulsų formuotuvas (Fig. 9) su antrojo varianto DFPĮ (Fig. 1, c) yra padarytas su  $PT_{(1; 2)}$  ir  $DT$  dariniais. DFPĮ 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  $U_{i3(1; 2)}$  (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  $U_{i3(3; 4)}$  (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  $U_{in 1}$  (19).

Skirtuminis stiprintuvas-dažnių harmonikų plėtiklis (Fig. 10) su trečiojo

varianto DFPĮ (Fig. 1, d) yra padarytas su  $DT_{(1; 2)}$  ir PT dariniais. DFPĮ 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  $U_{iš (1; 2)} (22; 23)$ , 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 DFPĮ (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: DFPĮ bendruosius kontaktus-išvadus  $S_1-E (3.1)$  ir  $D_2-K (1.1)$ ,  $G_{(1.1; 1.2)} (4.1; 5.1)$  ir  $G_{(2.1; 2.2)} (6.1; 7.1)$ . DFPĮ bendrasis kontaktas-išvadas  $S_1-E (3.1)$  per  $R_{a 1} (6)$  yra sujungtas su „žeme“ (18) ir kartu per  $C_1 (10)$  – su gnybtu  $U_{iš 1} (22)$ , o kontaktas-išvadas  $D_2-K (1.1)$  per  $R_{a 2} (7)$  – su įtampos  $\mathcal{E}_0$  šaltinio 17 gnybtu „+“ arba „–“, o gnybtas „–“, arba „+“ – su „žeme“ (18), ir kartu per  $C_2 (11)$  – su gnybtu  $U_{iš 2} (23)$ .  $VT_1$  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  $U_{in 5} (33)$ .

Stiprintuvas-dažnių  $\omega_{in (1-3)}$  maišiklis (Fig. 5) su DFPĮ (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 voltamperinėse charakteristikose (VACH) nustato atitinkamų apkrovų ( $R_{a (1; 3)} + R_{a (2; 4)}$ ) ir  $R_{in 1}$  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:  $R_{in 1} (e) -$

DT<sub>1</sub> bazės-emiterio įėjimo varža BE schemoje, kai  $R_{a2} > 0$ ;  $I_{K(1-3)}$  o ir  $U_{(K(E; B)) (1-3)}$  o – atitinkamų DT<sub>(1-3)</sub> atitinkamų kolektorių  $K_{(1-3)}$  (4.1; 6.1; 3.1) srovės ir atitinkamų kontaktų-išvadų  $K_{(1; 2)}-E_{(1; 2)}$  ir  $K_3-B_3$  įtampos atitinkamuose veikos taškuose „C(1-3)“. Normalią DT<sub>3</sub> 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;  $\omega_{in1}$  – ciklinis dažnis, paduoda tik į gnybtą  $U_{in1}$  (19), tai šiuo atveju gnybtuose  $U_{iš(3; 4)}$  (24; 25) atitinkami signalai  $u_{iš(3; 4)}(t) = 0$ , o gnybte  $U_{iš1}$  (22) įtampos diferencialinis stiprinimo koeficientas

$K_{u1(1)}$  yra:

$$K_{u1(1)} = U_{o iš1} / U_{oin1} \cong S_1 \cdot R_{a1} / (1 + R_{a2} / R_{a1}), \quad (1)$$

čia:  $U_{o iš1}$  – gnybte  $U_{iš1}$  (22) įtampos  $u_{iš1}(t)$  amplitudė;  $S_1 = I_{K1} / \varphi_T$  – DT<sub>1</sub> diferencialinis statusas, čia:  $\varphi_T$  – 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<sub>1</sub> bazės  $B_1$  (3.1) pastoviosios srovės  $I_{B1}$  stiprinimo koeficiento priimta vertė ( $I_{K1} = \beta_{o1} \cdot I_{B1}$ ), ir iš čia galios  $P_{iš1(1)}$  diferencialinis stiprinimo koeficientas

$$K_{p1(1)} = K_{u1(1)} \cdot K_{i1(1)} \cong 3,85 \cdot 10^5.$$

Gnybte  $U_{iš2}$  (23) įtampos diferencialinis stiprinimo koeficientas  $K_{u2(1)} = 1$ , nes DT<sub>1</sub> veikia EK pakopoje, srovės diferencialinis stiprinimo koeficientas  $K_{i2(1)} \cong \beta_1 \cong \beta_{o1} \equiv 100$  ir galios  $P_{iš2(1)}$  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;  $\omega_{in2}$  – ciklinis dažnis, paduoda tik į gnybtą  $U_{in2}$  (20), tai šiuo atveju gnybtuose  $U_{iš(1-4)}$  (22–25) atitinkamų signalų  $u_{iš(1-4)}(t)$  įtampų atitinkami diferencialiniai stiprinimo koeficientai  $K_{u(1-4)(2)}$  yra:

$$K_{u1(2)} = U_{o iš1} / U_{oin2} \cong S_1 \cdot S_3 \cdot R_{in1} R_{a1} / (1 + R_{a2} / R_{a1}), \quad (2)$$

$$K_{u2(2)} = U_{o iš2} / U_{oin2} \cong S_3 \cdot R_{in1}, \quad (3)$$

$$K_{u3(2)} = U_{o iš3} / U_{oin2} \cong S_2 \cdot R_{a3} / (1 + R_{a4} / R_{a3}), \quad (4)$$

$$K_{u4(2)} = U_{o iš4} / U_{oin2} \cong 1, \quad (5)$$

čia:  $S_{(2; 3)} = I_{K(2; 3)} / \varphi_T$  – atitinkamai DT<sub>(2; 3)</sub> diferencialiniai statusai;  $R_{in1} \cong R_{BE1}$



$(e) + \beta_{o1} \cdot R_{a2}$ ;  $R_{BE1(e)} \cong \beta_{o1} / S_1 - DT_1$  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:  $K_{i1(2)} \cong K_{i2(2)} \cong 100$ ,  $K_{i3(2)} \cong K_{i4(2)} \cong 100$ , ir iš čia atitinkami galių  $P_{iš(1-4)(2)}$  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;  $\omega_{in3}$  – ciklinis dažnis, paduoda tik į gnybtą  $U_{in3}$  (21), tai šiuo atveju gnybtuose  $U_{iš(1-4)}$  (22–25) atitinkamų signalų  $u_{iš(1-4)}(t)$  įtampų atitinkami diferencialiniai stiprinimo koeficientai  $K_{u(1-4)(3)}$  atitinka

$K_{u(1-4)(2)}$  ((2)–(5)), ir iš čia visi kiti stiprinimų parametrai atitinka poveikio  $u_{in2}(t)$  atveją.

Schemas Fig. 5 išėjimų gnybtuose  $U_{iš(1-4)}$  (22–25) atitinkamų signalų  $u_{iš(1-4)}(t)$  fazės

$\varphi_{iš(1-4)o}$  atžvilgiu atitinkamų signalų  $u_{in(1-3)}(t)$  įėjimų gnybtuose  $U_{in(1-3)}$  (19–21) yra:

$$|\varphi_{iš(1;2)o} - \varphi_{in1o}| = 180^\circ (\pi \text{ rad}), 0^\circ, \quad (6)$$

$$|\varphi_{iš(1-4)o} - \varphi_{in2o}| = 180^\circ (\pi \text{ rad}), 0^\circ, 180^\circ (\pi \text{ rad}), 0^\circ, \quad (7)$$

$$|\varphi_{iš(1-4)o} - \varphi_{in3o}| = 0^\circ, 180^\circ (\pi \text{ rad}), 180^\circ (\pi \text{ rad}), 0^\circ. \quad (8)$$

Kai schemoje (Fig. 5) poveikių signalus  $u_{in(1;2)}(t) = U_{oin(1;2)} \cdot \sin(\omega_{in(1;2)} \cdot t)$  paduoda kartu į abu atitinkamus gnybtus  $U_{in(1;2)}$  (19; 20), tai šiuo atveju schema (Fig. 5) veikia kaip signalų  $u_{in(1;2)}(t)$  maišiklis ir gnybtuose  $U_{iš(1-4)}$  (22–25) yra formuojami neharmoniniai sudėtinio spektro atitinkami sustiprinti signalai  $u_{iš(1-4)(1-2)}(t)$ , 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  $u_{iš(1-4)(1-2)}(t)$  harmonikas sudaro atitinkami kombinaciniai dažniai  $\omega_{iš(1-4)k}$ :

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

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

Impulsų formuotuvą (Fig. 6) su DFPĮ (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<sub>(1-3)</sub>“ –  $\{I_s K_{(1-3)}, -\mathcal{E}_0\}$  atitinkamose išėjimų VACH nustato atitinkamų apkrovų ( $R_{a(1;3)} + R_{a(2;4)}$ ) ir  $R_{in1}$  tiesių atitinkamuose atkirtų taškuose „a<sub>(1-3)</sub>“, 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  $U_{iš(1-4)}$  (22–25) atitinkami signalai  $u_{iš(1-4)}(t) = 0$ , čia:  $I_s K_{(1-3)}$  – 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  $\Delta u_{K1}$ , 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  $DT_3$  „atidarymą“, ir kartu  $DT_2$  „atidarymą“, bei teigiamo poliškumo įtampos pokytį  $\Delta u_{K2}$  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  $\Delta u_{K2}$  (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  $U_{iš(1-4)}$  (22–25) yra formuojami atitinkamų impulsinių signalų  $u_{iš(1-4)}(t)$  atitinkami frontai  $t_{(f,t)}(1-4)$

(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  $U_{iš(1-4)}$  (22–25) yra formuojami atitinkamų impulsinių signalų

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

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

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

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).

Schemos (Fig. 6) veiką iliustruojančiose laiko  $t$  diagramose (Fig. 12) signalų  $u_{iš(1-4)}(t)$  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  $u_{iš(1-4)}(t)$  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 formuotuvai (Fig. 7) su DFPĮ (Fig. 1, a, b–Fig. 4) veikia tokiu būdu.

Įjungia maitinimo šaltinio 17 įtampą  $|\mathcal{E}_o| < U_{KB(1; 2)p}$  – pramušimo įtampa, 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 „ $a_{(1; 2)}$ “ –  $\{I_{s K(1; 2)}, -\mathcal{E}_o\}$  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) schemose, o  $DT_3$  yra pasyvioje būsenoje, ir todėl  $DT_{(1; 2)}$  yra „uždarytose“ būsenose, o išėjimų gnybtuose  $U_{iš(1-4)}(22-25)$  atitinkami signalai  $u_{iš(1-4)}(t) = 0$ . 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<sub>2</sub> bazės B<sub>2</sub> „pramušimo“ efektas – kontaktai-išvadai K<sub>2</sub> (6.1) ir E<sub>2</sub> (7.1) tampa „užtrumpinti“, ir todėl per DT<sub>2</sub> teka termoemisijos srovė, ir kartu gnybtuose U<sub>iš (2; 4)</sub> (23; 25) yra formuojami atitinkamų impulsinių signalų  $u_{iš (2; 4)}(t)$  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<sup>-</sup>-n sandūros 2-1 nuskurdinta sritis n- sluoksnyje 1 „nebetrumpina“ p<sup>+</sup>- sričių 6 ir 7, ir todėl DT<sub>2</sub> darinyje išnyksta termoemisijos srovė, ir todėl gnybtuose U<sub>iš (2; 4)</sub> (23; 25) yra formuojami atitinkamų impulsinių signalų  $u_{iš (2; 4)}(t)$  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,  $u_{in\ 1}(t) < 0$ , DT<sub>1</sub> bazės B<sub>1</sub> – n- sluoksnio 3 ir DT<sub>3</sub> bazės B<sub>3</sub> – p<sup>-</sup>- sluoksnio 2 atitinkama p<sup>-</sup>-n sandūra 2-3 yra veikiamą atgaline kryptimi. Todėl p<sup>-</sup>-n sandūros 2-3 nuskurdintos srities storis  $d_{pn\ 2-3}$  n- sluoksnyje 3 plečiasi ir laiko  $t$  momentu  $t_3 > T/2$  storis

$d_{pn\ 2-3} \cong l_1$ , kai signalas  $u_{in\ 1}(t_3) = U_{in\ 1\ p}$ , o  $u_{KB\ 1}(t_3) = U_{KB\ 1\ p}$ , įvyksta DT<sub>1</sub> bazės B<sub>1</sub> „pramušimo“ efektas – kontaktai-išvadai K<sub>1</sub> (4.1) ir E<sub>1</sub> (5.1) tampa „užtrumpinti“, ir todėl per DT<sub>1</sub> teka termoemisijos srovė, ir kartu gnybtuose U<sub>iš (1; 3)</sub> (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

$d_{pn\ 2-3} \leq l_1$ , kai signalas  $u_{in\ 1}(t_4) \leq U_{in\ 1\ p}$ , p<sup>-</sup>-n sandūros 2-3 nuskurdinta sritis n- sluoksnyje 3 „nebetrumpina“ p<sup>+</sup>- sričių 4 ir 5, ir todėl DT<sub>1</sub> darinyje išnyksta termoemisijos srovė, ir todėl gnybtuose U<sub>iš (1; 3)</sub> (22; 24) yra formuojami atitinkamų impulsinių signalų  $u_{iš (1; 3)}(t)$  atitinkami frontai  $t_{(r, f)}(1; 3)$  (Fig. 13, b, c). Schemos Fig. 7 gnybtuose U<sub>iš (1-4)</sub> (22-25) yra formuojami atitinkamų impulsinių signalų  $u_{iš (1-4)}(t)$  atitinkami frontai  $t_{(f, r)}(1-4) < 1$  ns (Fig. 13, b, c) su atitinkamomis amplitudėmis  $U_{o\ iš (1-4)}$ :

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

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

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

Schemos Fig. 7 kitame variante su dviem atskirais įtampų  $\mathcal{E}_{(1; 2)}$  šaltiniais 29 ir 30 atitinkamuose gnybtuose U<sub>iš (1-4)</sub> (22-25) yra formuojami atitinkami impulsiniai signalai

$u_{i\ 3\ (1-4)}(t)$  su atitinkamomis amplitudėmis  $U_{o\ i\ 3\ (1-4)}$  (išraiškose (13) ir (14) vietoje  $\pm \mathcal{E}_o$  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  $R_{a\ 3}$  (8)  $DT_{(1; 2)}$  emiterių  $E_{(1; 2)}$  (5.1; 7.1) grandinėse, gnybtuose  $U_{i\ 3\ (1; 2)}$  (22–23) yra formuojami atitinkami impulsiniai signalai  $u_{i\ 3\ (1; 2)}(t)$  su atitinkamomis amplitudėmis  $U_{o\ i\ 3\ (1; 2)}$  ((13, (14)) ir poliškumais, o gnybte  $U_{i\ 3}^*$  (24) formuojamo impulsinio signalo  $u_{i\ 3}^*(t)$  parametrai – pusperiodžių amplitudžių vertės ir poliškumai, bei signalo  $u_{i\ 3}^*(t)$  dažnis  $\omega_{i\ 3}^*$  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  $\omega_{i\ 3}^* = 2 \cdot \omega_{in\ 1}$ , kai įtampų  $\mathcal{E}_{(1; 2)}$  poliškumai yra vienodi, ir  $\omega_{i\ 3}^* = \omega_{in\ 1}$ , kai įtampų  $\mathcal{E}_{(1; 2)}$  poliškumai yra priešingi.

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

Įjungia maitinimo šaltinio 17 įtampą  $\mathcal{E}_o$  ir atitinkamų  $DT_{(1-3)}$  atitinkamus veikos taškus „C<sub>(1-3)</sub>“ –  $\{I_{K\ (1-3)\ o}, U_{KE\ (1-3)\ o}\}$  atitinkamose išėjimo VACH nustato atitinkamų apkrovų ( $R_{a\ (1; 3)} +$

$+ R_{a\ (2; 4)}$ ) ir  $R_{in\ 1}$  tiesių viduryje, kai  $DT_{(1; 2)}$  veikia atitinkamose BE arba EK, o  $DT_3$  – BE, schemose, ir tuo tikslu parenka įtampos  $\mathcal{E}_o$  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:  $\mathcal{E}_o \cdot (k_1 - k_2) > 0$ .

Relaksacinių virpesių atveju, kai  $DT_2$  kontaktas-išvadas  $K_2$  (6.1) per  $C_6$  (15) yra sujungtas su DFPĮ 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  $U_{B\ 1\ o}$  „žemės“ 18 atžvilgiu pamažėja dydžiu –  $\Delta U_{B\ 1}$ , ir todėl  $DT_1$  yra „pradaromas“ – srovė  $I_{K\ 1\ o}$  padidėja ir tai lemia teigiamo poliškumo įtampos pokytį  $\Delta U_{K\ 1} \cong \Delta U_{B\ 1} \cdot S_1 \cdot R_{a\ 1} / (1 + R_{a\ 2} / R_{a\ 1}) > 0$ , kuris per  $C_5$  (14) patenka į  $DT_3$  bazės  $B_3$  kontaktus-išvadus  $B_{3(1; 2)}$  (2.1; 2.2), ir todėl  $DT_3$  taip pat yra „pradaromas“, o tai lemia  $DT_2$  „pridarymą“ – srovė  $I_{K\ 2\ o}$  sumažėja, ir kartu tai lemia neigiamo poliškumo įtampos pokytį

$\Delta U_{K\ 2} \cong -\Delta U_{K\ 1} \cdot S_2 \cdot R_{a\ 3} / (1 + R_{a\ 4} / R_{a\ 3})$ , ir  $|\Delta U_{K\ 2}| > |\Delta U_{K\ 1}| > |\Delta U_{B\ 1}|$ , ir įtampos pokytis –  $\Delta U_{K\ 2}$  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 DFPĮ būseną yra nestabili, nes  $DT_{(1-3)}$  atitinkami veikos taškai „ $s_{(1; 3)}$ “ → „ $c_{(1; 3)}$ “ ir „ $a_2$ “ → „ $c_2$ “, 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 DFPĮ būseną taip pat yra nestabili, nes  $DT_{(1-3)}$  atitinkami veikos taškai „ $a_{(1; 3)}$ “ → „ $c_{(1; 3)}$ “ ir „ $s_2$ “ → „ $c_2$ “, ir t. t. – vyksta generacija ir schemos Fig. 8 gnybtuose  $U_{iš (1-4)}$  (22–25) yra formuojami atitinkami impulsiniai signalai  $u_{iš (1-4)}(t)$  su atitinkamomis amplitudėmis  $U_o_{iš (1-4)}$ :

$$U_o_{iš (1; 3)} = |E_o| - U_{iš (1; 3)} \min \cong E_o \cdot [1 - R_a(2; 4) / (R_a(1; 3) + R_a(2; 4))] - U_s(1; 2), \quad (15)$$

$$U_o_{iš (2; 4)} \cong E_o \cdot R_a(2; 4) / (R_a(1; 3) + R_a(2; 4) + R_{KEs(1; 2)}), \quad (16)$$

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

$$|\varphi_{iš 1 o} - \varphi_{iš 3 o}| = 180^\circ (\pi \text{ rad}), \quad (17)$$

$$|\varphi_{iš 2 o} - \varphi_{iš 4 o}| = 180^\circ (\pi \text{ rad}), \quad (18)$$

$$|\varphi_{iš 3 o} - \varphi_{iš 4 o}| = 180^\circ (\pi \text{ rad}), \quad (19)$$

$$|\varphi_{iš 1 o} - \varphi_{iš 2 o}| = 180^\circ (\pi \text{ rad}), \quad (20)$$

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 DFPĮ 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 DFPĮ 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  $U_{iš (1-4)}$  (22–25) yra generuojami harmoniniai atitinkami signalai

$u_{iš (1-4)}(t)$  su dažniais  $\omega_{iš (1-4)} = 2 \cdot \pi / (L_1 \cdot C_6)^{1/2}$ , o kiti parametrai atitinka išraiškas (15)–(20).

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

Įjungia maitinimo šaltinio 17 įtampą  $E_o$  ir atitinkamų  $PT_{(1; 2)}$ , bei  $DT$ ,



atitinkamus veikos taškus „aPT<sub>(1; 2)</sub>“ –  $\{I_{ks(1; 2)}, \mathcal{E}_0\}$  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<sub>(1; 2)</sub> 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<sub>(1; 2)</sub> 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 schemas Fig. 9 gnybtuose U<sub>iš(1-4)</sub> (22–25) atitinkami signalai  $u_{iš(1-4)}(t) = 0$ . Laiko  $t$  momentu  $t_0 = 0$  į gnybtą U<sub>in1</sub> (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 DFPĮ kontaktais-išvadais

B<sub>1.1-K</sub> (3.1) ir B<sub>2.1-E</sub> (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<sub>(1; 2)</sub> bazių B<sub>(1; 2)</sub> atitinkamais kontaktais B<sub>(1.1; 1.2)</sub> ir B<sub>(2.1; 2.2)</sub> tekančių srovių  $i_{BB}(t)$  slenkstinės vertės, kai įvyksta atitinkamų p<sup>+</sup>–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<sub>(1; 2)</sub> 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<sub>(1; 2)</sub> 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 schemas Fig. 9 gnybtuose U<sub>iš(1-4)</sub> (22–25) yra formuojami atitinkami impulsiniai signalai  $u_{iš(1-4)}(t)$ , kurių laiko  $t$  diagramos yra parodytos Fig. 14, b ir c, dažniai  $\omega_{iš(1-4)} = \omega_{in}$ , amplitudės  $U_{0iš(1-4)}$  apskaičiuojamos iš išraiškų (13) ir (14), o fazės  $\varphi_{iš(1-4)}$  o atitinka išraiškas (17)–(20).

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

Įjungia maitinimo šaltinio 17 įtampą  $\mathcal{E}_0$  ir atitinkamų  $DT_{(1; 2)}$  atitinkamus veikos taškus „ $CDT_{(1; 2)}$ “ –  $\{I_{K(1; 2) 0}, U_{KB(1; 2) 0}\}$  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:  $\Delta U_{K_1 K_2 0} \cong 0$  – 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  $i_{K(1; 2)}(t_0) = I_{K(1; 2) 0} \cong$

$\cong I_0/2$ , 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  $\Delta U_{in 1-2}(t) = U_{0 in 1-2} \cdot \sin(\omega \cdot t)$  (Fig. 15, a) pirmuoju atveju, kai  $U_{0 in 1-2} < U_{0 in s}$  – slenkstinė įtampa, kai  $DT_{(1; 2)}$  veikos taškai „ $CDT_{(1; 2)}$ “ 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  $\Delta U_{iš 1-2}(t) = U_{0 iš 1-2} \cdot \sin(\omega \cdot t)$  (ištininė kreivė Fig. 15, b) su amplitude  $U_{0 iš 1-2} \cdot s =$

$= |U_{K\perp(1; 2) \max}| - |U_{K\perp(1; 2) \min}|$ , 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  $U_{0 in 1-2} \geq U_{0 in$

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  $DT_{(1; 2)}$  veikia 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 DFP 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  $DT_2$  bazės  $B_2$  atstojamoji srovė  $i_{B 2.1}^* (t) = i_{B 2.1} (t) + |i_{\Delta u-in} (t)|$  – didėja, ir todėl  $DT_2$  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  $DT_1$  yra sparčiau „atidaromas“, o  $DT_2$  – sparčiau „uždaromas“, ir iš čia turime spartesnę schemos Fig. 10 veiką, o signalas  $\Delta u$  iš 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  $\Delta u$  iš 1-2 ( $t$ )  $\cong 0$  (Fig. 15, c, čia ištisinės it taškinės kreivės atitinka sąlygas Fig. 15, b). Iš schemos Fig. 10 veiką iliustruojančių signalų  $\Delta u_{in 1-2} (t)$  ir  $\Delta u$  iš 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  $\Delta u$  iš 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 DFPĮ (Fig. 1, a, e–Fig. 4) veikia tokiu būdu.

Ijungia maitinimo šaltinio 17 įtampą  $\mathcal{E}_0$  ir atitinkamų  $VT_{(1;2)}$ , bei DT, atitinkamus veikos taškus „CVT<sub>(1;2)</sub>“ –  $\{I_{D(S)(1;2)0}, U_{DS(1;2)0}\}$  ir „CDT“ –  $\{I_{K(E)0}, U_{KE0}\}$  atitinkamose išėjimų VACH nustato atitinkamų apkrovų  $(R_{a1} + R_{EBb} + R_5)$ ,  $(R_{a2} + R_{KBb} + R_5)$  ir  $(R_{a1} + R_{a2} + R_{DS1} + R_{DS2})$  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  $I_0 = I_{D(S)(1;2)0} \cong I_{K(E)0} \cong \mathcal{E}_0 / (R_{a1} + R_{a2} + R_{DS10} +$

$+ R_{DS20} + R_{KE0})$ , čia:  $R_{DS(1;2)0}$  ir  $R_{KE0}$  – atitinkamų varžų vertės  $VT_{(1;2)}$  ir DT veikos taškuose „CVT<sub>(1;2)</sub>“ ir „CDT“. Kai poveikio signalą  $u_{in(1;2)}(t) = U_{oin(1;2)} \cdot \sin(\omega_{in(1;2)} \cdot t)$  paduoda tik į gnybtą  $U_{in1}$  (19), arba  $U_{in2}$  (20), tai šiuo atveju gnybtuose  $U_{iš(1;2)}$  (22; 23) atitinkamų signalų  $u_{iš(1;2)}(t)$  įtampos diferencialiniai stiprinimo koeficientai  $K_u$  (1; 2) (1; 2) yra:

$$K_{u1(1;2)} = U_{o iš1} / U_{oin(1;2)} \cong 1, \text{ ir } \cong S_{s1} \cdot R_{a1} / [1 + (R_{EBb} + R_5) / R_{a1}], \quad (21)$$

$$K_{u2(1;2)} = U_{o iš2} / U_{oin(1;2)} \cong S_{g2} \cdot R_{a2} \cdot S \cdot (R_{DS20} + R_{a2}) \cdot S_{s1} \cdot (R_{EBb} + R_5) / [1 + R_{a1} / (R_{EBb} + R_5)], = 0, \quad (22)$$

čia:  $R_{EBb} = 1/S$  – DT įėjimo varža BB schemoje;  $S = I_0 / \varphi_T$  – DT diferencialinis statumas;

$S_{(s,g)(1;2)} = 2 \cdot I_0 / U_{s(1;2)}$  – atitinkamai  $VT_{(1;2)}$  statumai 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:  $R_{DS20} =$

$= 100 \Omega$ ,  $R_{a(1;2)} = R_5 = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $I_0 = 10 \text{ mA}$  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 – S1-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 – D1-K ( $-\mathcal{E}_0$ ).

Kai poveikio signalą  $u_{in(3;4)}(t) = U_{o in(3;4)} \cdot \sin(\omega_{in(3;4)} \cdot t)$  paduoda tik į gnybtą  $U_{in3}$  (21), arba  $U_{in4}$  (32), tai šiuo atveju gnybtuose  $U_{iš(1;2)}$  (22; 23) atitinkamų signalų  $u_{iš(1;2)}(t)$  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 scheme (Fig. 11) poveikio signalą  $u_{in5}(t) = U_{o in5} \cdot \sin(\omega_{in5} \cdot t)$  paduoda į gnybtą  $U_{in5}$  (33), tai šiuo atveju gnybtuose  $U_{iš(1;2)}$  (22; 23) atitinkamų signalų

$u_{iš(1;2)}(t)$  įtampos diferencialiniai stiprinimo koeficientai  $K_{u(1;2)(5)}$  yra:

$$K_{u1(5)} = U_{o iš1} / U_{o in5} \cong 1 / [R_{a1} / (R_{DS1o} + R_{a1})], \text{ ir } \cong S_{g1} \cdot S \cdot R_{a1} / (R_{DS1o} + R_{a1}) / [1 + (R_{DS2o} + R_{a2}) / (R_{DS1o} + R_{a1})], \quad (23)$$

$$K_{u2(5)} = U_{o iš2} / U_{o in5} \cong S \cdot S_{g2} \cdot R_{a2} / (R_{DS2o} + R_{a2}) / [1 + (R_{DS1o} + R_{a1}) / (R_{DS2o} + R_{a2})], \text{ ir } \cong 1 / [R_{a2} / (R_{DS2o} + R_{a2})], \quad (24)$$

ir iš čia, kai:  $R_{DS1o} = 100 \Omega$ , o kiti parametrai lieka tie patys, gauname:  $K_{u1(5)} \cong 1$ , kai kontaktas-išvadas 3.1 – S<sub>1</sub>-E (+ $\mathcal{E}_0$ ), ir  $K_{u1(5)} \cong 3,8 \cdot 10^3$ , kai kontaktas-išvadas 3.1 – D<sub>1</sub>-K (– $\mathcal{E}_0$ ),  $K_{u2(5)} \cong$

$\cong 3,8 \cdot 10^3$ , kai kontaktas-išvadas 3.1 – S<sub>1</sub>-E (+ $\mathcal{E}_0$ ), ir  $K_{u1(5)} \cong 1$ , kai kontaktas-išvadas 3.1 – D<sub>1</sub>-K (– $\mathcal{E}_0$ ).

Kai scheme (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  $U_{iš(1;2)}$  (22; 23) yra formuojami neharmoniniai sudėtinio spektro atitinkami sustiprinti signalai  $u_{iš(1;2)(1-5)}(t)$ , 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  $u_{iš(1;2)(1-5)}(t)$  harmonikas sudaro atitinkami kombinaciniai dažniai  $\omega_{iš(1;2)k}$ :

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

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

Palyginus su analogu, pasiūlyti DFPĮ konstrukcijos parametų 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 ominusius kontaktus-išvadus (1.1) ir (3.1), ir viename iš kraštinių, pavyzdžiui, trečiajame  $n$ - sluoksnyje (3), tarp kontakto-išvado (3.1) ir vidurinio – antrojo  $p$ - sluoksnio (2), šalia  $p$ - sluoksnio (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  $p$ - sluoksnio (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  $p$ - sluoksnio (2), šalia  $p$ - sluoksnio (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  $p$ - sluoksnio (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  $p$ - sluoksnio (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 pirmąjį bendrąjį 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 antrąjį bendrąjį kontaktą-išvadą, atstumai  $l_{(1;2)}$ , atitinkamuose  $n$ - sluoksniuose (3) ir (1), tarp  $p$ - sluoksnio (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. DFPĮ pagal punktą 1, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad atstumai:  $W_{B(1;2)} > L_p$ ,  $W_{B3} < L_p$ ,  $W_{B(1;2)} < d_{pn} [(3-(4;5); (1-(6;7)) \max$  ir  $W_{B(1-3)} > d_{pn} [(3-(4;5); (1-(6;7); (2-(1;3)) \max$ , o, čia:  $d_{pn} (\max, o)$  – atitinkamų p–n sandūrų tarp n– sluoksnio (3) ir atitinkamų p<sup>+</sup>– sričių (4) ir (5), bei atitinkamų p–n sandūrų tarp n– sluoksnio (1) ir atitinkamų p<sup>+</sup>– sričių (6) ir (7), bei atitinkamų p–n sandūrų tarp p<sup>–</sup> sluoksnio (2) ir atitinkamų n– sluoksnių (1) ir (3), atitinkamų nuskurdintų sričių n– sluoksniuose (3) ir (1), bei p<sup>–</sup> 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<sub>(1;2)</sub> – pirmasis PT<sub>1</sub> ir antrasis PT<sub>2</sub>, su atitinkamais pirmaisiais ir antraisiais kontaktais-išvadais: K<sub>(1;2)</sub> (4.1; 6.1), arba E<sub>(1;2)</sub> (4.1; 6.1), E<sub>(1;2)</sub> (5.1; 7.1), arba K<sub>(1;2)</sub> (5.1; 7.1), B<sub>(1.1;2.1)</sub> (3.1; 1.1), ir kontaktai-išvadai: B<sub>1.1-K</sub> (3.1), arba B<sub>1.1-E</sub> (3.1), bei B<sub>2.1-E</sub> (1.1), arba B<sub>2.1-K</sub> (1.1), yra DFPĮ bendrieji kontaktai-išvadai, o tarp n– sluoksnių (1) ir (3), bei p<sup>–</sup> sluoksnio (2), yra sudarytas n–p<sup>–</sup>–n laidumo darinis DT su DFPĮ pirmojo varianto (1 p.) darinio DT<sub>3</sub> parametrais.

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

4. DFPĮ 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 DFPĮ antrojo varianto (2 p.) parametrus  $W_{B(1;2)}$ , o  $l_{(1;2)}$  ir  $W_{B3}$  atitinka DFPĮ 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<sub>(1;2)</sub> – pirmasis VT<sub>1</sub> ir antrasis VT<sub>2</sub>, su atitinkamais pirmaisiais ir antraisiais kontaktais-išvadais: santakų (D<sub>(1;2)</sub>) (3.1; 1.1), arba ištakų (S<sub>(1;2)</sub>) (3.1; 1.1), ir užtūrų (G<sub>(1.1;1.2)</sub>) (4.1; 5.1), arba G<sub>(1.1;1.2)</sub> (5.1; 4.1), bei (G<sub>(2.1;2.2)</sub>)

(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 DFPĮ pirmojo varianto (1 p.) darinio DT<sub>3</sub> 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 DFPĮ bendrieji kontaktai-išvadai.

5. DFPĮ 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  $L$  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  $W_{B3}$  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  $W_{B3}$  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  $W_{B3}$  pločio suformuotos  $p^-$  srities (2), simetriškai viena priešais kitą lygiagrečiomis kraštinėmis su  $n^-$  sričių (1) ir (3) kraštinėmis, ir lygiagrečiai  $W_{B3}$  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  $W_{B3}$  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  $W_{B3}$  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-išvadás: 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-išvadás  $B_1-K_3$  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-išvadás  $K_1$  per pirmąją apkrovą  $R_{a1}$  yra sujungtas su šaltinio  $\mathcal{E}_0$  gnybtu „–“ ir kartu per antrąjį  $C_2$  – su įtaiso pirmuoju išėjimo gnybtu  $U_{iš1}$ , kontaktas-išvadás  $E_1$  per antrąją  $R_{a2}$  – su „žeme“ ir kartu per trečiąjį  $C_3$  – su antruoju gnybtu  $U_{iš2}$ , DFPĮ kontaktas-išvadás  $B_2-E_3$  per trečiąjį  $R_3$  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-išvadás  $K_2$  per trečiąją  $R_{a3}$  yra sujungtas su šaltinio  $\mathcal{E}_0$  gnybtu „–“ ir kartu per penktąjį  $C_5$  – su trečiuoju gnybtu  $U_{iš3}$ , kontaktas-išvadás  $E_2$  per ketvirtąją  $R_{a4}$  – su „žeme“ ir kartu per šeštąjį  $C_6$  – su ketvirtuoju gnybtu  $U_{iš4}$ , o  $DT_3$  kontaktai-išvadás  $B_{3.(1; 2)}$  per penktąjį  $R_5$  yra sujungti su „žeme“ ir kartu per septintąjį  $C_7$  – su trečiuoju gnybtu  $U_{in3}$ .

8. Impulsų formuotuvas 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 bendrasis kontaktas-išvadás  $B_1-E_3$  per  $R_1$  yra sujungtas su „žeme“ ir kartu per  $C_1$  – su gnybtu  $U_{in}$ , o kontaktas-išvadás  $B_2-K_3$  per  $R_2$  – su „žeme“,  $DT_1$  kontaktas-išvadás  $K_1$  per  $R_{a1}$  yra sujungtas su šaltinio  $\mathcal{E}_0$  gnybtu „–“, o gnybtas „+“ – su „žeme“, ir kartu per  $C_2$  – su gnybtu  $U_{iš1}$ , o kontaktas-išvadás  $E_1$  per  $R_{a2}$  – su „žeme“ ir kartu per  $C_3$  – su gnybtu  $U_{iš2}$ ,  $DT_2$  kontaktas-išvadás  $K_2$  per  $R_{a3}$  yra sujungtas su šaltinio  $\mathcal{E}_0$  gnybtu „–“ ir kartu per  $C_4$  – su gnybtu  $U_{iš3}$ , o kontaktas-išvadás  $E_2$  per  $R_{a4}$  – su „žeme“ ir kartu per  $C_5$  – su gnybtu  $U_{iš4}$ ,  $DT_2$  kontaktas-išvadás  $K_2$  per  $C_7$  yra sujungtas su  $DT_1$  kontaktu-išvadu  $E_1$ , o  $DT_3$  kontaktai-išvadás  $B_{(3.1; 3.2)}$  per  $R_3$  – su „žeme“ ir kartu per  $C_6$  – su  $DT_1$  kontaktu-išvadu  $K_1$ , arba kitame



variante DFPĮ 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  $E_2$ .

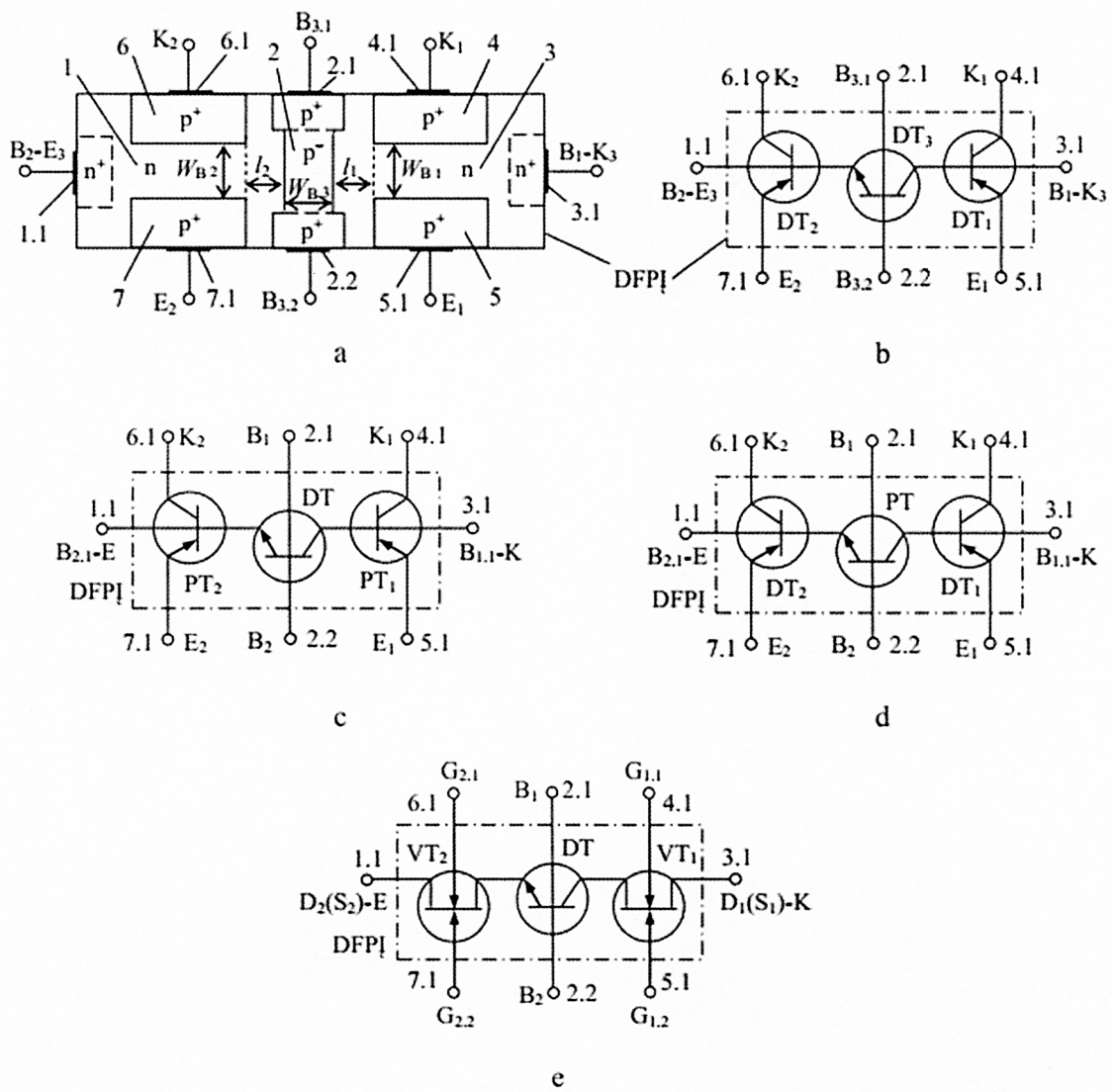
9. Impulsų formuotuvą su DFPĮ pagal punktus 1, 5 ir 6, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad DFPĮ darinio  $DT_3$  kontaktai-išvadai  $B_{3.(1; 2)}$  yra laisvi, o DFPĮ bendrieji kontaktai-išvadai  $B_1-K_3$  ir  $B_2-E_3$  per atitinkamus  $R_{(1; 2)}$  yra sujungti su transformatoriaus (Tr) antrinės apvijos (II) išvadais, kai Tr pirminės apvijos (I) išvadai – atitinkamai su gnybtu  $U_{in 1}$  ir su „žeme“,  $DT_1$  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  $U_{iš 1}$ ,  $DT_1$  kontaktas-išvadas  $E_1$  per  $R_{a 3}$  – su „žeme“ ir kartu per  $C_3$  – su gnybtu  $U_{iš 3}$ ,  $DT_2$  kontaktas-išvadas  $K_2$  per  $R_{a 2}$  yra sujungtas su šaltinio  $\mathcal{E}_0$  gnybtu „–“ (arba „+“) ir kartu per  $C_2$  – su gnybtu  $U_{iš 2}$ ,  $DT_2$  kontaktas-išvadas  $E_2$  per  $R_{a 4}$  – su „žeme“ ir kartu per  $C_4$  – su gnybtu  $U_{iš 4}$ , arba 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  $U_{iš 3}$ , 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 DFPĮ pagal punktus 1, 5 ir 6, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad 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  $U_{iš 1}$ , 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  $U_{iš 2}$ ,  $DT_2$  kontaktas-išvadas  $K_2$  per  $R_{a 3}$  yra sujungtas su šaltinio  $\mathcal{E}_0$  gnybtu „–“ ir kartu per  $C_3$  – su gnybtu  $U_{iš 3}$ , 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  $U_{iš 4}$ ,  $DT_3$  kontaktai-išvadai  $B_{3.(1; 2)}$  per  $R_5$  yra sujungti su „žeme“.

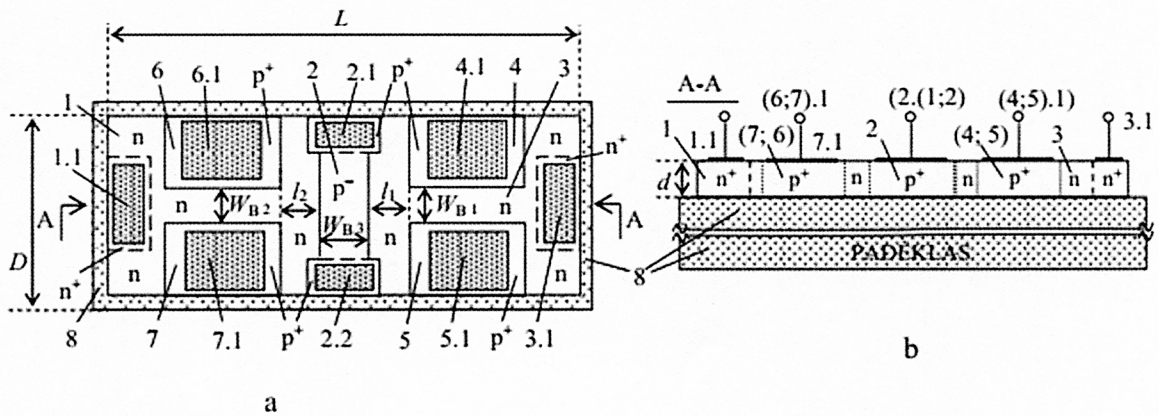
11. Impulsų formuotuvą su DFPĮ pagal punktus 2, 5 ir 6, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad DFPĮ bendrasis kontaktas-išvadas B<sub>1.1</sub>-K per  $R_1$  yra sujungtas su šaltinio  $\mathcal{E}_0$  gnybtu „+“, o gnybtas „-“ – su „žeme“, DFPĮ bendrasis kontaktas-išvadas B<sub>2.1</sub>-E per  $R_2$  – su „žeme“ ir kartu per  $R_3$  – su šaltinio  $\mathcal{E}_0$  gnybtu „+“, PT<sub>(1; 2)</sub> kontaktai-išvadai K<sub>(1; 2)</sub> per atitinkamus  $R_{a(1; 2)}$  yra sujungti su šaltinio  $\mathcal{E}_0$  gnybtu „+“ ir kartu per atitinkamus C<sub>(1; 2)</sub> – su atitinkamais gnybtais U<sub>iš(1; 2)</sub>, o PT<sub>(1; 2)</sub> kontaktai-išvadai E<sub>(1; 2)</sub> per atitinkamus  $R_{a(3; 4)}$  – su „žeme“ ir kartu per atitinkamus C<sub>(3; 4)</sub> – su atitinkamais gnybtais U<sub>iš(3; 4)</sub>, DT kontaktai-išvadai B<sub>(1; 2)</sub> per  $R_4$  yra sujungti su šaltinio  $\mathcal{E}_0$  gnybtu „+“ ir kartu per  $R_5$  – su „žeme“, ir kartu per C<sub>5</sub> – su gnybtu U<sub>in</sub>.

12. Diferencialinis (skirtuminis) stiprintuvas-dažnių harmonikų plėtiklis su DFPĮ pagal punktus 3, 5 ir 6, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad DFPĮ bendrasis kontaktas-išvadas B<sub>1.1</sub>-K per  $R_1$  yra sujungtas su „žeme“ ir kartu per C<sub>1</sub> – su gnybtu U<sub>in 1</sub>, ir kartu per  $R_2$  – su šaltinio  $\mathcal{E}_0$  gnybtu „-“, o gnybtas „+“ – su „žeme“, DFPĮ bendrasis kontaktas-išvadas B<sub>2.1</sub>-E per  $R_3$  – su „žeme“ ir kartu per C<sub>2</sub> – su gnybtu U<sub>in 2</sub>, ir kartu per  $R_4$  – su šaltinio  $\mathcal{E}_0$  gnybtu „-“, DT<sub>(1; 2)</sub> kontaktai-išvadai E<sub>(1; 2)</sub> per  $R_5$  yra sujungti su „žeme“, o kontaktai-išvadai K<sub>(1; 2)</sub> per atitinkamus  $R_{a(1; 2)}$  – su šaltinio  $\mathcal{E}_0$  gnybtu „-“ ir kartu per atitinkamus C<sub>(3; 4)</sub> – su atitinkamais gnybtais U<sub>iš(1; 2)</sub>, ir kartu per atitinkamus šeštąjį ir septintąjį  $R_{(6; 7)}$  – su PT bazės B atitinkamais gnybtais B<sub>(1; 2)</sub>.

13. Stiprintuvas-dažnių maišiklis su DFPĮ pagal punktus 4, 5 ir 6, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad DFPĮ bendrasis kontaktas-išvadas S<sub>1</sub>-E per  $R_{a 1}$  yra sujungtas su „žeme“ ir kartu per C<sub>1</sub> – su gnybtu U<sub>iš 1</sub>, DFPĮ kontaktas-išvadas D<sub>2</sub>-K per  $R_{a 2}$  yra sujungtas su šaltinio  $\mathcal{E}_0$  gnybtu „+“ arba „-“, o gnybtas „-“, arba „+“ – su „žeme“, ir kartu per C<sub>2</sub> – su gnybtu U<sub>iš 2</sub>, VT<sub>1</sub> kontaktas-išvadas G<sub>1.1</sub> per  $R_1$  yra sujungtas su „žeme“ ir kartu per C<sub>3</sub> – su gnybtu U<sub>in 1</sub>, o kontaktas-išvadas G<sub>1.2</sub> per  $R_2$  – su „žeme“ ir kartu per C<sub>4</sub> – su gnybtu U<sub>in 2</sub>, VT<sub>2</sub> kontaktas-išvadas G<sub>2.1</sub> per  $R_3$  yra sujungtas su „žeme“ ir kartu per C<sub>5</sub> – su gnybtu U<sub>in 3</sub>, o kontaktas-išvadas G<sub>2.2</sub> per  $R_4$  – su „žeme“ ir kartu per C<sub>6</sub> – su ketvirtuoju gnybtu U<sub>in 4</sub>, DT kontaktai-išvadai B<sub>(1; 2)</sub> per  $R_5$  yra sujungti su „žeme“ ir kartu per  $R_6$  – su šaltinio  $\mathcal{E}_0$  gnybtu „+“ arba „-“, ir kartu per C<sub>7</sub> – su penktuoju gnybtu U<sub>in 5</sub>.

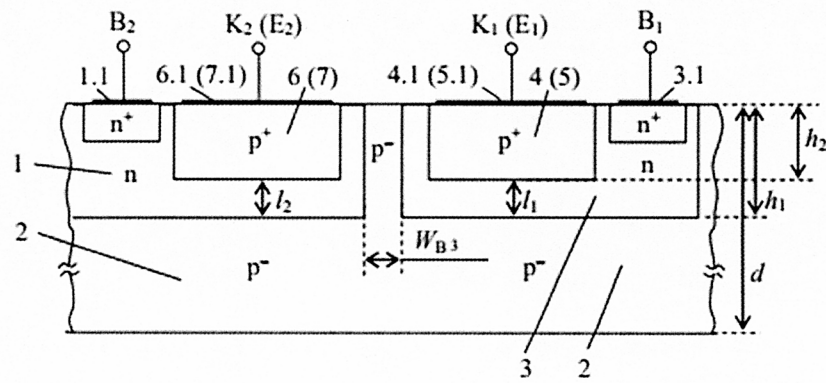


**Fig. 1**

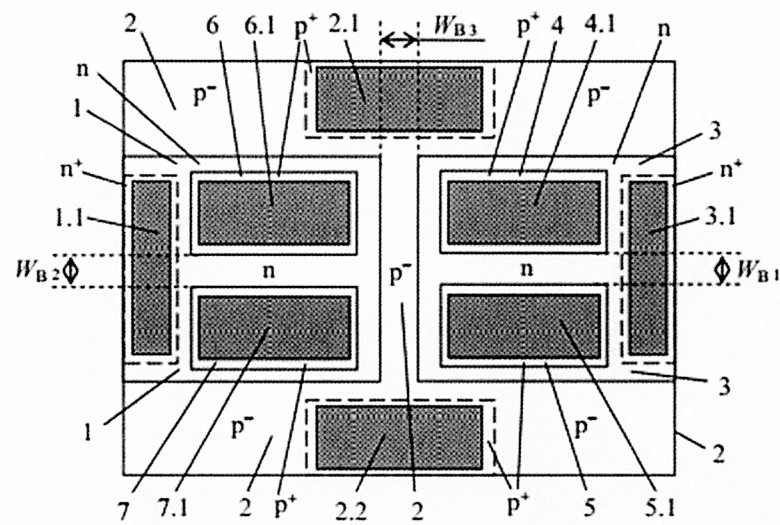


**Fig. 2**

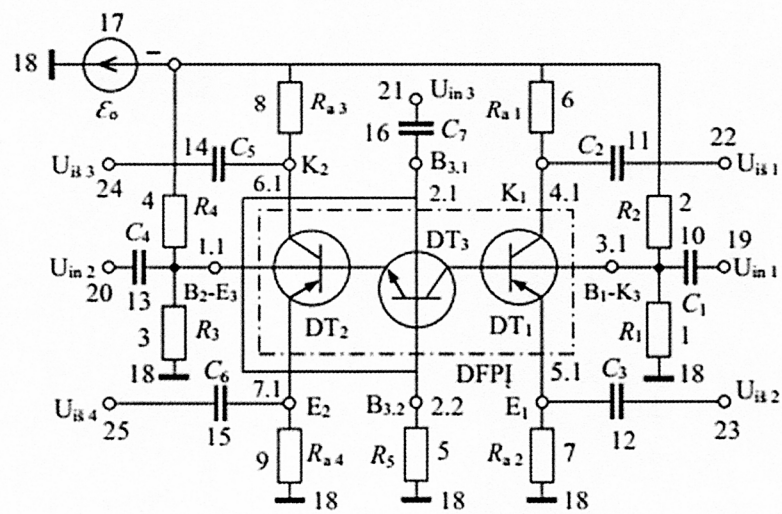




**Fig. 3**



**Fig. 4**



**Fig. 5**

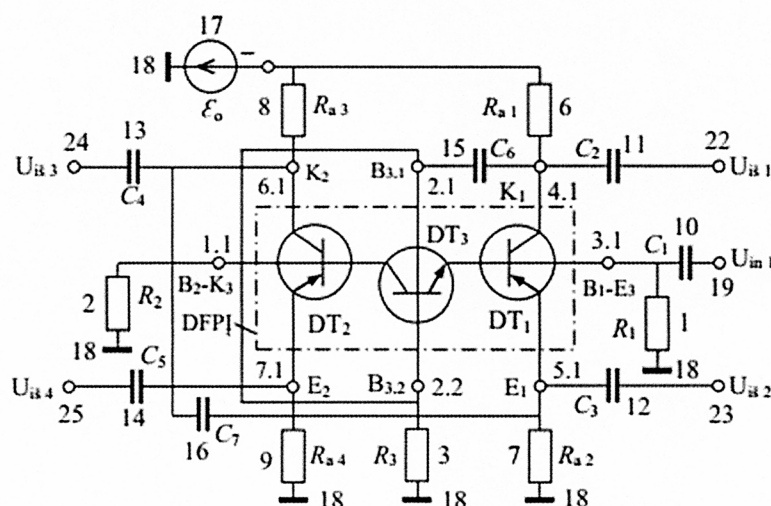


Fig. 6

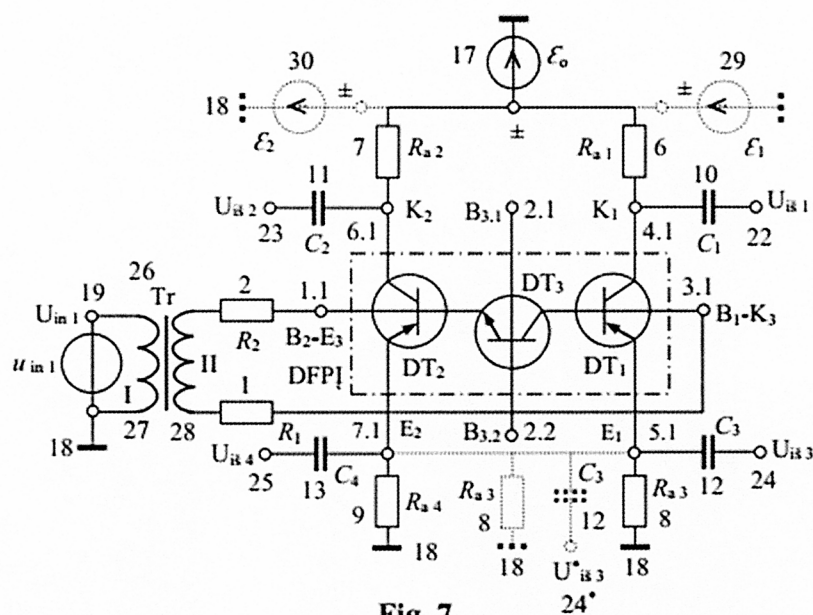


Fig. 7

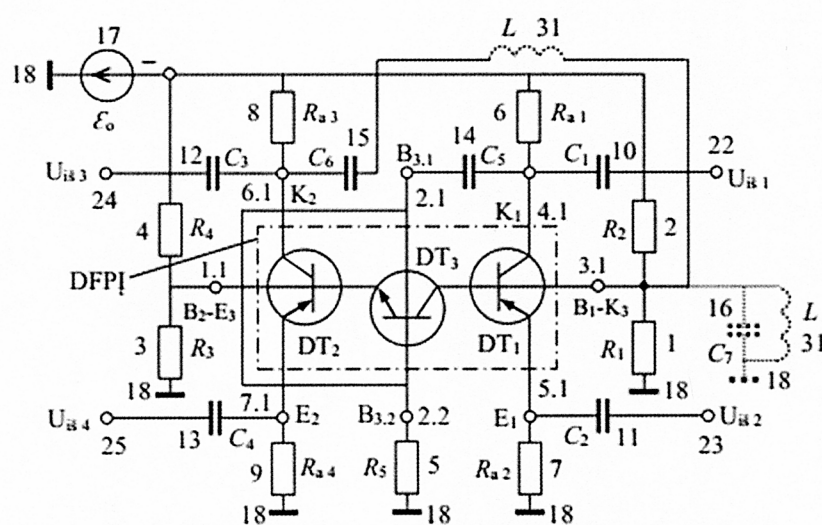


Fig. 8

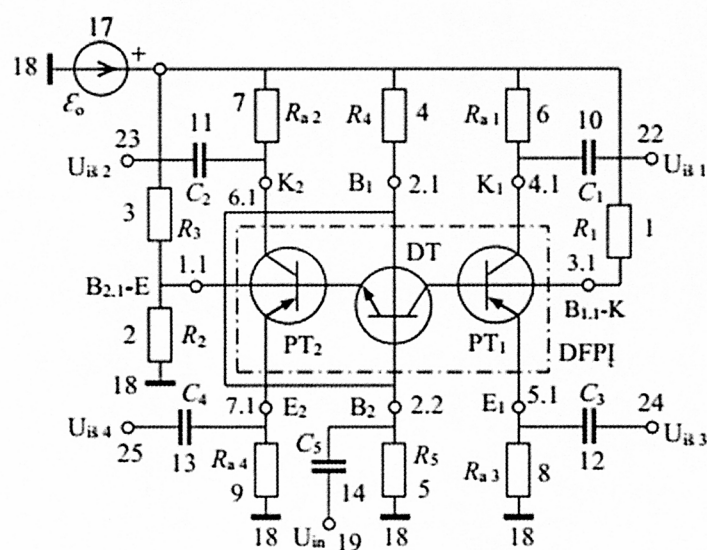


Fig. 9

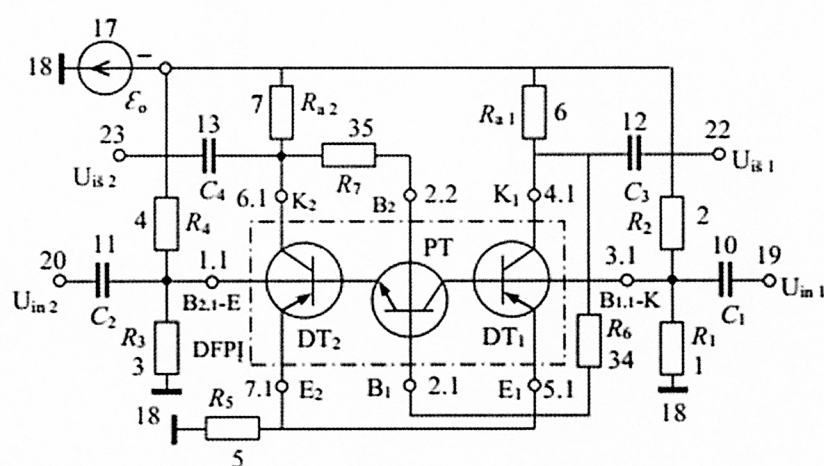


Fig. 10

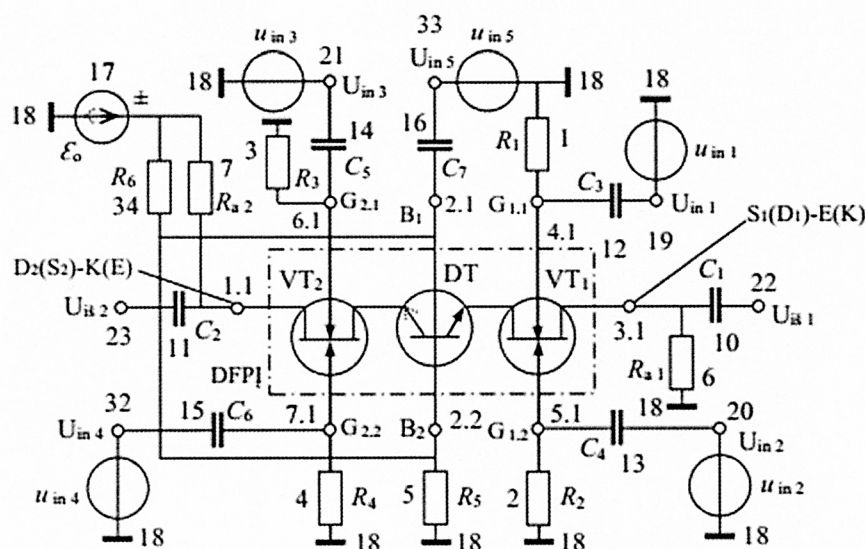


Fig. 11



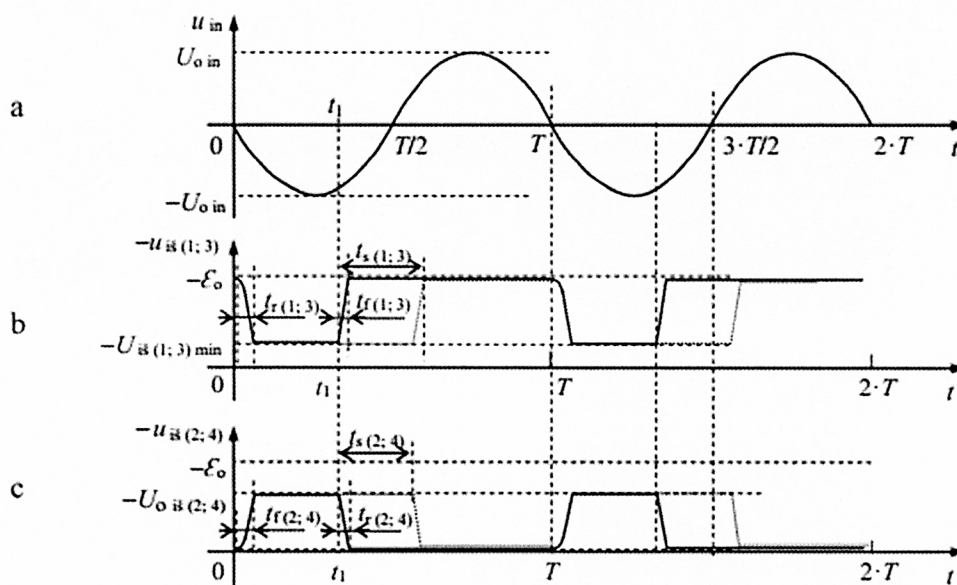


Fig. 12

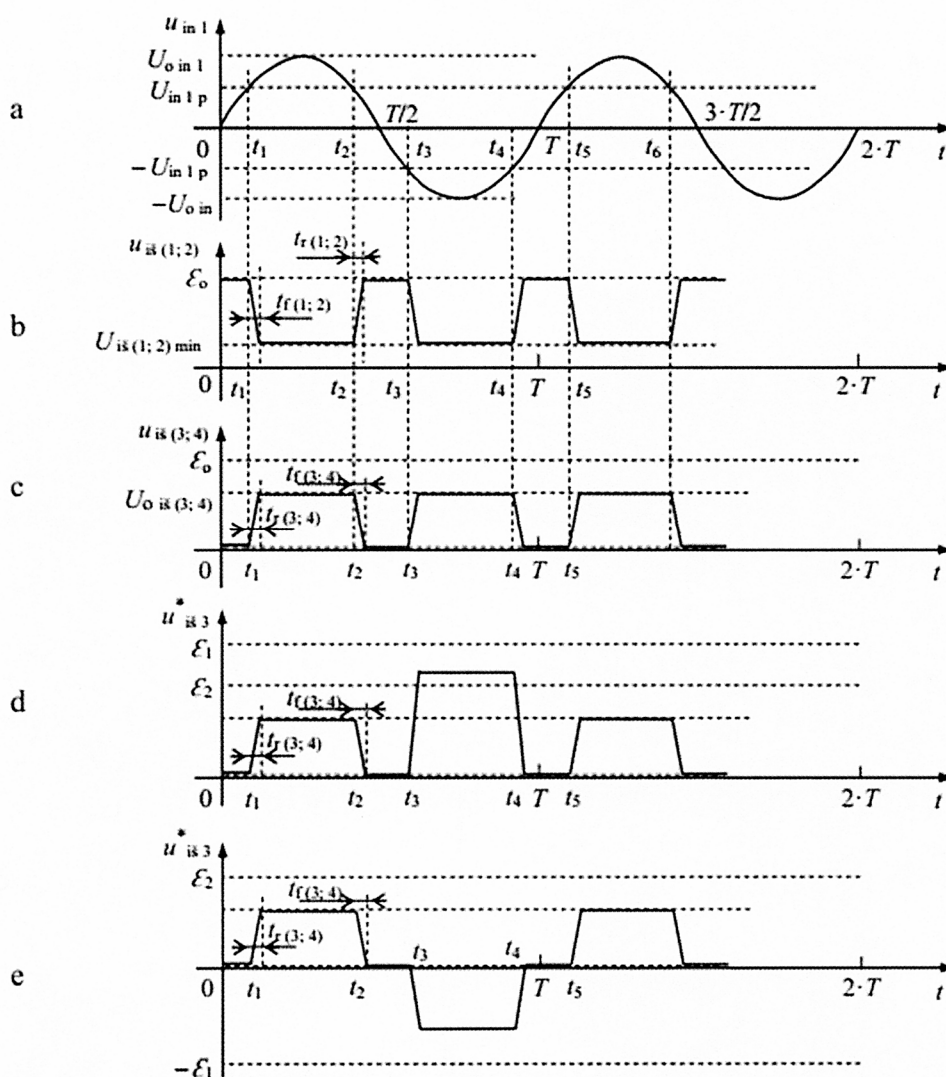


Fig. 13

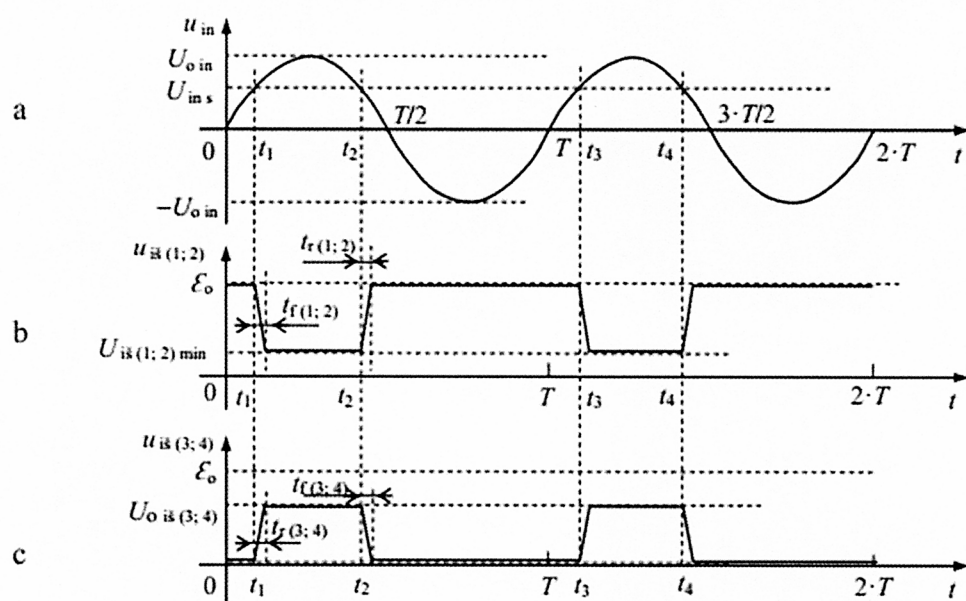


Fig. 14

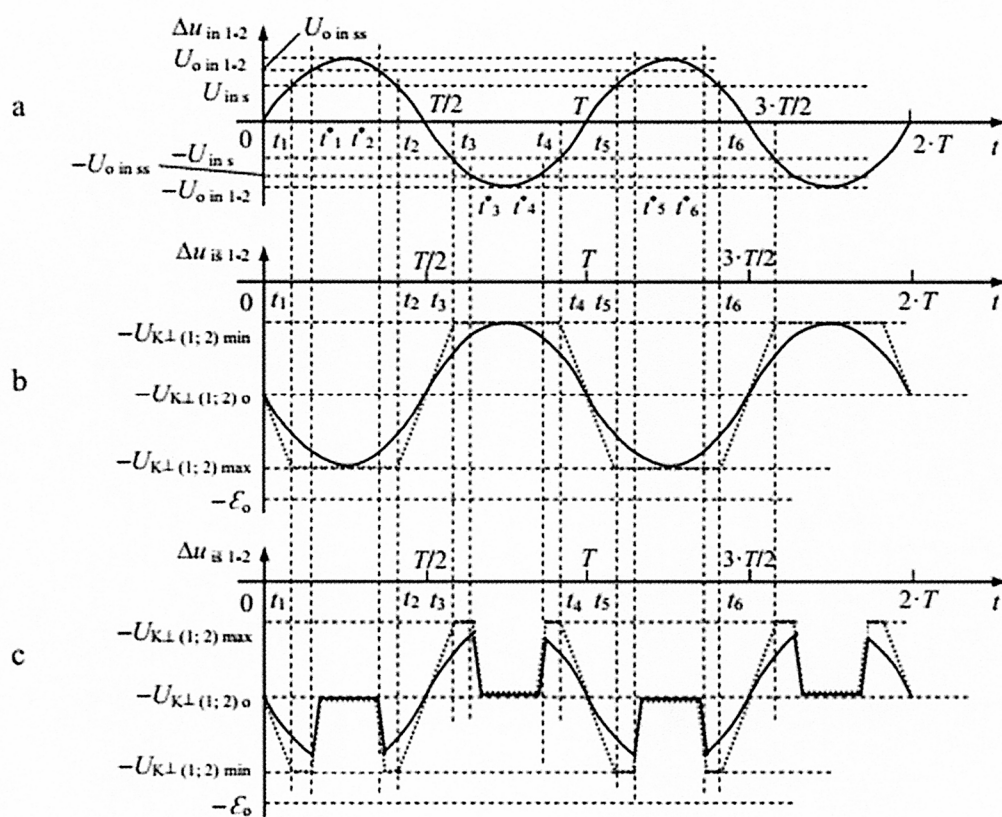


Fig. 15