

Prietaisais sparčių analoginių integrinių grandynų dinaminiams parametrams tirti

V. Kvedaras, R. Kvedaras

Elektronikos fakultetas, VGTU, Naugarduko g. 41, LT–2006 Vilnius, Lietuva
Tel. +370 5 2744766, faks. +370 5 2627730, el.paštas rokas.kvedaras@el.vtu.lt

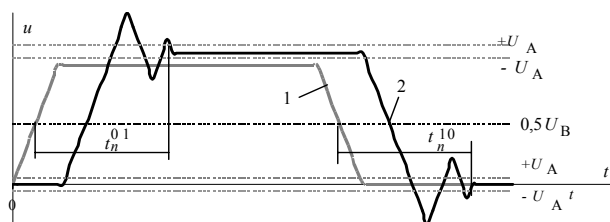
Įvadas

Pramonė gamina vis spartesnius ir vis daugiau skilčių turinčius skaitmeninius analoginius keitiklius (SAK) ir operacinius stiprintuvus. Kuriamų schemų analizei, jų priėmimo kontrolei būtina speciali elektroninė įranga. Didėjant SAK skilčių skaičiui, operacinių stiprintuvų tikslumui ir jų spartai, matuoti SAK dinaminiai parametrai ir ypač nusistovėjimo trukmė tampa gana sudėtinga. Tam dabar dažniausiai naudojami įvairūs oscilografų priedai [1, 2].

Nusistovėjimo trukmė dažniausiai nustatoma tarp laiko momentų, kada bandomojo impulso, siunčiamo į visus tiriamąjį SAK informacinius įėjimus, vertė pasiekia 0,5 jo amplitudės, ir laiko momento, kada išėjimo signalo vertė skiriasi nuo nusistovėjusių šio signalo verčių (U^1 arba U^0) apibrėžta verte (pvz., $\pm 0,5$; 1; 2; ... mažiausio SAK reikšminio skaičiaus (MRS), ± 1 %, ... nuo U^1 ar U^0) (1 pav.). Nusistovėjimo trukmės nustatymo pradžia yra tokia pat kaip ir kitų dinaminiai parametrai bei ypatingų problemų nekelti. Nusistovėjimo trukmės nustatymo pabaigos atskaitos lygio įtampa yra didesnė (mažesnė) už nusistovėjusią vertę dydžiu

$$U_A = \frac{U_{SAK} \cdot k}{2^n}; \quad (1)$$

čia U_{SAK} – SAK išėjimo įtampos amplitudė; k – atskaitos lygio koeficientas MRS vienetais (pvz., 0,5; 1; ...); n – SAK skilčių skaičius.



1 pav. SAK nusistovėjimo trukmės matavimas: 1 – bandomasis impulsas; 2 – SAK išėjimo impulsas; t_n^{01}, t_n^{10} – nusistovėjimo trukmės vertės įjungiant ir išjungiant SAK; U_B – bandomojo impulso amplitudė; U^1, U^0 – nusistovėjusios SAK išėjimo įtampos vertės; U_A – atskaitos lygis

Kai 12 skilčių SAK išėjimo įtampos amplitudė $U_{SAK} = 1$ V, atskaitos lygiai sudarys $U_A = 122 \mu\text{V}$. Akivaizdu, kad nanosekundiniame diapazone nustatyti nusistovėjusią SAK išėjimo signalo vertę ir tokius atskaitos lygius yra sudėtinga. Šiame darbe nagrinėsime elektroninių prietaisų, skirtų sparčių analoginių integrinių grandynų dinaminiai parametrams tirti, kūrimo klausimus.

Reikalavimai dinaminiai parametrai tyrimo prietaisams

Vienas iš įprastų būdų nusistovėjimo trukmės sparčiame analoginiame skaitmeniniame keitiklyje (ASK) nustatyti – SAK išėjimo įtampos (srovės) akimirkinės vertės keisti jų kodų masyvu, o paskui apskaičiuoti trukmę. Kaip parodyta [3], būtina labai tiksliai išmatuoti nusistovėjusią signalo vertę. Todėl prietaisams tiktų tik ASK, kurio skilčių skaičius

$$n \geq \frac{1}{\log 2} \log \frac{U_{ASK} 2^m p}{U_{SAK} k} \quad (2)$$

(čia U_{ASK} – ASK įėjimo įtampų diapazonas; p – ASK MRS, tenkančių SAK atskaitos lygiui, skaičius), diskretizavimo dažnis

$$f_T = \frac{100}{t_n \delta t_n} \quad (3)$$

(čia t_n – mažiausia matuojama SAK nusistovėjimo trukmė; δt_n – nustatyta SAK nusistovėjimo trukmės matavimo paklaida dėl baigtinio ASK diskretizavimo dažnio, %), o analoginio kanalo juostos plotis

$$\Delta F = \frac{0,35 k_P}{t_f} \quad (4)$$

(čia t_f – SAK išėjimo impulsų frontų trukmės; k_P – koeficientas, įvertinantis ASK matavimo kanalo baigtinės praleidžiamų dažnių juostos sukeltą SAK nusistovėjimo trukmės paklaidą (kai $k_P = 3$, $\delta t_n = 3\%$, kai $k_P = 10$, $\delta t_n = 1\%$)).

Atsižvelgę į (2) – (4) reikalavimus, gauname, kad sparčiųjų 12 skilčių SAK nusistovėjimo trukmės analizei reikėtų vartoti ≥ 18 skilčių ASK, dirbantį ≥ 5 GHz taktiniu dažniu ir turintį 320...1140 MHz analoginio kanalo

praleidžiamų dažnių juosta. Matyti, kad dabar sukurti tokį prietaisą sudėtinga.

Šiuo metu gana plačiai yra taikomas stroboskopinis ASK darbo režimas. Jis leidžia sumažinti ASK darbo taktinį dažnį q kartų, kur q – transformacijos koeficientas. Tačiau reikalavimai skilčių skaičiui ir ASK analoginio kanalo praleidžiamų dažnių juostai lieka tokie pat. Todėl tiriamąjį signalą tiesiogiai keisti į kodą vis vien yra sudėtinga.

Mūsų sukurti sparčių 8 ir 10 skilčių SAK dinaminį parametrų matuokliai [3–5] parodė, kad tikslinga vartoti mūsų sukurtus kompensacinius stroboskopinius pikinio detektavimo keitiklius [6, 7]. Šie keitikliai yra palyginti paprasti, turi mažą laiko mastelio keitimo netolygumą, mažą savųjų triukšmų ir trukdžių lygį. Be to, jie gali būti jungiami tiesiog prie tiriamojo SAK kontaktoriaus išvado, tuo praktiškai panaikinant tiriamojo signalo aukštadažnį kanalą ir iškraipymus jame. Nustačius atvirkščią laiko mastelio transformacijos kryptį, gerokai supaprastinama prietaiso schema. Šių keitiklių savųjų triukšmų ir trukdžių lygis, siekiantis 40...60 μV [3, 4], yra nepakankamas, nes tik du ar tris kartus mažesnis už tiriamojo 12 skilčių SAK atskaitos lygius. Keitiklio savieji triukšmai ir trukdžiai veikia nusistovėjimo trukmės nustatymo rezultata du kartus – nustatant SAK išėjimo signalo nusistovėjusią vertę ir nustatant pačią nusistovėjimo trukmę.

Eksperimentiniai tyrimai parodė, kad likusius keitiklio triukšmus ir trukdžius sukelia schemeje naudojamų elektroninių elementų savieji triukšmai, o naudojant elementus su mažais savaisiais triukšmais iš esmės keitiklio savieji triukšmai nesumažėja. Buvo padaryta išvada, kad saviesiems triukšmams ir trukdžiams mažinti tikslinga naudoti skaitmenines signalų apdorojimo priemones. Tam tiriamasis signalas pakeistu laiko masteliu ASK keičiamas jo akimirkinių verčių kodų masyvu ir apdorojamas skaitmeninėmis priemonėmis.

Panagrinėkime nusistovėjimo trukmių matuoklius, kuriuose tiriamasis signalas apdorojamas skaitmeniniu būdu.

Stroboskopinio daugiaskilčių SAK dinaminį parametrų tyrimo schema

Sparčių daugiaskilčių SAK dinaminį parametrų tyrimo prietaisuose naudojant kompensacinius stroboskopinius pikinio detektavimo keitiklius [3, 4], jų išėjime gaunamas tiriamasis signalas pakeistu laiko masteliu. Todėl ASK įėjime tiriamas signalas bus santykiškai žemadažnis (reikalaujama ASK analoginio signalo įėjimo praleidžiamų dažnių juosta turi būti

$$\Delta F = \frac{0,35k_p}{t_f q}, \quad (5)$$

kur q – keitiklio laiko mastelio transformacijos koeficientas), o reikalaujamas ASK bei įrašymo į atmintinę taktinis dažnis

$$f_T = \frac{100}{t_n \delta t_n q}. \quad (6)$$

Taigi, norint sukurti 12 skilčių SAK dinaminį parametrų tyrimo prietaisą, kai $q=10^4$, reikalingas tokių parametrų ASK: $\Delta F_r = \Delta F_{SAK}/q = (314...1140 \text{ MHz})/10^4 = 31,4...114 \text{ kHz}$; $f_{Tr} = f_r/q = 5 \text{ GHz}/10^4 = 500 \text{ kHz}$. Gaunami visiškai priimtinių verčių dažniniai ASK parametrai, tačiau reikalingas ASK skilčių skaičius lieka nepakitęs – 18 skilčių.

Mūsų sukurtuose matuokliuose [4–6] stiprinama tik ta tiriamojo signalo dalis, kurioje yra nustatoma nusistovėjimo trukmė. Pagal reikalaujamą spartą ir dažninius parametrus parinkus tinkamą n skilčių ASK, keitiklio perdavimo koeficientas turi būti

$$K_K \geq \frac{2^{n-m} U_{ASK}}{U_{SAK} k \delta k}. \quad (7)$$

12 skilčių SAK dinaminį parametrų tyrimo prietaisu parinkus 10 skilčių ASK, gaunama $K_K \geq 80$, o parinkus 8 skilčių ASK, - $K_K \geq 320$. Tai priimtinos keitiklio perdavimo koeficiento vertės.

Buvo sukurta dinaminį parametrų tyrimo prietaiso schema (2 pav.), kur stiprinama ir į ASK siunčiama ta tiriamojo signalo dalis, kurioje yra vertės, artimos atskaitos lygiams, ir kurioje nustatoma nusistovėjusi signalo vertė. Kadangi atskaitos lygiai tesiskiria nuo signalo nusistovėjusios vertės nedideliu dydžiu (paprastai $\pm 0,5$ MRS), todėl šis reikalavimas įvykdomas nesunkiai. Prietaisas veikia taip.

Kvarcinio generatoriaus KG2 išėjimo impulsų, perduodamų į stroboskopinių impulsų formuotuvą SF, dažnis f_2 nustatytas aukštesnis už kvarcinio generatoriaus KG1 išėjimo impulsų, perduodamų bandomųjų impulsų generatorių BIG, dažnį f_1 . Todėl keitiklis keičia ne tik išėjimo signalų laiko mastelį, bet ir tiriamų signalų pakeistu laiko masteliu kryptį (keitiklio išėjimo signalai skleidžiami nuo užpakalinių impulsų frontų link priekinių). Fazinio automatinio dažnio paderinimo schema FADP paderina KG2 dažnį taip, kad dydis $(f_2 - f_1)$ visą laiką būtų pastovus, o kartu bus pastovus ir laiko mastelio transformacijos koeficientas q [5]. BIG išėjime gaunami pagal SAK bandymų sąlygas nustatytą dažnio, frontų trukmių ir amplitudės parametrų (loginio vieneto ir loginio nulio įtampų) impulsai. Šie bandomieji impulsai perduodami į stroboskopinį maišiklį SM2 ir visus tiriamojo SAK informacinius įėjimus. SAK išėjime nustatoma tai minimali, tai maksimali išėjimo įtampa (srovė). Tiriamosios SAK išėjimo impulsinis signalas patenka į pirmąjį stroboskopinį maišiklį SM1. Į antruosius maišiklių SM1 – SM3 įėjimus perduodami trumpi stroboskopiniai impulsai iš SF. Maišiklių SM1 ir SM2 išėjimo santykiškai žemadažniai signalai stiprinami stiprintuvuose St1 bei St2, o St3 išėjime gaunamas sustiprintas SM3 „nulinis“ signalas. Šis signalas operaciniuose stiprintuvuose OS1 ir OS2 atimamas iš tiriamųjų signalų (St1 ir St2 išėjimo signalų) ir žymiai sumažina keitiklių savųjų triukšmų ir trukdžių lygį [8]. OS1 išėjimo signalas perduodamas į impulsinę automatinio stiprinimo reguliavimo schemą ASR. Mūsų sukurta 10 skilčių ASR schema [5] lygina impulsinio signalo nusistovėjusias vertes su nustatytais lygiais ir keičia signalo perdavimo koeficientą taip, kad nepriklausomai nuo tiriamojo SAK signalo amplitudės jo

vertė ASR išėjime bus pastovi. ASR išėjimo signalas perduodamas į lygio nustatymo bloką LN. Šioje schemoje tiriamasis signalas stiprinamas, ribojamas ir jo nusistovėjusi vertė fiksuojama taip, kad LN išėjime būtų lygi nuliui (ASK diapazono vidurinei vertei). 3 pav. parodyta į ASK perduodamo tiriamojo signalo dalis.

ASK darbą kontroliuoja valdymo blokas VB. Į VB yra perduodami palyginimo schemoje PS generuojami impulsai, kurie yra sinchroniški su matuojamos nusistovėjimo trukmės pabaiga. Šie impulsai yra generuojami iš BIG išėjimo bandomųjų impulsų, stroboskopiniame maišiklyje SM2 pakeistu laiko masteliu ir sustiprintų stiprintuvuose St2 ir OS2, sekos. Šie impulsai stabdo ASK bei valdo ASR ir LN darbą. Pasibaigus LN darbo trukmei (t_2), VB įjungia ASK ir perduoda sinchronizacijos signalą asmeniniam kompiuteriui (AK). Pradedama tiriamojo signalo diskretizacija. ASK tiriamojo signalo akimirkinėms vertėms proporcingą kodą perduoda į AK tiesioginės kreipties atmintinę (TKA), kur jos atsimenamos. Pasibaigus t_N , ASK darbas stabdomas.

Jeigu dėl kurių nors priežasčių įrašymo į TKA sparta yra per didelė, tada gali būti naudojama tarpinė (buferinė) atmintinė, kurios informacinė talpa (žodžiais) turi apimti visą signalo trukmę nuo t_3 pabaigos iki t_N pabaigos:

$$S = \frac{q f_T}{2 f_1}. \quad (8)$$

Realiems keitikliui ir signalui reikia tik $S \approx 4$ k žodžių, o paskui vieno signalo keitimo ciklo informacija yra įvedama į AK, todėl reikalinga tarpinės atmintinės talpa nedidelė.

Norint nustatyti nusistovėjimo trukmę AK, reikia žinoti SAK tiriamojo signalo mažiausio reikšminio skaičiaus kodą ir laiko trukmę tarp dviejų akimirkinių signalo verčių kodų. SAK MRS kodas ASK išėjime

$$n_{MRS} = 2^{(n-m)} \frac{U_S K_{SK}}{U_{ASK}}; \quad (9)$$

čia n – naudojamo ASK skilčių skaičius; m – tiriamojo SAK skilčių skaičius; U_S – vardinė tiriamojo SAK išėjimo

signalų amplitudė; K_{SK} – keitiklio perdavimo koeficientas, kai SAK išėjimo signalo amplitudė lygi vardinei vertei.

Kito SAK išėjimo signalo amplitudei turint kitą vertę, keitikliu nustatomas kitos vertės K_{SKi} taip, kad MRS vertė ASK išėjime būtų ta pati. Automatinio reguliavimo schema taip pat eliminuoja keitiklio savuosius išėjimo signalo dreifus bei keitiklio perdavimo koeficiento nestabilumą.

Laiko trukmė tarp dviejų akimirkinių signalo verčių kodų

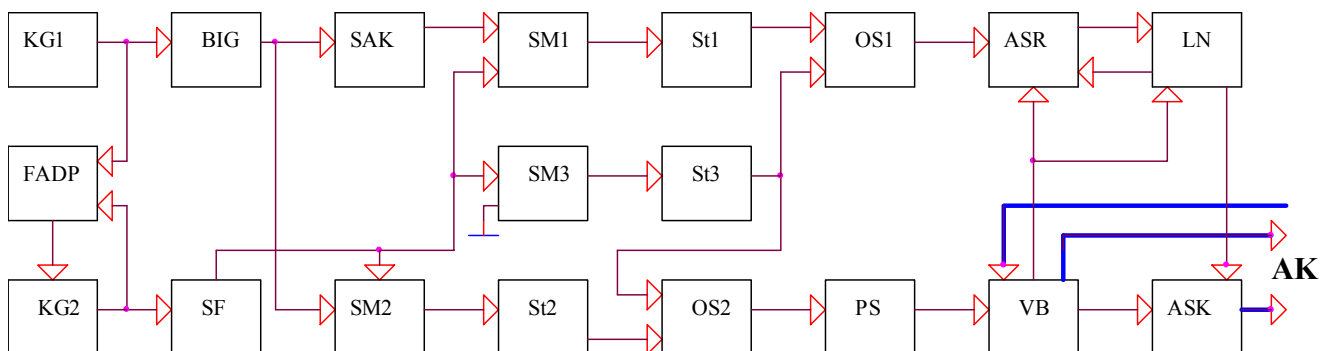
$$t_A = \frac{t_T}{q} = \frac{(f_1 - f_2)}{f_T f_1}; \quad (10)$$

čia $t_T = 1/f_T$ – ASK kvantavimo dažnis; $q = \frac{f_1}{(f_1 - f_2)}$ –

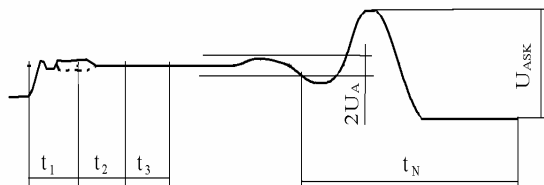
laiko mastelio transformacijos koeficientas.

Taip yra keičiama ir į AK atmintį įvedama p signalo dalių, kur p – signalo vidurkinimų skaičius. Tolesnės nusistovėjimo trukmės nustatymo procedūros atliekamos AK programa. Nustatymo procedūros: a) pradinis signalo filtravimas; b) signalo realizacijų sutapdinimas laike; c) signalo realizacijų sutapdinimas pagal nusistovėjusias vertes; d) suvidurkinto signalo gavimas; e) nusistovėjusios signalo vertės nustatymas; f) atskaitos lygių nustatymas; g) nusistovėjimo trukmės pradžios diskretinės vertės numerio nustatymas; h) nusistovėjimo trukmės pabaigos diskretinės vertės numerio nustatymas; i) nusistovėjimo trukmės skaičiavimas, lyginimas su nustatytomis normomis ir tiriamojo SAK tinkamumo nustatymas. Apžvelkime jas:

a) keitiklio išėjimo signalas dėl keitiklyje vykstančių realių keitimo procesų, keitiklio savųjų triukšmų ir ASK sukiamų paklaidų bus su paklaidomis, o kartu ir ASK išėjime gauti akimirkinių verčių kodai turės verčių sklaidą. Ši sklaida iš dalies gali būti sumažinta atliekant signalo verčių skaitmeninį filtravimą žemųjų dažnių (ŽDF) ar juostiniame filtre (JF). Filtrų parametrus lems keitiklio išėjimo signalas, kurio spektras tęsis nuo 0 iki f_A , kur f_A – keitiklio keičiamo spektro aukščiausiasis dažnis. ŽDF filtras slopins aukštadažnes trukdžius ir triukšmų dedamąsias, o įjungus JF – ir žemadažnio triukšmo ir triukšmo dedamųjų tarp tiriamojo signalo harmonikų dedamąsias;



2 pav. Struktūrinė stroboskopinio keitiklio, akimirkinės vertės keičiančio į kodą, schema. KG1, KG2 – kvarciniai generatoriai, BIG – bandomųjų impulsų generatorius, SF – stroboskopinių impulsų formuotuvai, SAK – tiriamasis skaitmeninis analoginis keitiklis, SM1 – SM3 – stroboskopiniai maišikliai, St1 – St3 – stiprintuvai, OS1, OS2 – operaciniai stiprintuvai, ASR – automatiškai reguliuojamas stiprinimo stiprintuvas, PS – palyginimo schema, VB – valdymo blokas, LN – lygio nustatymo blokas, ASK – analoginis skaitmeninis keitiklis, AK – skaitmeninio apdorojimo įtaisai (asmeninis kompiuteris)



3 pav. Tiriomojo signalo ASK įėjimo diagrama: t_1, t_2 , – ARS, LN veikimo trukmės, t_3 – tiriomojo signalo dalis, kurioje yra nustatoma nusistovėjusi vertė, t_N –matuojama nusistovėjimo trukmė; U_A – AK kodu nustatomos atskaitos lygių vertės, U_{ASK} – ASK įėjimo įtampų diapazonas

b) dėl keitiklyje vykstančių realių laiko mastelio keitimo procesų, pvz., dėl VB valdymo signalo formavimo nestabilumo, tiriomojo signalo realizacijų pradžių momentai gali skirtis, o tai ves prie vidurkinimo paklaidų ir nusistovėjimo trukmės nustatymo papildomų paklaidų. Jų išvengiama sutapdinant visas įrašomas signalų realizacijas. Tam akimirkinių verčių masyvuose randami impulsų frontai ir staigiausio jų kitimo metu jie yra sutapdinami, perstumiant realizacijų masyvų numerius;

c) dėl keitiklyje vykstančių realių procesų, pvz., LN dreifų ir paklaidų, gali būti perstumti ir signalų akimirkinių verčių dydžiai. Jų įtaka sumažinama, nustatant realizacijų nusistovėjusių verčių vidutines vertes (nustatoma kelių apibrėžtų akimirkinių signalo verčių vidutinės vertės kodas) ir jos sutapdinamos (perskaičiuojami realizacijų akimirkinių verčių kodai). Į TKA įrašomi pagal laiką ir vertes sutapdinti tiriomojo signalo kodų masyvai;

d) randamos visų TKA esančių tiriomojo signalo akimirkinių verčių vidutinės vertės; tai leidžia sumažinti keitiklio savųjų triukšmų įtaką, šių triukšmų vidutinė kvadratinė įtampos kodo vertė taps lygi

$$n_{trv}^2 = \frac{n_{tr}^2}{\sqrt{v}}, \quad (10)$$

kur n_{tr}^2 – keitiklio išėjimo signalo vidutinės kvadratinės savųjų triukšmų įtampos generuotas kodo vidutinis kvadratinis nestabilumas; v – signalo vidurkinimų skaičius; suvidurkintas signalas įrašomas į TKA;

e) kaip ir punkte c, nustatoma suvidurkinto tiriomojo signalo nusistovėjusios vertės kodas $n^{(0)}$;

f) nustatomi atskaitos lygių kodai:

$$n_A = \pm 2^{(n-m)} k \frac{U_S K_{SK}}{U_{ASK}} + n^{(0)}, \quad (11)$$

g) suvidurkinto tiriomojo signalo akimirkinių verčių kodai palyginami su nustatytais atskaitos lygiais (11); kai akimirkinės vertės kodas viršija didesnįjį atskaitos kodą arba tampa mažesnis už mažesnįjį, fiksuojamas matavimo pradžios diskretinės vertės numeris d_p ;

h) nustatomas nusistovėjimo trukmės paskutinės diskretinės vertės numeris d_g . Dėl tiriomojo signalo kodų sutapdinimo pagal laiką (ž. punktą c) ir kitų keitiklio paklaidų paskutinės matuojamos trukmės diskretinės vertės numeris gali skirtis. Randama jų vidutinė vertė;

i) randamas nusistovėjimo trukmės diskrečiųjų verčių skaičius $d_{NT} = d_g - d_p$ ir apskaičiuojama SAK nusistovėjimo trukmė

$$t_{NT} = d_{NT} \frac{(f_1 - f_2)}{f_{ASK} f_1}. \quad (11)$$

Ši vertė lyginama su nustatytais SAK normomis: kai ji yra mažesnė už priėmimo normą SAK yra geras, o kai didesnė, SAK yra blogas ir matavimas stabdomas. Indikatoriuje indikuojama nustatyta nusistovėjimo trukmės vertė bei informacija apie tai, kaip SAK parametras atitinka nustatytas normas.

Paskui pagal programą pereinama prie kito SAK parametro, pvz., nusistovėjimo trukmės jį išjungiant, nustatymo.

Rezultatai

Buvo sukurtas, pagamintas ir išbandytas bandomasis prietaiso, skirto sparčių 12 skilčių SAK dinaminiam parametrui nustatyti, pavyzdys. Nusistovėjimo trukmių nustatymo diapazonas 20...150 ns. Tiriomojo signalo duomenų masyvui įvesti į AK panaudotas tiesioginio įrašymo į AK atmintį įrenginys, kuris tiriomojo signalo duomenų masyvą įrašo į AK tiesioginės kreipties atmintinę. Tiriomojo signalo laiko mastelio transformacijos koeficientas, SAK MRS vertė, nustatomi atskaitos lygiai, SAK atestavimo normos, tiriomųjų signalų vidurkinimo skaičius įvedami į AK klaviatūra. Programa leidžia nustatyti SAK MRS vertę ASK skilčių skaičiumi, atskaitos lygius nuo 0,5 iki 5 MRS kas 0,5 MRS, tiriomųjų signalų vidurkinimo skaičių nuo 1 iki 32000, SAK atestavimo normas techninėse sąlygose nurodytomis normų vertėmis. Įrašomo tiriomojo signalų kodas žemųjų dažnių arba juostiniais skaitmeniniais filtrais filtruojamas nebuvo. Programoje yra numatyta galimybė, nustatant nusistovėjusias signalo vertes, neiškaičiuoti dviejų signalo akimirkinių verčių zonų. Tai leidžia trukmių nustatymo metu neįvertinti tiriomojo signalo atkarpių, kuriose prietaiso derinimo metu yra pastebėta trikdžių ar atspindžių generuoti akivaizdūs tiriomojo signalo formos iškraipymai. Suvidurkintų signalo masyvo analizė rodo, kad, nustačius 8 signalų vidurkinimo režimą, savųjų triukšmų lygis sumažėjo ne mažiau kaip 2...2,5 karto ir perskaičiuota vidutinė kvadratinė triukšmų įtampa sudarė $\pm 20...30 \mu V$. Nusistovėjimo trukmės nustatymo paklaida neviršijo $\pm 10 \%$. Vienos SAK matavimo trukmė, nustačius 8 signalų vidurkinimą, sudarė 4 s.

Į AK atmintį įvestas tiriomojo signalo masyvas gali būti naudojamas ir kitiems tikslams.

Išvados

1. Parodyta, kad naudojant kompensacinius pikinio detektavimo stroboskopinius keitiklius ir skaitmeninį signalų apdorojimą galima sukurti sparčių daugelio skilčių SAK, sparčių operacinių stiprintuvų ir pan. dinaminių parametrų tirti.

2. Sukurtas, išbandytas ir metrologiškai atestuotas 12 skilčių SAK nusistovėjimo trukmių nuo 20 iki 150 ns nustatymo prietaisas.

3. Atlikti sukurto prietaiso struktūros ir jo maketo tyrimai rodo, kad, naudojant didesnių galimybių AK, naujus didesnio skilčių skaičiaus įvedimo įrenginius (pvz., National Instruments 12 skilčių įvedimo įrenginius NI 6070E, leidžiančius atsakyti ir atskiro ASK), naujus skaitmeninio signalo filtravimo būdus, didesnį signalo vidurkinimų skaičių atsitiktinių paklaidų (savųjų triukšmų) įtaka gali būti sumažinta ir sukurti matuokliai gali būti panaudoti 14 ir daugiau skilčių sparčių SAK ir operacinių stiprintuvų dinaminių parametru ir jų išėjimo signalų tyrimui.

Literatūra

1. **Williams J.** Measuring 16-bit settling times: the art of timely accuracy. // EDN. – Nov. 19, 1998. – P. 159 – 168.
2. **Williams J.** Measuring precision – amplifier settling time. // EDN. – Oct. 28, 1999. – P. 85 – 94.

3. **Bagdanskis E., Kvedaras V., Naidionov A., Narbutas M.** Stroboskopinis keitiklis sparčių SAK dinaminių parametru matavimui. // Radioelektronika: Lietuvos aukšt.mok. darbai. – Vilnius, 1982. – 18t., Nr.3.
4. Стробоскопический измеритель временных интервалов. В.Квядарас и др. /А.с № 1656468. СССР.
5. **Kvedaras V., Mackevič S.** Stroboskopinis SAK nusistovėjimo laikų matuoklis // Radioelektronika: Mokslo darbai. – Vilnius: Technika, 1993. – T.29, Nr. 3. – P.95-103.
6. **Kvedaras V., Kvedaras R.** Daugiakanalių stroboskopinių pikinio detektavimo keitiklių tyrimas // Elektronika ir elektrotechnika. – Kaunas: Technologija. – 2000, Nr. 6. – P.60-65.
7. **Kvedaras V.** Stroboskopinių pikinio detektavimo keitiklių savųjų triukšmų tyrimas // Elektronika ir elektrotechnika. – Kaunas: Technologija. – 2001, Nr. 3. – P.53-58.
8. **Квядарас В., Багданскис Э.-А.** Измерение времени установления ЦАП. // Автометрия. – 1988. – No. 5.

Pateikta spaudai 2003 06 05

V. Kvedaras, R. Kvedaras. Prietaisas sparčių analoginių integrinių grandynų dinaminiam parametrui tirti // Elektronika ir elektrotechnika. - Kaunas: Technologija, 2003. - Nr. 7(49). - P.35-39.

Analizuojamos galimybės sukurti sparčių daugiskilčių SAK ir operacinių stiprintuvų dinaminių parametru tyrimo prietaisus. Parodyta, kad sukurtų daugiakanalių stroboskopinių pikinio detektavimo keitiklių vidinių triukšmų lygis yra per didelis 12 ir daugiau skilčių SAK dinaminių parametru matuokliams, o jį sumažinti sudėtinga. Pasiūlyta į prietaisų schemas su kompensaciniais stroboskopiniais keitikliais įvesti skaitmeninį signalo apdorojimą. Sukurta originali prietaiso, veikiančio su asmeniniu kompiuteriu, struktūrinė schema. Nustatyti reikalavimai matuoklio mazgams, pateikiamos išraiškos, susiejančios tiriamojo SAK išėjimo signalo parametrus ir į asmeninį kompiuterį pateikiamo kodo parametrus. Sukurti ir išbandyti prietaiso bandomasis pavyzdys ir AK programa skirti nustatyti 12 skilčių SAK nusistovėjimo trukmėms 20...150 ns diapazone. Atliktas eksperimentinis tyrimas parodė, kad nustatymo paklaidos neviršija $\pm 10\%$. Vieno SAK (4 parametru) analizės trukmė sudaro 4 s. Il. 3, bibl. 8 (lietuvių kalba; santraukos lietuvių, anglų ir rusų k.).

V. Kvedaras, R. Kvedaras. The Device for Research of Dynamic Parameters of High-speed Analogue Chips // Electronics and Electrical Engineering. - Kaunas: Technologija, 2003. - No. 7(49). - P.35-39.

Possibilities of construction of devices of dynamic properties of fast multi-bit DACs and OpAmps were analyzed. It is shown that the level of internal noises of the already created compensating sample converters is insufficient for analysis of dynamic properties of multi-bit DACs. It was determined that reduction of internal noises is complicated. For this reason it was proposed to use digital signal processing for meters using compensating sample converters. Original structure of such device implementing personal computer was created. Requirements for device components were established and expressions for evaluation of output signal of analyzed DAC on PC. Experimental version of the device and PC software for analysis of settlement time of 12 bit DACs in 20...150 ns range were produced. During experimental research it was established that the error of the tests do not exceed $\pm 10\%$. Standard analysis time of one DAC (4 parameters measured) is 4 s. Ill. 3, bibl. 8 (in Lithuanian; summaries in Lithuanian, English, Russian).

V. Квядарас, Р. Квядарас. Прибор для исследования динамических параметров быстродействующих аналоговых микросхем // Электроника и электротехника. - Kaunas: Технология, 2003. - № 7(49). - С. 35-39.

Анализируются возможности построения приборов анализа динамических свойств быстрых многозарядных ЦАП и операционных усилителей. Показано, что уровень внутренних шумов созданных компенсационных стробоскопических преобразователей недостаточен для построения приборов анализа динамических свойств быстрых многозарядных ЦАП, а их уменьшение связано с большими трудностями. Предложено в схемы измерителей с компенсационными стробоскопическими преобразователями вводить цифровую обработку исследуемых сигналов. Создана оригинальная схема прибора с компенсационными стробоскопическими преобразователями, работающая совместно с персональным компьютером. Установлены требования к узлам прибора, представлены выражения связывающие параметры выходных сигналов ЦАП и код массива исследуемых сигналов передаваемых на персональный компьютер. Разработаны и исследованы опытный образец и программа компьютера предназначенные для определения времен установления 12 разрядных ЦАП в диапазоне 20...150 ns. Проведенные экспериментальные исследования показали, что погрешность измерения не превышает $\pm 10\%$. Время анализа одного ЦАП (4 параметров) составляет до 4 с. Ил. 3, библи. 8 (на литовском языке; рефераты на литовском, английском и русском яз.).