

Er. 6.7

724

ISSN 0868-4081
0868-4219

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOLI
TOIMETISED

TRANSACTIONS OF TALLINN
TECHNICAL UNIVERSITY

ТРУДЫ ТАЛЛИННСКОГО
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

SIGNAALIDE TÖÖTLEMISE
MEETODID JA VAHENDID
RAADIO- JA SIDESÜSTEEMIDES

TALLINN 1991

724

ALUSTATUD 1937

**TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOLI
TOIMETISED**

**TRANSACTIONS OF TALLINN
TECHNICAL UNIVERSITY**

**ТРУДЫ ТАЛЛИННСКОГО
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

D. Energeetika. Elektrotehnika. Mäendus

**SIGNAALIDE TÖÖTLEMISE
MEE'ODID JA VAHENDID
RAADIO- JA SIDESÜSTEEMIDES**

Raadiotehnika XVIII

TALLINN 1991

UDK 621.39

Vastutav toimetaja J. Ratassepp

TTÜ raadiotehnika kateeder

200108 Tallinn, Ehitajate tee 5, tel. 53 24 19

Eesti TA Raamatukogu
Tallinn

TTÜ rotaprint, 200006 Tallinn, Koskla 2/9
1991, 400, tell. 293. Hind rbl. 1. 90

© Tallinna Tehnikaülikool, 1991

S i s u k o r d

1. Ü. Rätsep. Teadusuuringud raadiotehnika kateedris alates 1966. aastast	4
2. V. Heinrichsen. Uurimissuund AX-05 "Signaalide parameetrite mõõtemetodite ja -seadmete uurimine"	8
3. H. Hinrikus. Laserite kasutamine infoedastus- ja mõõtesüsteemides	32
4. E. Schults. Kujutiste registreerimine tele- visioonivahenditega	51
5. P. Martverk, A. Raja. Perioodsignaali efektiiv- väärtuse hindamisalgoritmid	55
6. A. Meister, M. Toomet. Elektromagnetilised vede- like kiiruse ja vooluhulga mõõturid	61
7. O. Loitme. Värvikodeeringu kasutamisproblematika informatsiooni esitamisel displei ekraanil...	67
8. J. Vainu. Satelliittelevisiooni vastuvõtt.....	72

UDK 621.39

Ü. Rätsep

TEADUSUURINGUD RAADIOTEHNIKA KATEEDRIS
ALATES 1966. AASTAST

Raadiotehnika eriala avamist Tallinna Tehnikaülikoolis arutati aastail 1957 - 1959 korduvalt. Esimene õpperühm moodustati automaatika kateedri juures 1960. aastal vastuvõetud rühma poolitamisel. Aastast 1961 algas regulaarne vastuvõtt päeva- ja kaugõppevormis. Õhtune õpperühm moodustati 1962. aastal.

Aastal 1966, kui erialal õppis 258 üliõpilast ja diplomiprojekte olid kaitsnud esimesed 16 lõpetajat, loodi iseseisev raadiotehnika kateeder, mille juhatajaks valiti dots. V. Heinrichsen. Kateedri õppejõududeks kinnitati dots. E. Schults, vanemõpetajad I. Eiskop, E. Hansen ja V. Kukk ning laboratooriumi juhatajaks P. Martverk. Aastail 1966 - 1968 asusid siin õppejõududena tööle U. Madar, M. Kurm, I. Arro, H. Hinrikus, A. Meister ja Ü. Rätsep.

Oma praegused ruumid II õppekorpuse IV korrusel sai raadiotehnika kateeder 1967. aasta sügisel. Algas intensiivne töö õppe- ja teaduslaboratooriumide väljaehitamisel. Mõne aasta jooksul hakkasid tööle selektiivsete mõõtemetodite ja muundurite uurimisgrupp V. Heinrichseni juhendamisel, madala müratasemega seadmete ja müramõõturite uurimisgrupp H. Tammeti juhtimisel, vedelike kulumõõturite uurimisgrupp A. Meistri juhendamisel ning kvantelektroonsete infosüsteemide uurimisgrupp H. Hinrikuse juhendamisel.

Signaalide parameetrite mõõtmise ja registreerimise alal tehtavate teoreetiliste uuringute kontsentreerimiseks loodi kateedris 1974. aastal probleemorienteeritud uurimissuund AX-05 "Signaalide parameetrite mõõtemetodite ja -seadmete uurimine". Suunajuhendajaks on algusest peale V. Heinrichsen.

Suunaalaste uurimistöödega tegelevate õppejõudude arv on olnud 10 - 15, teadusosakonna töötajate arv on aastate vältel olnud enam-vähem püsiv (20-24 inimest), samuti abi-õppepersonal (5-6 inimest). Kuid 1986. aastal algas seniste tellijate poolt finantseerimise järsk vähenemine, olles 1990. a. lõpuks praktiliselt lõppenud. Signaalitöötuse fundamentaaluuringud jätkuvad 1987. aastal loodud eelarvelises signaalitöötuse laboratooriumis, mis alustas tööd O. Kanguri juhtimisel. 1990. a. algusest on juhatajaks A. Ots. Laboratooriumis on 14 põhikohaga töötajat, neist 2 teadurit ja 5 inseneri.

Uurimissuuna AX-05 all on aastast avaldatud keskmiselt 20-25 artiklit. Aastail 1974 - 1990 on saadud 82 autoritunnistust. Samal ajavahemikul on näitusel eksponeeritud 29 tööd, neist 9 välis- ja üleliidulistel näitustel. Konverentsidel on aastail 1974 - 1990 esitatud 160 ettekannet, neist 52 üleliidulistel ja väliskonverentsidel. Kaitsatud on kaks kandidaativäitekirja (P. Martverk ja M. Toomet). Suunaalaste uurimistööde üldarengust on käesolevas kogumikus suunajuhendaja V. Heinrichseni artikkel koos publikatsioonide ülevaatega ning eraldi teemadest E. Schultsi, J. Vainu, O. Loitne ja A. Meistri, M. Toometi artiklid.

Kvantelektroonsete infosüsteemide uurimisgrupi töö on seotud laserite rakendamise raadiotehnilise aspektiga, s.t. laserite kasutamisega side- ja mõõtesüsteemides. Sellest kujunes 1975. aastaks iseseisev lasertehnika probleemoriendatud uurimissuund AX-06. Suunajuhendajaks on algusest peale H. Hinrikus ja põhjalik ülevaade suuna arengust koos publikatsioonide koondiga on antud käesolevas kogumikus.

Nende kahe põhisuunaga vähemseotuks on jäänud tehnoloogiaalased uurimistööd, mida alustas E. Hansen 1966. aastal. Tema juhtimisel analüüsiti põhjalikult tehnoloogilise mikrokliima (tolm, niiskus, temperatuur, vibratsioon jne.) mõju pooljuhtseadiste parameetritele ja töökindlusele. Tulemused võimaldasid teaduslikel alustel välja ehitada H. Pöögelmanni nim. Elektrotehnika Tehase puhaste ruumide kompleksi fotolitograafia ja teiste mikrokliima suhtes tundlike tehnoloogiliste protsesside tarvis.

Tehas tõusis pooljuhtseadiste väljatuleku (70...80 %) ja nende töökindluse osas parimate hulka Elektroonikatööstuse Ministeeriumis ning E. Hansen kaitses 1973. a. kandidaadikraadi. Edaspidi laienesid uuringud integraalskeemide tehnoloogia valdkonda ja nendega liitus Ü. Rätsep. Integratsiooniastme pidev kasv pooljuhtide tööstuses esitab järjest rangemaid ja keerulisemaid nõudeid tehnoloogiale ning tehnoloogilise mikrokliima mõjude analüüsiks tuli leida paindlikumaid matemaatilisi analüüsimeetodeid. Arvestatavaid tulemusi andis tehnoloogilistest mõjufaktoritest saadud faktorruumi dekomponeerimine samamõõtmeliseks alamruumideks. Viimaste ühendamine regressioonliinideks võimaldas saada ka keerukate sõltuvuste puhul tõenäosuslikult usaldatavaid isokvantmudeleid. Enamik klassikalisi mudeleid eeldab mõjufaktorite sõltumatust, kuid isokvantmudel võimaldab analüüsida faktorite kompleksmõju ja lahendada väljundparameetrite prognoosi ning statistilise juhtimise ülesandeid ka sõltuvate mõjufaktorite puhul. Isokvantmudelid on andnud häid tulemusi ka meditsiinis ja bioloogias. Uurimistulemuste alusel kaitses Ü. Rätsep 1983. a. kandidaadikraadi. Tehnoloogiaalased publikatsioonid on toodud V. Heinrichseni artikli kirjanduse loetelus [2, 7, 17, 105, 111, 120, 126, 132, 174, 186].

Kateedri loomisest peale on teadustöös tulemuslikult osalenud ka üliõpilased. Ja mitte ainult päevased, vaid ka õhtused tudengid. Viimased küll rohkem diplomitöö või -projektiga tegelemise ajal. Kui 1990. aastal lõpetajate arv jõudis 829-ni, nendest päevaseid 613, õhtusi 173 ja kaugõppijaid 43, siis paljud neist on saanud oma esimesed uurimistöö kogemused kateedris. Üldse töötab 31 % lõpetanuist uurimis- ja projekteerimisasutustes ja nende seas on enamus 40-st eriala kiitusega lõpetanust. Teaduskraadi omandamiseni on jõudnud 10 lõpetajat.

Üliõpilasteaduse kõrger periood langes 80-ndate aastate esimesse poole. Aastal 1982 ületas kateedri teadustööde maht 300 000 rubla. Üliõpilasi, kes tegelesid lepinguliste uurimistöödega, oli 50-60, s.t. üle poole vanemate kursuste üliõpilastest, ja neile aastas väljamakstud summa lähenes kahekümnele tuhandele. Saadi ka hulgaliselt auhindu nii vabariiklikelt kui ka üleliidulistelt konkurs-

sidelt. Mõõn algas 1987. aastal, kui paljud tellijad lõpetasid lepingute finantseerimise. Praegu tehakse teadustööd põhiliselt kursuse- ja diplomitööde raamides, sest tasustada on võimalik ainult üksikuid üliõpilasi.

Lähiaastatel jätkub teadustöö tõenäoliselt signaalitöötluse laboratooriumis riigieelarvelise finantseerimise arvelt. Lisafinantseerimist on saadud konkreetsete teadusülesannete lahendamiseks grantide näol. Praegu määratakse neid ülikooli vahenditest ja 1989. aastal said oma teemadele paarituhandelised grandid O. Loitme, E. Polma ja A. Taklaja. Järgmisel aastal peaks hakkama funktsioneerima grantide süsteem ka vabariigi teadusfondist, loomisel on vabariigi innovatsioonifond. Aktiivselt on teadustööle maksujõulisi tellijaid otsinud 1989. a. kateedri juures loodud väikeettevõtte "Kvantel" direktor K. Meigase juhtimisel. Kõik see annab alust väita, et raadiotehnika kateeder jätkab tulemuslikku teadustööd ka eesti ühiskonna üleminekuperioodil täielikule iseseisvusele ja leiab oma koha vabas Eestis.

Ü. Rätsep

Teadusuuringud raadiotehnika kateedris alates 1966. aastast

Kokkuvõte

Artikkel annab ülevaate teadusuuringutest, mida Tallinna Tehnikaülikooli raadiotehnika kateedris on ajavahemikus 1966–1990 tehtud. Vaadeldakse ka üliõpilaste osavõttu teadustööst ning analüüsitakse kateedri tulevikuperspektiive.

Y. Rätsep

Scientific Research at the Chair of Radio Engineering in the Period from 1966 to 1990

Abstract

A review of scientific research of the chair of radio engineering, Tallinn Technical University, during the period 1966–1990 is given. The participation of students in scientific research and the future perspectives are also analyzed.

UURIMISSUUND AX-05 "SIGNAALIDE PARAMEETRITE
MÕÖTEMEETODITE JA -SEADMETE UURIMINE"

Uurimissuund kasvas välja 1959. aastal dots. H. Sil-
lamaa juhendamisel alustatud Halli andurite mõõtmistehnika
alastest töödest. Uuritigi Halli anduri teooria- ja rakendus-
küsimusi ning kileandurite tehnoloogiat. 1967. a. saadi tule-
muste eest NSVL Rahvamajandussaadutuste Näitusel pronks-
medal. Aastast 1961 jätkusid tööd automaatsete helianalü-
saatorite valdkonnas. Mitmekanalilised analüsaatorid või-
maldasid üheaegselt signaali otsillogrammiga registreerida
intensiivsust, põhi- ja formantsageduste spektreid. Uuri-
mistööde tulemusena valmis kaks kõnesignaali analüsaatorit.
Analoogtehnika lahenduste kõrval kasutati põhisageduse ana-
lüüsiks peamiselt diskreetset perioodi kestuse mõõtmist pool-
juhtseadiste baasil. Järgnevatel aastail koondus peatahele-
panu madala müratasemega võimendusseadiste ja -seadmete uu-
rimisele ja pooljuhtseadiste müramõõturite projekteerimi-
sele. Nii uuriti aastail 1967-1969 unipolaarsete transis-
toride kasutamise võimalusi ja aastail 1969-1970 madala mü-
ratasemega elektronseadmeid. Samasse ajajärku kuulub ka
statistiliste meetodite kasutamise võimaluste väljaselgitami-
ne mõõteseadmete projekteerimisel.

Üheaegselt nende otsinguliste töödega alustati aas-
tail 1968-1971 ka rakenduslikke uurimistöid pooljuhtseadis-
te müramõõturite väljatöötamisel. Aastail 1970-1973 uuriti
ja töötati välja mitmeid madala müratasemega mõõtemuun-
dureid.

Jätkusid uurimistööd vedelike kulumõõturite valdkon-
nas.

Saadutatud tulemused võimaldasid 1974. aastal kujun-
dada iseseisva uurimissuuna, mille eesmärgiks oli uute efek-
tiivsete signaaliparameetrite mõõtealgoritmide süntees ning

perspektiivsete algoritmide realiseerimine tehniliste mõõteseadmetena. Suunaalased tööd jagunesid kolmeks alateemaks: selektiivsed mõõtemetodid ja mõõturid, madala müratasemega seadmed ja müramõõturid ning vedelike kiirus- ja kulumõõturid.

Selektiivsete mõõteseadmete valdkonnas uuriti aastail 1972-1978 signaalide avastamist ja sageduse määramist häirete taustal, mille tulemusena valmisid kahte tüüpi sagedusanalüsaatorid hüdroakustiliste uurimiste tarbeks. Loodi automatiseeritud madal- ja kõrgsageduslikud voltmeetrid ning uuriti raadioelektroonseid muundusseadmeid ja suure tundlikkuse ning laia dünaamilise diapasoonega sagedusmuundureid. Mitmel vabariiklikul näitusel eksponeeriti madalsageduslikku selektiivvoltmeetrit. Tööde tulemused leidsid kasutamist selektiivvoltmeetri B6-10 loomisel Tallinna Raadioelektroonika Konstrueerimisbüroos.

Müramõõturite valdkonnas jätkati integraalsete operatsioonvõimendite mürade uurimist, mille tulemusena valmisid kõrgendatud tootlikkusega müramõõturid toodangu kontrollimiseks. Müramõõturite projekteerimisel ilmnes vajadus analüüsida müraallikaid sisaldavaid skeeme. Sellel eesmärgil loodi arvutite "Minsk-22 (32)" baasil vajalik tarkvara.

Vedelike kiirus- ja kulumõõturite alased tööd olid algselt seotud madala juhtivusega vedelikega, alates 1973. aastast jätkusid tööd algul dielektriliste ja hiljem laia juhtivusdiapasoonega andurite valdkonnas.

Väljatöötatud aparatuuri keerukuse kasv ja TTÜ tehnoloogilise baasi nõrkus ühelt poolt ning arvutustehnika riist- ja tarkvara pidev kasv teiselt poolt tingisid 70-ndate aastate keskel mõningate seisukohtade ümberhindamise. Lähtudes kateedri reaalistest võimalustest, osutus otstarbekaks suurendada signaalide töötlemisalgoritmide uurimist. Sel eesmärgil ehitati kateedrisse instituudi arvutuskeskuse terminalseade, mis andis tõuke arvutustehnika meetodite laialdasemaks kasutamiseks signaalitöötluses. Teoreetiliste tööde tulemusena pandi alus signaalide eristamise, parameetrite hindamise, detekteerimise, kogumise, filtreerimise jt. algoritmide uurimisele. Arvestades algoritmide realiseerimisvõimalusi spetsialiseeritud arvutustehni-

liste vahendite abil, osutus otstarbekaks luua püsiv koostöö ENSV TA Küberneetika Instituudi arvutustehnika EKB mäluseadmete osakonnaga, kellega 1976. aastal alustati uurimistöid digitaalsete hüdroakustiliste signaalide registreerimise loomiseks. Esimesed kiiretoimelised registreerivad seadised valmisid 1981. aastal, selleks ajaks oli selgunud seda tüüpi seadiste perspektiivsus ja mitmed rakendusvõimalused. Omandatud kogemused võimaldasid 80-ndate aastate alguseks formuleerida signaalide ekspresstöötluskomplekside projekteerimise alused. Lähtudes nendest projekteeriti järgnevatel aastail mitmeid mikroarvuti poolt juhitavaid signaale registreerivaid ja töötlevaid komplekse raadiofüüsikaliste ja hüdroakustiliste uurimiste tarbeks. Töö tulemusena valmisid registraator P3C, hüdroakustilisi signaale töötlev kompleks CKAC, ionosfääri uurimise kompleks MOCT.

Arvestades kateedri õppetöö suundi, alustati 1977. aastast uurimistöid optiliste impulss-signaalide registreerimiseks televisioonimeetodite abil. Tööde tulemusena loodi koostöös ENSV Füüsika Instituudi, ENSV TA SKB ja ENSV TA Küberneetika Instituudi Arvutustehnika EKB-ga rida registreerivaid seadmeid (TPNOC ja nende modifikatsioonid).

Alates 1984. aastast alustati masinahitustööstuse vajadusest lähtudes täiendavalt autokollimatsioonimeetodite kasutamisevõimaluste uurimist ruumiliste koordinaatide mõõtmisel televisioonisüsteemide vahendusel.

Kuni 1985. aastani jätkusid uurimistööd digitaalsete adaptiivsete meetodite kasutamiseks elektromagnetilistes kulumõõturites. Tulemusena realiseeriti kõrgendatud täpsusega makett.

Signaalitöötluse valdkonnas on uuritud mitmeid originaalseid algoritme tundmatu sagedusega harmooniliste signaalide parameetrite määramiseks. Realiseeritud seadmeis on õnnestunud oluliselt vähendada signaal-müra suhet, mille korral õnnestub signaali parameetrite määramine.

Kiiretoimeliste arvutustehnikal baseeruvate registreerimiskomplekside arendamise tulemusena alustati esialgu mikroarvutite poolt juhittavate automatiseeritud mõõtekomplekside loomist. Esimene sellelaadne kompleks valmis raadiotehniliste eksperimentide tegemiseks. Kompleks ba-

seerus arvutil "Iskra 125", juhtimiseks kasutati mõõte-seadmete liidest 625.1. Ehitati vajalikud liideskaardid ja kommutaatorid.

Edasine töö kõik tõi kaasa personaalarvutite rakendamise ja moodulprintsipiil realiseeritud aparatuursete plokkide kasutamise. Arvestades meie tehnilisi võimalusi kaalus raskuspunkt signaalitöötluse tarkvara loomisele.

Samal ajal rakendati kateedris töösse kahetasemeline automatiseeritud kompleks raadiotehnilisteks uuringuteks. Kompleks baseerus põhiliselt arvutil "Mera" (CM-4). Olemasolevaid seadmeid täiendati kohapeal, nii loodi kaheksa kanaliga multipleksor ja displeidele projekteeriti täiendavalt graafiline väljund. Loodud seadmed ja tarkvara võimaldasid oluliselt tõsta õppetöö taset kateedris.

Eelnevate tööde käigus osutus vajalikuks kasutada värvuskujutisi ning nii loodi ja realiseeriti mõningad värvusdispleide variandid.

Optiliste registraatorite projekteerimisega kaasnes vajadus nende parameetrite mõõtmiseks ja kalibreerimiseks. Selleks loodi automaatkontrollstend, mille koosseisu kuulus juhtarvutina "Elektroonika-60".

Alates 1986. aastast sõlmiti koostööleping Rostocki ülikooliga hüdroakustiliste signaalide uurimise valdkonnas. Meiepoolse töö käigus loodi merepõhja kajasignaalide töötlemiseks vajalik tarkvara, mis võimaldab identifitseerida merepõhja struktuuris ilmnevaid muutusi.

Viimastel aastatel on toimunud mitmeid muudatusi teadustöö korralduses. Nii on oluliselt vähenenud lepinguliste tööde maht, mille peamiseks põhjuseks on meie seniste tellijate finantseerimisallikate kokkukuivamine. Teise olulise muudatusena tuleks mainida eelarvelise teaduslaboratooriumi loomist 1987. aastal. Signaalitöötluse laboratooriumi põhifunktsiooniks on fundamentaaluuringute korraldamine signaalitöötluse valdkonnas.

Käesoleval ajal on kavandatud spetsialiseeritud signaalitöötluskompleksi loomine IBM-tüüpi personaalarvutite baasil ja mitmesuguste signaali ekspressanalüüsiseadmete ja tarkvara loomine.

Lisaks eeltoodud töödele on ülikooli sisemise tellimuse korras kavandatud uurimistöö värvuskujutiste numb-

rilise analüüsi ja sünteesi algoritmide ja programmide loomiseks.

Märkigem ka signaalitöötluse laboratooriumi viljakat koostööd Eesti TA Küberneetika Instituudi EKB laboratooriumidega nii signaalitöötluse kui ka töötlemismoodulite valdkonnas.

Kateeder osaleb personaalarvutite baasil loodavate moodulkonstruksioonidega automatiseeritud mõõtekomplekside loomisel koostöös mitmete teadusõppeasutustega nii meie vabariigis kui ka väljaspool.

Tehtud uurimistööde vältel ilmunud publikatsioonidest olulisemad on toodud artikli kirjanduse loetelus.

K i r j a n d u s

1. Хаак Х.Х., Хейнрихсен В.Х. Частотные свойства датчиков Холла // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1968. № 268. С. 18-24.

2. Хансен Э.А., Пуусепп М.Э. К вопросу определения количественного влияния условий производства на параметры радиоэлементов // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1968. № 268. С. 3-7.

3. Силламаа Х.В., Эйскоп И.Ю. Частотная характеристика индуктивного делителя напряжения // Вопросы радиоэлектроники. 1968. 78 с.

4. Таммет Х.А. Определение проходной характеристики канального транзистора // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1968. № 268. С. 9-17.

5. Таммет, Н. Väljatransistor ja selle parameetrid // Side, Raadio, Televisioon. 1969. Nr. 5. Lk. 23-25.

6. Эйскоп И.Ю., Силламаа Х.В., Инерс Р. Переходная характеристика индуктивности делителя напряжения // Известия вузов № 7. 1970. С. 8-32.

7. Хансен Э.А., Пуусепп М.Э., Саар Б.И. Некоторые вопросы уменьшения влияния пыли в производстве полупроводниковых изделий // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1970. № 291. С. 19-24.

8. М а р т в е р к П.Э., Ш у л ь ц Э.А. Анализ каскада широкополосного усилителя на полевом транзисторе // Тр. Таллиннск. политехн. ин-та. 1970. № 291. С. 11-18.

9. М е й с т е р А.А. Измерение расхода диэлектрических жидкостей электромагнитным методом // Сборник материалов IV Таллиннского совещания по электромагнитным расходомерам. Выпуск III. Таллинн: ВIT, 1970. С. 15-21.

10. Р э х е п а п п Ю.А., Ы й с п у у А.И. Измерительный преобразователь мощности с унифицированным выходным сигналом с применением датчика Холла // Известия вузов. Приборостроение. Ленинград, 1970. № 2. С. 23-34.

11. Т а м м е т Х.А. О выборе полосы пропускания усилителя низкочастотных шумов // Тр. Таллиннск. политехн. ин-та. 1970. № 291. С. 25-29.

12. Т а м м е т Х.А. О выборе режима работы низкочастотного усилительного каскада на полевых транзисторах // Тр. Таллиннск. политехн. ин-та. 1970. № 291. С. 39-46.

13. Т а м м е т Х.А. Применение полевых транзисторов в медицинских усилителях // Материалы XIII научно-технической конференции, посвященной 75-летию со дня изобретения радио. Секция медицинской радиоэлектроники. Новосибирск, 1970. С. 42-55.

14. Т а м м е т Х.А., Ш и ф ф Г.И. О некоторых вопросах аппроксимации вольт-амперных характеристик полевых транзисторов // Тр. Таллиннск. политехн. ин-та. 1970. № 291. С. 31-38.

15. А р р о И.О. О помехоустойчивости двухканального автоматического радиопеленгатора с одновременным сравнением амплитуды // Тр. учебных институтов связи. 1971. Вып. 55. С. 22-36.

16. Секторное устройство автоматического съема отчетов пеленга / И.О. Арро, Г.Н. Волюнкин, Н.И. Иванов, Т.М. Иванова, В.В. Терещенко, В.Д. Энтин // Материалы научно-технической конференции ЛЭИС. 1971. Вып. 2. С. 37-48.

17. Х а н с е н Э.А., П у у с е п п М.Э. Система контроля микроклимата в производстве интегральных схем // Электронная промышленность. 1971. Вып. 2. С. 88-92.

18. Мейстер А.А. О влиянии электрических свойств жидкости на чувствительность электромагнитного расходомера для диэлектриков // Сборник материалов У Таллиннского совещания по электромагнитным расходомерам. Таллинн. ВИТ. 1971. Вып. I. С. 189-194.

19. Таммет Х.А. О действии обратной связи при измерении коэффициента шума полупроводниковых приборов // Тр. Таллиннск. политехн. ин-та. 1971. № 304. С. 97-101.

20. E i s k o p, I. Raadiovastuvõttuseadmete stabiilsus ja mürad. Tln.: ТПИ, 1972. 116 lk.

21. Хейнрихсен В.Р., Кангур О.Э., Мартверк П.Э. Оптимальный синтез устройства для оценки частоты сигналов при последовательном анализе // Тр. Таллиннск. политехн. ин-та. 1972. № 334. С. 19-25.

22. Мейстер А.А., Олев В.Ю. Сравнение блок-схем измерительных усилителей для электромагнитных расходомеров диэлектрических жидкостей // Сборник материалов У Таллиннского совещания по электромагнитным расходомерам. Таллинн. ВИТ. 1972. Вып. 6. С. 23-41.

23. E i s k o p, I., S i l l a r t, A. Helitehnika. Tln.: Valgus, 1973. 243 lk.

24. S c h u l t s, E. Informatsiooni töötlemise optilised meetodid // Side, Raadio, Televisioon. 1973. Nr. 7. Lk. 22-25.

25. Арро И.О., Агафонников Ю.Н., Жуковец И.Я. Числовые характеристики четырехпараметрического распределения фазы // Тр. Таллиннск. политехн. ин-та. 1974. № 358. С. 31-33.

26. E i s k o p, I. Sünkrofiltriga selektiivvoltageer // Side, Raadio, Televisioon. 1974. Nr. 9. Lk. 15-18.

27. Автокорреляционный измеритель с квадратурными каналами / В.Р. Хейнрихсен, О.Э. Кангур, П.Э. Мартверк, А. Таттер // Тр. Таллиннск. политехн. ин-та. 1974. № 358. С. 3-10.

28. M e i s t e r, A. Elektromagnetilised vedelike kiiruse ja vooluhulga mõõturid // Side, Raadio, Televisioon. 1974. Nr. 7. Lk. 18-21.

29. R a t a s s e p p, J., T a m m e t, H. Raadio-elektroonika seadmete müraparametrid // Side, Raadio, Televisioon. 1974. Nr. 8. Lk. 19-22.

30. R ä t s e p, Ü. M-MD süsteemi alalispingeõhimen- did // Side, Raadio, Televisioon. 1974. Nr. 8. Lk. 11-16.

31. Ш у л ь ц А.Э. К вопросу о дискретизации много- мерного сообщения // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1974. № 358. С. 21-24.

32. T a m m e t X.A. Измерение токовой составляющей входного шума полупроводниковых приборов // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1974. № 358. С. 25-29.

33. T o o m e t M.Э., К о р с е н В.К. Входной уси- литель для электромагнитного расходомера диэлектрических жидкостей // Сборник материалов к VI Таллинскому совеща- нию по электромагнитным расходомерам и электротехнике жид- ких проводников. 1974. С. 224-232.

34. A r r o, I. Statistilise raadiotehnika alused. Tln.: TPI, 1975. 196 lk.

35. H e i n r i c h s e n, V. Walshi funktsioonide kasutamine // Side, Raadio, Televisioon. 1975. Nr. 11. Lk. 14-17.

36. Х е й н р и х с е н В.Р., М а р т в е р к П.Э., Р у с м а н Л.С. Анализ фазо- и частотно-нечувствительных алгоритмов оценки амплитуды гармонического сигнала // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1975. № 389. С. 9-13.

37. К а н г у р О.Э., О т с А.Э. Цифровое модели- рование измерителей частоты структурно-корреляционного ти- па // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1975. № 389. С. 15-18.

38. Л а к с б е р г Э.А. Математическая модель нели- нейной безреактивной электрической цепи // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1975. № 389. С. 53-59.

39. L a k s b e r g, E., R a t a s s e p p, J. Kee-
rukate skeemide modelleerimine elektronarvutitel // Side,
Raadio, Televisioon. 1975. Nr. 6. Lk. 13-17.

40. М а л ь ц е в Ю.П., Т о о м е т М.Э. Повторитель
с высоким входным и импедансом // Тр. Таллинск. политехн.
ин-та. 1975. № 389. С. 71-73.

41. М е й с т е р А.А. Оценка синфазной составляющей
сигнала электромагнитного преобразователя скорости // Сбор-
ник материалов III Таллиннского совещания по электромагнитным
расходамерам, 1975. С. 14-28.

42. Р а т а с с е п п Я.А., Т а м м е т Х.А. Расчет
на ЭЦВМ приведенных по входу шумовых параметров электронных
схем // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1975. № 389. С. 55-
-58.

43. Ш у л ь ц Э.А. Особенности использования теле-
визионных устройств в измерительных целях // Тр. Таллинск.
политехн. ин-та. 1975. № 389. С. 23-25.

44. Някой выпроси измерването на честотата по струк-
турните сватства / А.А. Ворцевский, С.В. Войнов, О.Э. Кан-
гур, В.З. Ляндрес // Сборник доклади на научната сесия
послучай деня на радиото. Т. 5. ВИСШ МЕИ. София: В.И. Ленин.
1975. С. 73-80.

45. А р р о И.О. Фазоманипулированные сигналы для па-
раллельных каналов // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1975.
№ 389. С. 19-22.

46. Х е й н р и х с е н В.Р., М а р т в е р к П.Э.,
Р у с м а н Л.С. Анализ фазо- и частотно-нечувствительных
алгоритмов оценки амплитуды гармонического сигнала // Тр.
Таллинск. политехн. ин-та. 1975. № 389. С. 9-13.

47. K a n g u r, O. Uuest sageduse mõõtmise meetodist //'
Side, Raadio, Televisioon. 1976. Nr. 8. Lk. 11-16.

48. К а н г у р О.Э., О т с А.А. Цифровое моделиро-
вание измерителей частоты структурно-корреляционного типа
// Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1975. № 389. С. 15-18.

49. К у й м е т Н.В.-Э., Т а м м е т Х.А. Оценка
уровня шума операционных усилителей // Тр. Таллинск. по-
литехн. инт-та. 1976. № 406. С. 9-13.

50. Kulman, A., Schults, E. Lülitirežiimis töötavad sagedusmuundurid // Side, Raadio, Televisioon. 1976. Nr. 4. Lk. 13-17.

51. Лаксберг Э.А. Программа частотного анализа линейных схем ПЧАЭС-3 // Радиозлектроника № 8. Известия вузов СССР. 1976. С. 121-122.

52. Лаксберг Э.А., Эсс В.А. О выборе варьируемых параметров при оптимизации электронных схем // Тр. Таллиннск. политехн. ин-та. 1976. № 406. С. 3-8.

53. Мальцев Ю.П., Мейстер А.А., Тоомет М.Э. Флуктуация сигнала и шум электромагнитного преобразователя расхода жидкости // Тр. Таллиннск. политехн. ин-та. 1975. № 389. С. 61-66.

54. Мальцев Ю.П., Мейстер А.А., Тоомет М.Э. О применении электромагнитных расходомеров для измерения диэлектрических жидкостей // Сборник материалов к УП Таллиннскому совещанию по ЭМР. 1976. С. 105-III.

55. Мальцев Ю.П., Мейстер А.А., Тоомет М.Э. Проблемы разработки электромагнитных расходомеров для диэлектрических жидкостей // Тр. Таллиннск. политехн. ин-та. 1975. № 389. С. 67-70.

56. Мальцев Ю.П., Тоомет М.Э. Повторитель с высоким входным импедансом // Тр. Таллиннск. политехн. ин-та. 1975. № 389. С. 71-74.

57. Мартверк П.Э. Вывод классов алгоритмов оценки амплитуды сигнала без оценки дополнительных параметров // Тр. Таллиннск. политехн. ин-та. 1975. № 389. С. 3-8.

58. Ратассепп Я.А. Согласование емкостного датчика с усилителем по отношению сигнал-шум // Тр. Таллиннск. политехн. ин-та. 1976. № 406. С. 15-17.

59. Ратассепп Я.А., Таммет Х.А. К вопросу оптимизации активных РС-фильтров по шумовым параметрам // Избирательные системы с обратной связью: Межвузовский науч. сб. Вып. III. Таганрог. 1976. С. 68-70.

60. S c h u l t s, E. Värvuse analüüsi uusi meetodeid televisioonis // Side, Raadio, Televisioon. 1976. Nr. 4. Lk. 8-13.

61. Таммет Х.А. О погрешности измерения эквивалентных источников шума // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1976. № 406. С. 19-21.

62. Борщевский А.И. Об одном методе синтеза безынерционных параметрических цепей // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1977. № 428. С. 7-14.

63. Гурьянов В.Г., Чубрик А.Б., Борщевский А.И. Об использовании интегральных множительных устройств в преобразователях частоты // Нелинейные искажения в приемно-усилительных устройствах: Сборник материалов I Всесоюзного симпозиума. 1977. С. 103-107.

64. Хейнрихсен В.Р., Белова И.С., Мартверк П.Э. Оптимизация параметров частотно-независимых алгоритмов оценки амплитуды // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1977. № 429. С. 15-20.

65. Об алгоритме определения упругих оболочек по эхосигналам / О.Э. Кангур, У.А. Коллом, А.Э. Отс, В.Р. Хейнрихсен // Тр. IX Всесоюзной акустической конференции. Секция О. 1977. С. 4-21.

66. Кангур О.Э., Отс А.Э. Оценка импульсной характеристики системы второго порядка // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1977. № 429. С. 43-46.

67. Коллом У.А., Мартверк П.Э. Точность оценки эффективного значения периодического сигнала // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1977. № 429. С. 3-8.

68. Мартверк П.Э. Вывод алгоритмов оценки эффективного значения периодического сигнала произвольной формой и периодом повторения // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1977. № 429. С. 21-25.

69. Мартверк П.Э., Хейнрихсен В.Р. Частотно-независимые алгоритмы оценки амплитуды гармонического сигнала // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1977. № 429. С. 9-13.

70. Мейстер А.А., Филиппов Г.А., Мальцев Ю.П. Об одной возможности корреляционного измерения скорости диэлектрических жидкостей // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1977. № 429. С. 55-59.

71. Ратассепп Я.А. Анализ шумов активных аналогов реактивных проводимостей // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1977. № 429. С. 27-30.

72. Ратассепп Я.А. Шумовые свойства активного трансформатора // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1977. № 429. С. 31-34.

73. Schults, E. Statistiline kodeerimine informatsiooni töötlemisel // Side, Raadio, Televisioon. 1979. Nr. 12. Lk. 12-15.

74. Шульц Э.А., Кульман А.Б., Саар В.Х. Методы подавления нелинейности в ключевом преобразователе частоты // Нелинейные искажения в приемно-усилительных устройствах: Материалы I Всесоюз. симпозиума. 1977. С. 10-37.

75. Шульц Э.А., Кульман А.Б., Чубрик А.Б. Влияние длительности фронта на параметры ключевого преобразователя частоты // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1977. № 429. С. 65-70.

76. Шульц Э.А., Кульман А.Б., Чубрик А.Б. Динамический диапазон ключевого преобразователя частоты // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1977. № 429. С. 61-64.

77. Сигорский В.П., Лаксберг А.Э. О расширении класса схем, моделируемых методом узловых напряжений // Автоматизация проектирования в электронике. Киев: Техника, 1977. № 16. С. 83-88.

78. Таммет Х.А. О методике измерения параметров макромодели интегральных усилителей // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1977. № 429. С. 35-38.

79. Таммет Х.А., Эйскоп И.Ю. Анализ метода измерения шумовых параметров усилителей с пилотсигналом // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1977. № 429. С. 39-42.

80. Арро И.О., Суллакатко Т.Ю. Об оценке параметров множества интерферирующих радиоимпульсов // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1978. № 452. С. 43-45.

81. Арро И.О., Суллакатко Т.Ю. Оптимальная обработка интерферирующих радиоимпульсов // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1978. № 452. С. 33-37.

82. Арро И.О., Суллакатко Т.Ю. Оценка параметров интерферирующих радиоимпульсов методом наименьших квадратов // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1978. № 452. С. 39-43.

83. Eiskor, I., Tammet, H. Pilootsignaalliga müramõõturid // Side, Raadio, Televisioon. 1978. Nr. 1. Lk. 21-26.

84. Эйскоп И.Ю., Таммет Х.А. Дисперсия при измерении среднеквадратичного значения напряжения шума // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1978. № 452. С. 15-18.

85. Heinrichsen, V. Signaalide analüüs ja süntees Walshi funktsioonide baasil // Side, Raadio, Televisioon. 1978. Nr. 4. Lk. 18-22.

86. Heinrichsen, V. Walshi signaalide kasutamine sideaparatuuris // Side, Raadio, Televisioon. 1978. Nr. 4. Lk. 15-18.

87. Хейнрихсен В.Р., Кангур О.Э., Мартверк П.Э. Оценка мощности периодического сигнала произвольного периода на фоне шумов // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1978. № 452. С. 3-8.

88. Кангур О.Э. Об оценке параметров, использующих структурные связи сигнала // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1978. № 452. С. 9-14.

89. Kangur O., Sloning P. Algorithmen zur Schaltungspartitionierung und Mobfehlererkennung // Preprints TU Dresden 09-07-78, 1978, 1-12.

90. Лаксберг Е.А. Анализ линейных схем при одновременном изменении параметров нескольких компонентов // Респ. межвед. научн.-техн. сборник. Теоретич. электроника. 1978. № 24. С. 140-145.

91. L a k s b e r g E. On the sensitivity analysis of linear active networks // Electronics Letters March 1978, vol. 14, N. 7. P. 221-223.

92. Р а т а с с е п п Я.А., Л а к с б е р г Э.А., Т а м м е т Х.А. Анализ шумовых параметров электронных схем // Инф. бюллетень. Алгоритмы и программы (ГФАП)ВНТИЦ. 1978. 54 с.

93. Т а м м е т Х.А. Схема измерения эквивалентного шумового напряжения биполярного транзистора // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1978. № 452. С. 19-22.

94. L a k s b e r g, E., R a t a s s e p p, J. Mõnningaid tendentse elektronseadmete projekteerimise automatiseerimises // Side, Raadio, Televisioon. 1979. Nr. 7. Lk. 14-18.

95. M e i s t e r A., K o r s e n V. Integrating digital electromagnetic flowmeter // Proceedings of Symposium on Flow Measurement and Control in Industry, paper 6b-5 November 1979. Tokio.

96. S c h u l t s, E. Suure tundlikkusega TV saatetorud // Side, Raadio, Televisioon. 1979. Nr. 6. Lk. 18-21.

97. A r r o I., K a n g u r O. Optimale Schätzung der Parameter sich überlagender Signale // 3. Symposium Maritime Elektronik. Rostock, 1980.

98. К а н г у р О.Э. Измерение параметров искажения эхо-импульсов от упругих объектов // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1979. № 475. С. 7-12.

99. К а н г у р О.Э., С л о в и т П. Локализация неисправностей в линейных аналоговых цепях // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1979. № 475. С. 17-24.

100. N i i n s a l u, U. Integraalseadmete mäluelementide kasutamise kujutise salvestamisel // Side, Raadio, Televisioon. 1980. Nr. 2. Lk. 13-15.

101. S c h u l t s, E. Impulsskommutatsioon TV saatetorudes // Side, Raadio, Televisioon. 1980. Nr. 1. Lk. 12-14.

102. S c h u l t s, E. Laengusidestusega seadised kujutiste fotoelektriliseks muundamiseks // Side, Raadio, Televisioon. 1980. Nr. 9. Lk. 18-19.

103. А р р о И.О. Линейные алгебраические уравнения в задачах декомпозиции сигнала // Тр. Таллиннск. политехн. ин-та. 1981. № 521. С. 3-8.

104. А р р о И.О. Цифровая инверсная фильтрация с зеркально-симметричным преобразованием // Тр. Таллиннск. политехн. ин-та. 1981. № 521. С. 9-12.

105. Б у д а р и н В.Н., Р я т с е п Ю.П., Т э е - в е т Дж.-Т.Э. Определение структуры статистических закономерностей методом кластеризации наблюдений // Электронная техника. Сер. 9. Экономика и системы управления. Вып. I (38). М., 1981. С. 45-49.

106. Л у м б е р г Т.И., С у л л а к а т к о Т.Ю. Применение теплицевых матриц при обработке перекрывающихся импульсов // Тр. Таллиннск. политехн. ин-та. 1981. № 521. С. 13-18.

107. М а л ь ц е в Ю.П. Передаточные функции конверторов импеданса со следящей обратной связью во входных цепях // Тр. Таллиннск. политехн. ин-та. 1981. № 521. С. 45-52.

108. М и х к е л ь с о о В.Т., Ш у л ь ц Э.А. Телевизионная цифровая регистрация спектрохронограмм // Тр. Таллиннск. политехн. ин-та. 1981. № 521. С. 25-31.

109. М о р о з о в С.В., Т р о ф и м е ц Т.Н., Ш у л ь ц Э.А. Запоминающие и инерционные свойства кадмикона // Тр. Таллиннск. политехн. ин-та. 1981. № 521. С. 33-38.

110. Н и й н с а л у У.А., П у н г а р Э.М. Моделирование алгоритмов предварительной обработки пространственно-временных сигналов // Тр. Таллиннск. политехн. ин-та. 1981. № 521. С. 19-24.

111. Р я т с е п Ю.П. Системное исследование влияния технологического микроклимата на качество интегральных микросхем // Тр. Таллиннск. политехн. ин-та. 1981. № 521. С. 53-58.

112. Т о о м е т М.Э. Анализ возможностей стабилизации коэффициента передачи электромагнитного преобразователя

расхода (ЭПР) в широком диапазоне проводимостей измеряемой жидкости (ИЖ) // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1981. № 521. С. 39-44.

II3. А р р о И.О. Автоматическое согласование выходного уровня приемника с динамическим диапазоном аналого-цифрового преобразователя // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1982. № 540. С. 11-16.

II4. А р р о И.О. Дискретизация полосового сигнала // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1982. № 540. С. 3-10.

115. Е i s k о р, I. Diskreetsed kajaseadmed // Side, Raadio, Televisioon. 1982. Nr. 3. Lk. 11-17.

II6. К о л л о м У.А. Потенциальная точность измерения параметров экспоненциального сигнала // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1982. № 540. С. 27-29.

II7. Л а к с б е р г Э.А. Совмещенный анализ чувствительностей, шумов и нелинейных искажений в частотной области // Известия вузов СССР. 1982. Т. XXV. С. 45 - 51.

II8. Л а к с б е р г Э.А., Э с с В.А. Структура и алгоритмы пакета прикладных программ анализа и оптимизации электронных схем "ПОИСК" // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1982. № 540. С. 31-38.

II9. Л у м б е р г Т.И., С у л л а к а т к о Т.Ю., О т с А.Э. Цифровая регистрация гидроакустических сигналов // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1982. № 540. С. 53-57.

I20. Р я т с е п Ю.П., Т э э в е т Дж.-Т.Э. Метод исследования технологического процесса производства интегральных микросхем, основанный на анализе кластеров состояний // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1982. № 540. С. 39-43.

I21. С м о л я н с к и й Л.Э. Сигнал с квадратурно-фазовой манипуляцией // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1982. № 540. С. 45-51.

I22. Л у м б е р г Т.И., С у л л а к а т к о Т.Ю. О наилучшем приближении к дискретному преобразованию Гильберта // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1982. № 540. С. 17-26.

123. A r r o I., K a n g u r O., L u m b e r g T. Adaptive Signalspeicherung // Maritime Elektronik. Nr. 4. Rostock, 1983.

124. Г е р а с и м ч у к В., М е й с т е р А. Интегрирующие цифровые электромагнитные расходомеры // Maritime Elektronik. Nr. 4. Rostock, 1983.

125. К р у м и н г Б.А., А н д р а А.Х. Экспериментальное исследование инерционных и запоминающих свойств передающих телевизионных трубок // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1984. № 582. С. 95-100.

126. Р я т с е п Ю. Влияние технологического микроклимата на качество изделий микронэлектроники // Электронная промышленность. 1983. № 2 (119). С. 76-79.

127. Ш у л ь ц Э.А., Н и й н с а л у У.А. и др. Телевизионная регистрация двумерных импульсных спектров // Тр. 14 Междунар. конф. по высокоскорост. фотогр. 1983. С. 22-36.

128. А н д р а А.Х., К р у м и н г Б.А. Экспериментальное исследование инерционных и запоминающих свойств передающих телевизионных трубок // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1984. № 582. С. 95-100.

129. A r r o, I. Digitaalse signaalitöötusega ionosond // Side, Raadio, Televisioon. 1984. Nr. 11. Lk. 9-14.

130. А р р о И.О. Формирование и оптимальная обработка квадратурно-фазоманипулированного сигнала // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1984. № 582. С. 3-6.

131. А р р о И.О. Инвариантные алгоритмы обнаружения сигнала // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1984. № 582. С. 7-16.

132. Б у д а р и н В.Н., Р я т с е п Ю.П., Т э э - в е т Дж.-Т.Э. Прогнозирование качества интегральных микросхем на основе кластеров состояний // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1984. № 582. С. III-III5.

133. Г е р а с и м ч у к В.А., М е й с т е р А.А. Адаптивный способ уменьшения погрешностей измерителя отно-

шения сигналов // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1984. № 582. С. 71-75.

134. G e r a s i m t š u k V., M e i s t e r A.
Meßfehler der Verhältnismessung von Wechselspannungen mit
langsam veränderlichen Amplituden // Messen Steuern, Regeln.
Berlin, 1984. N. 10, 451-453.

135. Хейнрихсен В.Р., Рооси А.Р. Авто-
матизированный измерительный комплекс на базе ЭВМ // Тр.
Таллинск. политехн. ин-та. 1984. № 582. С. 49-54.

136. Кангур О.Э. Идентификация нестационарных
линейных моделей // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1984.
№ 582. С. 77-83.

137. Лойтме О.К. Представление графической ин-
формации на цветном растровом дисплее. Обзор используе-
мых систем // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1984. № 582.
С. 63-70.

138. Лумберг Т.И. Программные средства графиче-
ского вывода цифровой информации // Тр. Таллинск. поли-
техн. ин-та. 1984. № 582. С. 55-62.

139. Лумберг Т.И., Хейнрихсен В.Р.
Моделирование накопления цифровых сигналов // Тр. Таллинск.
политехн. ин-та. 1984. № 582. С. 43-47.

140. Нийнсаллу У.А. Использование БПФ для корреляционной обработки // Тр. Таллинск. политехн. ин-та.
1984. № 582. С. 39-42.

141. Нийнсаллу У.А. Реализация поточного спек-
трального анализатора с помощью БПФ // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1984. № 582. С. 33-37.

142. Ратассепп Я.А., Герм Э.И. Амплитудное и фазовое преобразование квадратурных составляющих сигнала // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1984. № 582. С. 17-22.

143. S c h u l t s, E. Kujutiste registreerimine
footonite loendamise teel // Side, Raadio, Televisioon.
1984. Nr. 4. Lk. 12-14.

144. Сулакятко Т.Ю. Исследование детектора комплексной огибающей // Радиотехника. М., 1984. С. 38-40.

145. Сулакятко Т.Ю. Модели коротких радиоимпульсов, имеющие точное преобразование Гильберта // Тр. Таллиннск. политехн. ин-та. 1984. № 582. С. 23-32.

146. Вихманн Ф.А., Ермаков А.А. Вычисление порога обнаружителя в случае четырехпараметрического распределения // Тр. Таллиннск. политехн. ин-та. 1984. № 582. С. 105-110.

147. Арро И.О. Радиотехнические системы. Моделирование угломера с коническим сканированием. Таллинн: рстапринт ТПИ, 1985. 23 с.

148. Argo I., Kangur O., Lumberg T. Aufbau und Analyse eines Präprozessors zur Verarbeitung von Breitbandsignalen // Nachrichtentechnik Elektronik, Berlin, 1985, N. 1, 32-35.

149. Арро И.О., Ваннас В.В. Экспресс-обработка сигналов микроконтроллером "МОСТ" // Тр. Таллиннск. политехн. ин-та. 1986. № 615. С. 27-30.

150. Арро И.О. Принцип инвариантности и обнаружение сигнала // Тр. Таллиннск. политехн. ин-та. 1986. № 615. С. 7-10.

151. Герасимчук В.А. Фазовращатели с цифровым управлением // Тр. Таллиннск. политехн. ин-та. 1986. № 615. С. 73-81.

152. Герм Э.И., Нийнсалу У. А. Быстродействующий спектрально-корреляционный анализатор эхо-сигналов // Тр. Таллиннск. политехн. ин-та. 1986. № 615. С. 31-33.

153. Хейнрихсен В.Р. Специализированные цифровые устройства с гибкой архитектурой для экспресс-обработки сигналов в комплексах автоматизации научных исследований // Тр. Таллиннск. политехн. ин-та. 1986. № 615. С. 3-6.

154. L a k s b e r g E. Computational aspects of a nodal method for simulation of electronic circuits. Helsinki University of Technology, Department of Electrical Engineering Circuit Theory Laboratory CT-2, 1985. P. 1-38.

155. Л а к с б е р г Э.А., Н е л у с К.К., Э с с В.А. Диалоговая система моделирования электронных схем "ПОИСК" // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1986. № 615. С. 63-68.

156. L a k s b e r g, E., N e l u s, K., E s s, V. Raadioelektroonika. Elektronskeemide modelleerimise dialoogsüsteem "POISK" // Side, Raadio, Televisioon. 1985. Nr. 7. Lk. 15-19.

157. Л о й т м е О.К. Использование вращений при представлении результатов цифровой обработки на экране дисплея // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1986. № 615. С. 57-62.

158. Л о й т м е О.К. Использование цветного кодирования для отображения эхо-сигналов в темпе эксперимента // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1986. № 615. С. 51-55.

159. Л у м б е р г Т.И. Диалоговые средства управления экспериментом // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1986. № 615. С. 45-49.

160. Л у м б е р г Т.И. Хранение данных при моделировании цифровых устройств обработки сигналов // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1986. № 615. С. 39-44.

161. Н и й н с а л у У.А. Программное обеспечение микроЭВМ для цифровой обработки эхо-сигналов // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1986. № 615. С. 35-38.

162. О т с А.Э., Т р у м п Т.И. Микропроцессорный измеритель параметров гармонического сигнала // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1986. № 615. С. 69-71.

163. С м о л я н с к и й Л.Э. Системы восстановления несущей и тактовой синхронизации в приемнике МЧМ // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1986. № 615. С. 21-26.

164. С у л л а к а т к о Т.Ю. Оптимальный фильтр для выделения комплексной огибающей синхронными детекторами // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1986. № 615. С. 11-19.

165. S c h u l t s, E. TV kaamera laengsidestusega seadistel // Side, Raadio, Televisioon. 1985. Nr. 4. Lk. 12-14.

166. Ш у л ь ц Э.А. Телевизионная регистрация слабых импульсных оптических излучений // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1986. № 615. С.83-88.

167. Заболотни Р.А., Лаксберг Э.А. Алгоритм анализа схем на основе редукции узлов // Электронное моделирование. 1985. № 4. С. 8-12.

168. Арро И.О., Ратассепп Я.А. Радиотехнические системы, зондирующие радиолокационные сигналы и принцип неопределенности. Таллинн: ротап rint ТПИ, 1986. 40 с.

169. M e i s t e r A. Estimation of signal parameters from randomly sampled data // Maritime Elektronik. Rostock, 1986.

170. U m b o r g J., R o s o s i A. Didactic possibilities of AMS // IMEKO. Warsaw, 1986, 161-166.

171. L o i t m e, O. Värvimismudelid praktikas // Side, Raadio, Televisioon. 1987. Nr. 8. Lk. 13-18.

172. Кангур О.Э., Анимяги Т.Я., Борщевский А.И. Анализ процессов нагрузки и выявление неисправностей городских таксофонов // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1987. № 638. С. 99-105.

173. Кангур О.Э., Лумберг Т.И., Нийнсалу У.А. Аппаратно-программный комплекс обработки сигналов с помощью ЭВМ "Электроника-60". Тарту: Типография ТТУ, 1988. 3 с.

174. K a n g u r O., R a t a s s e p p J., R ä t s e p Ü. The Application of Isoquanta Method in Signal Processing. Tln.: ENSV TA kirjastus, 1988.

175. К р у м и н г Б.А. Расчет режима функционирования МЭЦС матричных фоточувствительных приборов с зарядовой связью // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1987. № 638. С. 94-98.

176. Л о й т м е О.К. Выбор цвета и его количества для представления результатов цифровой обработки на дисплее // Тр. Таллиннск. политехн. ин-та. 1987. № 638. С. 84-93.

177. Л о й т м е О.К. Отображение быстроизменяющейся информации с помощью модели закрашки // Тр. Таллиннск. политехн. ин-та. 1987. № 638. С. 74-83.

178. Л у м б е р г Т.И. Особенности длительного хранения информации в комплексах цифровой обработки сигналов // Тр. Таллиннск. политехн. ин-та. 1987. № 638. С. 63-67.

179. Л у м б е р г Т.И., Р о о с и А.Р. Базовое программное обеспечение комплекса обработки сигналов // Тарту: Типография ТГУ, 1988. С. 146-148.

180. М а д а р У.К. Программное автоматическое регулирование коэффициента усиления // Тр. Таллиннск. политехн. ин-та. 1987. № 638. С. 68-73.

181. М а д а р У.К., Т р у м п Т.И. Спектры Уолша радиотехнических сигналов // Тр. Таллиннск. политехн. ин-та. 1987. № 638. С. 12-16.

182. М а р т в е р к П.Э., Р а я А.И. Об оценке эффективного значения периодического сигнала // Тр. Таллиннск. политехн. ин-та. 1987. № 638. С. 17-23.

183. М е й с т е р А.А. Расчет и свойства авторегрессионной оценки спектральной плотности // Тр. Таллиннск. политехн. ин-та. 1987. № 638. С. 47-53.

184. А л л и к В.Л., М е й с т е р А.А. О применении адаптивной авторегрессионной модели // Тр. Таллиннск. политехн. ин-та. 1987. № 638. С. 54-62.

185. Н и й н с а л у У.А. Моделирование пространственной обработки сигналов // Тр. Таллиннск. политехн. ин-та. 1987. № 638. С. 7-11.

186. R ä t s e p Ü., T e e v e t I. Architecture of Isoquanta Models. Tln.: ENSV TA kirjastus, 1988. Lk. 23-57.

187. Р я т с е п Ю.П., Р а т а с с е п п Я.А. Классификация сигналов в реальном масштабе времени // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1987. № 638. С. 3-6.

188. А н д р а А.Х. Система контроля оптико-энергетических параметров телерегистратора // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1988. № 676. С. 9-12.

189. А р р о И.О. Обобщенный алгоритм сокращенного вычисления дискретного косинусного преобразования // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1988. № 676. С. 35-44.

190. А р р о И.О., Т р у м п Т.И. Сокращенное вычисление двумерного дискретного преобразования Фурье // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1988. № 676. С. 45-53.

191. Л о й т м е О.К. Вращение объектов вокруг x , y и z оси на экране дисплея // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1988. № 676. С. 25-30.

192. М а р т в е р к П.Э., Р а я А. И. Уменьшение аппаратурных погрешностей в периодонечувствительных оценивателях эффективного значения сигнала // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1988. № 676. С. 13-16.

193. М е й с т е р А.А. Методы спектрального анализа коротких реализаций сигналов // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1988. № 676. С. 17-24.

194. П у н г а р Э. Об обращении матриц методом ортогонализации на ЭВМ СМ-4 // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1988. № 676. С. 31-34.

195. Т р у м п Т.И. Анализ ошибок алгоритмов сокращенного вычисления дискретного преобразования Фурье для арифметики с фиксированной запятой // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1988. № 676. С. 54-63.

196. Ш у л ь ц Э.А. Твердотельный многоэлементный регистратор импульсного оптического излучения // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1988. № 676. С. 3-8.

197. В а й н у Я.Л. Экспериментальные результаты исследования прохождения радиоволн на частоте 100 МГц // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1989. № 687. С. 79-86.

V. Heinrichsen

Uurimissuund AX-05 "Signaalide parameetrite
mõõtemetodite ja -seadmete uurimine"

Kokkuvõte

Artikkel annab ülevaate raadiotehniliste signaalide mõõtmis-, muundamis- ja töötlemismeetodite ning -seadmete alastest uurimistöödest, mis on tehtud Tallinna Tehnika-ülikooli raadiotehnika kateedris ja signaalitöötamise laboratooriumis. On esitatud sellel teemal ilmunud põhiliste publikatsioonide loetelu.

V. Heinrichsen

Research Field AX-05 "Investigation of Methods and
Equipment for Signal Processing Systems"

Abstract

A review of the investigations in the area of methods and equipment for signal processing systems in radio engineering completed at the chair of radio engineering and signal processing laboratory of Tallinn Technical University is given. The list of main publications is added.

LASERITE KASUTAMINE INFOEDASTUS- JA MÕOTESÜSTEEMIDES

Laserkiirgus on monokromaatiline ja koherentne. See eripära avab laserite kasutamise mitmekesised ja laialdased võimalused, mille piirid määrab vaid teadurite fantaasia. Lasertehnika arenemistempo on väga kiire. Koos laseri kasutusala laiendamise kasvatav pidevalt ka instituutide ja ettevõtete hulk, kus selle temaatikaga tegeldakse.

1970. aastal algasid lasertehnika teadusuuringud ka Tallinna Tehnikaülikooli raadiotehnika kateedris dots. H. Hinrikuse initsiatiivil ja juhendamisel. Uuringute konkreetse temaatika määras kateedri spetsiifika: laserite kasutamine neis valdkondades, millega tegeleb klassikaline raadiotehnika - sides ja mõõtmistes. Üleminek optilisele laineriibale raadiotehnilise iseloomuga ülesannete lahendamisel annab rea eeliseid: infoedastusel suureneb ülekande kiirus ja ribalaius, suureneb kiirguse ruumiline suunitus, vähenevad vead mõõtesüsteemides. Mõne aastaga kujunes välja iseseisev uurimissuund.

Uurimissuuna sisuks on väikesegabariidiliste optiliste infoedastus- ja mõõtesüsteemide loomine ning sellega seotud probleemide uurimine.

Esimeseks probleemiks, mille püstitas TTÜ teadurite ette Sideministeerium, oli atmosfäärse laserside võimaluste uurimine meie kaugeltki mitte soodsates ilmastikutingimustes. Alustati laserkiire levi uurimist atmosfääris otsevaatluse piirides linna tingimustes (H. Hinrikus, V. Afanogenov, G. Tsõganov jt.). On olemas teooria, mis kirjeldab laserkiire levi puhtas turbulentses atmosfääris. Kui on teada atmosfääri struktuurikonstant, võib välja arvutada laserkiire parameetrid. Juhul kui atmosfäär sisaldab saas-

tavaid aerosoolseid lisandeid ja sidetrass on oma olemuselt tugevalt ebaühtlane, ei ole teoreetiliselt võimalik kiire parameetreid arvutada. Usaldusväärsed andmeid laserkiire levist sellistes tingimustes, nagu valitsevad linnas, võib saada siiani vaid eksperimentaalsetest uuringutest. Tallinnas organiseeriti mõõtetrass pikkusega 5,2 km TTÜ automaatikateaduskonna hoone ja Statistika Keskvalitsuse Endla tänava hoone vahel. Töötati välja ainulaadne mõõtmismeetod, mis põhines atmosfääri läbinud laserkiire intensiivsuse mõõtmisel kolmes punktis kas püst- või rõhtteljel. Mõõtetulemused töödeldi arvutil (J. Žukovets). Arvutati kiire intensiivsuse, lause ja ekslemise (kõrvalekalde) keskvaartused, dispersioonid, tõenäosustiheduse jaotused ja sagedusspektrid. Mõõtmised toimusid pikema aja vältel paralleelselt kahel lainepikkusel (0,63 ja 10,6 μm), kasutades heelium-neon- ja süsihappegaaslasereid [5, 9, 16, 17, 24]. Peamisteks mõõtejateks olid diplomandid A. Vihalem, T. Viitman, R. Bötcher jt. Eksperimentaalsete uuringute tulemused näitasid, et kiire fluktuatsioonid sõltuvad vähe lainepikkusest ja nende mõju atmosfäärses kanalis ei ole võimalik oluliselt vähendada. Mõõdeti ka laserkiirguse depolarisatsiooni levil atmosfääris [2]. Meteoroloogiliste andmete töötlemise tulemusena 10 aasta ulatuses määrati laserkiire sumbumine levil atmosfääris ja optilise side töökindlus Tallinnas (G. Tsõganov). 99 % töökindluse saavutamiseks 1-km pikkusel trassil osutus vajalikuks energeetiline varu 45 dB [30, 31, 32, 34].

Laserkiire ruumilised fluktuatsioonid (kiire läbimõõdu muutused ja ekslemine) mõjutavad vastuvõetava optilise signaali statistilisi omadusi. Alustati laserkiire ruumiliste fluktuatsioonide mõju uurimist ülekantava informatsiooni kvaliteedile (A. Taklaja ja A. Puro koos diplomandide H. Eljase ja T. Viitmaniga) [2, 41]. Hilisemate tööde tulemusena õnnestus saada ka analüütilised avaldised, mis kirjeldavad vastuvõetava optilise signaali tõenäosustiheduse jaotust laserkiire intensiivsuse ja ruumiliste parameetrite fluktuatsioonide puhul (A. Taklaja) [36, 39, 40, 49, 50, 63, 69, 76, 77, 79, 81].

Alates 1979. a. algas laserkiire levi uurimine otse-
nähtavuse vaatepiirist kaugemal (B. Zahharov jt.). Arvutu-
sed tenti esialgu ühekordse hajumise lähenduses. Eksperi-
mendi käigus määrati ka võimalik mitmekordse hajumise mõ-
ju [61, 62, 80, 88]. Eksperimentaalseteks uuringuteks ei
kasutatud enam linnasisesest trassi, vaid erineva pikkusega
looduslikke trasse (kuni 68 km) [57]. Uurimistulemused võib
kokku võtta järgmiselt:

- on välja töötatud originaalne mõõtmismeetod, mis võimaldab üheaegselt määrata kiire intensiivsuse ja ruumi-
liste parameetrite fluktuatsioonide, mõõdetud lainepikkustel
0,63 ja 10,6 μm ning määratud laserkiire levi omapära
linna (tööstusrajooni) tingimustes;

- määrati kiire ruumiliste fluktuatsioonide mõju op-
tilise signaali statistikale ning töötati välja vea tõe-
näosuse arvutusmeetod seda mõju arvestades;

- uuriti teoreetiliselt ja eksperimentaalselt atmos-
fääris hajunud optilise signaali energeetilisi ja ajalisi
parameetreid ning selle signaali kasutamist infoedastuseks.

Uurimiste tulemusena määrati tingimused optilise
saatja ja vastuvõtja apertuuride optimaalsetele mõõtmete-
le, mille puhul signaali fluktuatsioonide mõju on mini-
maalne. Optilise signaali fluktuatsioonide mõju vähenda-
miseks on välja töötatud ja autoritunnistusega kaitstud
originaalsed meetodid, mis võimaldavad multiplikatiivset
müra maha suruda kuni 30 dB [44, 45, 46, 47, 55, 56]. Nagu
raadiosüsteemides nii mängivad ka optilises laineastmikus
töötavates info- ja mõõtesüsteemides olulist osa apara-
tuursed mürad.

Koherentne laserkiirgus võimaldab saada väga puhast
signaali. Kvantelektroonika algaastail ilmunud teoreeti-
lised tööd tõestasid, et kvantelektroonsete seadmetega on
saavutatav minimaalne võimalik müraade nivoo. Lasersüsteemi-
de loomise praktikas aga ilmses, et tegelik müra neis üle-
tab teoreetilise piiri kümneid ja sadu kordi või isegi enam.
Määravaks muutus mitte laserkiirguse loomulik müra, vaid
mitmesuguste tegurite poolt tingitud tehniline müra ja kir-
guse fluktuatsioonid. Seoses sellega vaibus teatud perioo-
dil huvi müraade teooria ja arvutusmeetodite vastu. Müraade
probleem muutus väliskirjanduses uuesti huviobjektiks ka-

heksakümnnendate aastate algul seoses laialdase kiudoptika kasutuselevõetuga ja lasersüsteemide uue tehnilise kvaliteedi saavutamisega. Neis töödes on tähelepanu pööratud mitte enam mürade teoreetilistele aspektidele, vaid nn. liigmürale (tehnilisele mürale ja fluktuatsioonidele) ning selle vähendamise võimalustele.

1970. aastast alustati ka mürade uurimist kvantdiapasoonis ja lasersüsteemides. Selle töö esimesed tulemused vastuvõtjate müraparametritest kvantdiapasoonis esitati juba 1970. a. Kiievis II üleliidulisel konverentsil "Laserkiirgusega infoedastuse füüsikalised alused" (H. Hinrikus). Järgnesid laserkiirguse fluktuatsioonide eksperimentaalsed uuringud heelium-neoon- ja süsihappegaaslasertel (A. Taklaja) ning laserkiirguse liigmüra mõõtmismetoodika väljatöötlus (H. Hinrikus, üliõpilane R. Astrik) [3, 7, 8, 13, 14, 21, 43]. Tegeldi ka fotovastuvõtjate mürade uuringutega samades laineastmikes.

Tollal oli ja on siiani ülimalt aktuaalne probleem toatemperatuuril töötavate kiiretoimeliste fotovastuvõtjate loomine lainepikkusel 10,6 μm . 1968. a. ilmus välismaises ajakirjanduses teateid A. Javani (MIT USA) poolt pakutud MOM-(metall-oksüüd-metall) struktuuril töötavast detektorist, mis on kiiretoimeline ja võib töötada laias spektraalses laineribas. 1972. a. alustati MOM-struktuuril töötava punkt-detektori kui 10,6 μm lainepikkusel toatemperatuuril töötava vastuvõtja uurimist ka meil (H. Hinrikus, aspirant T. Soonurm, diplomand R. Astrik, ins. V. Afinogenov). Määrati MOM-detektori mittelineaarsed ja antenniomadused ning selle tundlikkus vastuvõtul 10,6 μm lainepikkuse diapasoonis [4, 6, 11, 18, 19, 20, 29, 33], samuti tingimused selle optimaalsele konstruktsioonile. Need tööd tehti Leningradis asuva S.I. Vavilovi nim. Riikliku Optikainstituudi tellimisel. Tellijale anti üle fotovastuvõtja makett. Kahjuks ei võimaldanud kaasaegse tehnoloogia tase saavutada MOM-detektori planaarse struktuuri valmistamiseks vajalikku täpsust, mistõttu need tootmisse ei läinud.

1970. aastate lõpus pakuti uurimisrühma (B. Zahharov, H. Hinrikus jt.) poolt välja uus võimalus laserkiirguse detekteerimiseks, kasutades laseri enda mittelineaarseid

omadusi. See meetod võimaldab vastuvõttu ka lainepikkusel 10,6 μm . Tehniliselt lihtne fotodetekterimisviis on eriti perspektiivne sagedus- ja faasmodulatsiooniga süsteemides. Selle vastuvõtumooduse võimaluste väljaselgitamiseks kestavad teoreetilised ja eksperimentaalsed uuringud [58, 72, 73, 74, 85, 86, 91, 92].

Rööbiti laserite eksperimentaalsete mürauringutega ja tundliku fotovastuvõtu võimaluste tundmaõppimisega arenes ka müra teooria kvantdiapasoonis (H. Hinrikus) [1, 8, 10, 12, 15, 42, 59, 60, 67, 71, 87]. Nii tuletati valemid müra arvutamiseks lasersüsteemide optilises traktis, mis arvestasid kõiki nende koostises olevate elementide mürakomponente: multiplikatiivset, aditiivset ja muundusmüra. Saadud avaldised võimaldasid lasersüsteemide optilise trakti müra kvalitatiivselt hinnangult üle minna nende kvantitatiivsele analüüsile.

Põhilised saavutused neis uuringutes on järgmised:

- määrati kvasilineaarsete optilise neliklemmi füüsikalise ekvivalendi teoreetilise analüüsi baasil optilise neliklemmi müraparametrid, arvestades nii aditiivset, multiplikatiivset kui ka muundusmüra;

- tuletati valemid müra liitmiseks ja reast kvasilineaarsetest elementidest koosneva optilise trakti müra arvutamiseks, arvestades kõiki müra komponente;

- töötati välja laserite liigmüra mõõtmismetoodika, kus kasutatakse laserkiirguse ja soojuskiirguse võrdlust;

- valmistati metall-oksüd-metall struktuuril töötava uut tüüpi infrapunase kiirguse detektori makett, mille müra analüüs näitas, et seda tüüpi detektor ületab tundlikkuselt teised toatemperatuuril samal lainepikkusel töötavad fototundlikud elemendid;

- töötati välja ja on autoritunnistusega kaitstud uus optilise kiirguse vastuvõtu meetod, milles kasutatakse elektromagnetiliste lainete vastastikust mõju laseri mitelineaarsetes aktiivses keskkonnas. Tehniliselt lihtsalt realiseeritav meetod on eriti perspektiivne kasutamiseks Doppleri nihkel töötavates süsteemides.

TTÜ-s tehtud tööde publikatsioonid optiliste neliklemmide müraparametrite ja kvasilineaarsete optiliste müra arvutusmeetodite valdkonnas ennetasid ajaliselt vä-

lisautorite töid. Saadud teoreetiliste tulemuste alusel koostatud valemid ja algoritmid võimaldavad analüüsida ja optimeerida paljuelemeendiliste optiliste traktide parameetreid. Tulemusi saab kasutada nii lahtisel optilisel kiirel kui ka kiudoptikal töötavas kanalis.

Lasersüsteemide optilise trakti kvaliteeti määravate tegurite igakülgne uurimine võimaldas teadusuuringute kõrval arendada ka tegelike lasersüsteemide valmistamist ning parendada nende omadusi [23, 41, 46]. TTÜ-s valmistatud esimeses lasersüsteemis oli kasutusel heelium-neon-gaaslaser [32, 34, 68]. Seda süsteemi demonstreeriti vabariiklikul näitusel 1974. a., kus kanti üle värvi-TV signaali (P. Uusmaa jt.). Selle valmistamise ja katseekspluatatsiooni käigus osalesid aktiivselt õhtuse osakonna üliõpilased J. Malsub, R. Torn, T. Sõmera jt. Süsteem läbis katseekspluatatsiooni ENSV Sideministeeriumi Info- ja Arvutuskeskuse hoonete vahel (Kaera ja Mulla t.). Kanti üle nii telefonikanalitest kui ka arvutitest tulevat informatsiooni.

Alates 1974. a. juhendas lasersüsteemide valmistamise ja kasutamise valdkonna töid vanemteadur tehnikakandidaat B. Zahharov. Esimesed suuremõõtmelised gaaslaseritel töötavad süsteemid asendati pooljuhtlaseritel töötavate väikesemõõtmeliste süsteemidega [25-28, 35, 38]. Ühena esimestest saavutustest võiks nimetada pooljuhtlaseril töötava arvutitevahelise infovahetussüsteemi väljatöötlust ja selle katsetamist Statistika Keskvalitsuse arvutuskeskuse ja ENSV Plaanikomitee vahel. Lihtne polarisatsiooni impulssmodulatsioon (PIM) või intensiivsuse impulssmodulatsioon (IM) asendus sagedus-impulssmodulatsiooniga (SIM) või faasvaheimpulssmodulatsiooniga (FVM), millel on suurem häirekindlus. Neis töodes osalesid J. Lapimaa, P. Uusmaa, U. Kruusell, A. Taklaja, K. Meigas, T. Kink jt. Põhilised andmed TTÜ-s väljatöötatud infoedastuseks määratud lasersüsteemide kohta on toodud tabelis 1.

TTÜ-st pärinevad lasersüsteemid on leidnud laialdast tunnustust. Lasersidesüsteemid on autasustatud NSV Liidu Rahvamajandussaavutuste Näituse hõbe- ja kahe pronksmedaliga (1980. a. ja 1986. a.). Rahvusvahelisel näitusel eksponeeriti lasersidesüsteemi esmakordselt 1976. a. Milanos.

Tabel 1

Tüü tootlused atmosfäärsete infoedastussüsteemide valdkonnas

Aasta	Kasutus	Laseri tüüp	Lainepikkus	Modulatsioonivärs	Trasipikkus km	Kanalite arv	Ribalaius kHz	Infoedastuse kiirus	Vea tõenäosus	Katseekspluatatsioon
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1974	Diskreetsesignaali ülekanne kompleksis aparatuuriga IKM-20	He-Ne	0,63	PIM	5	1	5000	5 Mbit	10 ⁻⁶	ENSV Sideminiستيرiumi AIK; L=1,2 km
1975	Analoogsignaali ülekanne	GaAs	0,89	Lainusimpulss ja SIM	2	2	0,03-1,5	6		
1976	Teletäbi signaali ülekanne	GaAs	0,89	IM	2	1	10	10 kbit	10 ⁻⁶	
1978	Arvutitevaheline infovahetus	GaAs	0,89	IM	5	2	I 140 II 0,1-4	125 kbit	10 ⁻⁶	SKV ja Plaanikomitee vahel; L=0,8 km
1978	Diskreetsesignaali ülekanne	GaAs	0,89	IM	6,4	2	I 200 II 0,1-4	200 kbit	10 ⁻⁶	
1979	Infovahetus miniarvuti D-15 ja terminali vahel	GaAs	0,89	IM	2,5	1	40	40 kbit	10 ⁻⁶	Tehas "Salvo" ja Kohaliku Toostuse Ministerium; L=1 km

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1980	Pool- dupleksne süsteem	Valgus- diod AL 107 ühildatud regiim		SIM	1	2		5 kbit	10 ⁻⁶	Valiskat- setused
1980	Arvutite- vaheline info- vahetus	AL 106		SIM	1	2	I 200	200 kbit	10 ⁻⁶	Üheliidu- line Juh- timis- probleemide rühm
1981	Telefoni- signaali ulekanne	Nd	1,06	IM	68 32 üle magede	1	50	5 kbit		Valiskat- setused
1984	Diskreetsed signaali ulekanne komplektis aparatuuriga H 305	GaAs	0,89	SIM	5	3	I 1000 II 300 III 0,1-4	10 Mbit 300 kbit	10 ⁻⁶	
1984	Arvutite- vaheline info- vahetus	GaAs	0,89	FVM	2	2	I 8000 II 0,2-3,5	16 x 160 kbit	10 ⁻⁶	
1985	Arvutite- vaheline info- vahetus	GaAs	0,89	FVM	5	2	I 8000 II 0,2-3,5	30 x 160 kbit	10 ⁻⁶	

Meie lasersidesüsteem osales ka NSV Liidu Rahvusnäitusel USA-s (Los Angeles, 1977). Hiljem on lasersidesüsteeme tutvustatud veel Prantsusmaal, Kuubas, Saksamaa Liitvabariigis, Soomes ja mujal, kokku 12 välisriigis.

Peale optiliste infoedastussüsteemide on uurimirühmas välja töötatud ka laserimpulss-kaugusmõõtur-retsirkulaator, mille mõõtetäpsus on lähedane laserfaaskaugusmõõturi omale (B. Zahharov) [26, 35, 64]. Kaugusmõõtur on auhinnatud Rahvamajandussaavutuste Näituse pronksmedaliga. See kaugusmõõtur oli ka B. Zahharovi kandidaaditöö sisuks, mis sai edukalt kaitstud Moskvast (1984).

Teine uurimirühmas valminud kandidaaditöö on A. Taklaja väitekirj atmosfääri läbinud optiliste signaalide statistiliste omaduste kohta. Töö kaitsti 1986. a. Leningradis.

Uurimissuuna raames tehtud tööde põhjal on avaldatud mürade kirjeldamise, arvutuse ja analüüsi meetodeid ning eksperimentaalset uurimist lasersüsteemide optilises traktis käsitlev raamat [1].

1987. a. novembris organiseeriti Tallinnas uurimisgrupi initsiatiivil koostöös NSVL TA probleemnõukoguga "Koherentne ja mittelineaarne optika" ja Leningradi Elektrotehnikainstituudiga III üleliiduline konverents "Laserite kasutamine tehnoloogias ja infoedastuse ning töötamise seadmetes". Konverentsil osales üle 300 teadlase NSV Liidu eri keskustest. Esindatud oli 9 liiduvabariiki ja 47 linna.

1989. a. veebruaris kaitses suunajuhendaja, selle artikli autor, doktoritöö Moskvast NSVL TA Raadiotehnika ja Elektroonika Instituudi nõukogus teemal "Mürade arvutusmeetodid ja eksperimentaalne uurimine informatsiooniliste ja mõõtetarbeliste lasersüsteemide optilises traktis".

Praeguste informatsiooniliste lasersüsteemide tase jääb seni maha nende füüsikalistest võimalustest. Lasersüsteemide täiustamise probleem jääb aktuaalseks ja nõuab uusi, võib-olla täiesti ootamatuid lahendusi. Tööd selles valdkonnas jätkuvad ka Tallinna Tehnikaülikoolis.

1. Х и н р и к у с Х.В. Шумы в лазерных информационных системах. М.: Радио и связь, 1987. 108 с.
2. Х и н р и к у с Х.В., А ф и н о г е н о в В.Н. Деполяризация лазерного излучения в оптическом канале // Изв. вузов СССР. Радиоэлектроника. 1972. Т. 15. № 12. С. 1501-1506.
3. Х и н р и к у с Х.В., Т а к л а я А.А. Сравнительное исследование статистических свойств газового лазера // Тез. докл. III Всесоюзн. конф. по физическим основам передачи информации лазерным излучением. Киев, 3-5 октября 1973 г. Киев, 1973. С. 74.
4. Х и н р и к у с Х.В., А ф и н о г е н о в В.Н., С о о н у р м Т.Э. Нелинейные и пространственные свойства точечных МОМ структур // Тез. докл. III Всесоюзн. конф. по физическим основам передачи информации лазерным излучением. Киев, 3-5 октября 1973 г. Киев, 1973. С. 27.
5. Х и н р и к у с Х.В., П у р о А.Э. Исследование атмосферной трассы оптической линии связи // Использование ОКГ в современной науке и технике. ЛДНТП. Ленинград, 1973. С. 48-49.
6. А ф и н о г е н о в В.Н., Х и н р и к у с Х.В., С о о н у р м Т.Э. Исследование детектора лазерного излучения на структуре МОМ // Использование ОКГ в современной науке и технике. ЛДНТП. Ленинград, 1973. С. 62-63.
7. Т а к л а я А.А., Х и н р и к у с Х.В. Исследование спектральных и шумовых характеристик излучения лазера на CO_2 // Использование ОКГ в современной науке и технике. ЛДНТП. Ленинград, 1973. С. 64-65.
8. Х и н р и к у с Х.В. Коэффициент шума приемных устройств в квантовой области // Изв. вузов СССР. Радиоэлектроника. 1974. Т. 17. № 3. С. 12-17.
9. Х и н р и к у с Х.В., П у р о А.Э., Цыганов Г.Е. Исследование параметров излучения ОКГ при распространении в турбулентной атмосфере // Изв. вузов СССР. Радиоэлектроника. 1974. Т. 17. № 8. С. 110-112.

10. Х и н р и к у с Х.В. Коэффициент шума фотоприемников в режиме прямого детектирования // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1974. № 358. С. 41-47.

11. Х и н р и к у с Х.В. А ф и н о г е н о в В.Н., С о о н у р м Т.Э. Исследование МОМ детектора // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1974. № 358. С. 53-59.

12. Х и н р и к у с Х.В. Шумовые параметры линейных фотоприемников // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1974. № 358. С. 35-40.

13. Х и н р и к у с Х.В. Статистические параметры источников оптических сигналов // Тез. докл. I Всесоюз. конф. по фотометрическим измерениям и их метрологическому обеспечению. Москва, 28 января - I февраля 1974. М., 1974. С. 190.

14. Х и н р и к у с Х.В., Т а к л а я А.А. Исследование спектра флуктуаций излучения газового лазера // Тез. докл. I Всесоюз. конф. по фотометрическим измерениям и их метрологическому обеспечению. Москва, 28 января-I февраля 1974 г. М., 1974. С. 189.

15. Х и н р и к у с Х.В. Шумы фотодетектирования излучения неидеального ОКГ // Изв. вузов СССР. Радиофизика. 1975. Т. 18. № 10. С. 1438-1441.

16. В и х а л е м Э.В., Х и н р и к у с Х.В., Т а к л а я А.А. Исследование атмосферных флуктуаций лазерного излучения на волнах 0,63 и 10,6 мкм // Квантовая электроника. 1975. Т. 2. № 9. С. 1910-1914.

17. Б ё т х е р Э., В и й т м а н Т.О., Х и н р и к у с Х.В. Экспериментальное исследование флуктуаций лазерного луча на атмосферной трассе // Квантовая электроника. 1975. Т. 2. № 9. С. 1978-1984.

18. Х и н р и к у с Х.В., С о о н у р м Т.Э. Антенны свойства МОМ детектора // Радиотехника и электроника, 1975. Т. 20. № 10. С. 2219-2220.

19. Х и н р и к у с Х.В., С о о н у р м Т.Э. Оценка чувствительности МОМ детектора // Радиотехника и электроника. 1975. Т. 20. № 10. С. 2220-2222.

20. Астрик Р.В., Соонурм Т.Э., Хинрикус Х.В. Шумы МОМ диода // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1975. № 389. С. 33-36.

21. Хинрикус Х.В., Астрик Р.В. Метод измерения шумов излучения ОКГ // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1975. № 389. С. 37-39.

22. Таклая А.А., Хинрикус Х.В. Распределение вероятности флуктуаций интенсивности в оптическом атмосферном связанном канале // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1975. № 389. С. 27-31.

23. Хинрикус Х.В. Лазерные информационно-измерительные системы в народном хозяйстве // Тез. докл. Всесоюз. науч. сессии, посвященной 80-летию изобретения радио. Москва 3-5 июня 1975 г. М., 1975.

24. Хинрикус Х.В., Вийтман Т.О., Бётхер Р.Э. Метод комплексного измерения параметров прошедшего через атмосферу лазерного луча // Тез. докл. III Всесоюз. симп. по распространению лазерного излучения в атмосфере. Томск, 19-21 августа 1975 г. Томск, 1975. С. 226-227.

25. Захаров Б.В., Хинрикус Х.В. Метод измерения спектров атмосферных газов с помощью полупроводникового лазера // Тез. докл. III Всесоюз. симп. по распространению лазерного излучения в атмосфере. Томск, 19-21 августа 1975 г. Томск, 1975. С. 245-246.

26. Григорьев Ю.Ю., Захаров Б.В., Хинрикус Х.В. Зондирование турбулентной атмосферы с помощью электрооптического рециркулятора // Тез. докл. III Всесоюз. симп. по распространению лазерного излучения в атмосфере. Томск, 19-21 августа 1975 г. Томск, 1975. С. 228-229.

27. Захаров Б.В., Лапимаа Ю.Ю., Хинрикус Х.В. Оптическая линия связи на полупроводниковом лазере // Тез. докл. Республиканск. конф., посвященной 80-летию со дня изобретения радио А.С. Поповым. Таллинн, 1975. С. 34.

28. Захаров Б.В., Хинрикус Х.В. Зондирование атмосферы с помощью полупроводниковых лазеров // Тез. докл. Республиканск. конф., посвященной 80-летию со дня изобретения радио А.С. Поповым. Таллинн, 1975. С. 35.

29. Астрик Р.В., Соонурм Т.Э., Хинрикус Х.В. Гетеродинирование инфракрасного излучения на МОМ диоде // Тез. докл. Республиканск. конф., посвященной 80-летию со дня изобретения радио А.С. Поповым. Таллинн, 1975. С. 36-37.

30. Хинрикус Х.В. Применение атмосферных лазерных информационно-измерительных систем // Тез. докл. Республиканск. конф., посвященной 80-летию со дня изобретения радио А.С. Поповым. Таллинн, 1975. С. 38-39.

31. Хинрикус Х.В., Уусмаа П.А., Мальсуб Ю.Э. Лазерная система передачи дискретной информации через атмосферу // Использование ОКГ в современной технике: Материалы конференции. Л., 1975. С. 51-55.

32. Сымера Т.П., Уусмаа П.А., Хинрикус Х.В., Мальсуб Ю.Э. Вероятность ошибки в атмосферной лазерной линии связи // Квантовая электроника. 1976. Т. 3. № 7. С. 1403-1411.

33. Астрик Р.В., Соонурм Т.Э., Хинрикус Х.В. Предельная чувствительность МОМ детектора // Квантовая электроника. 1976. Т. 3. № 6. С. 1233-1238.

34. Линия оптической связи на волне 0,63 мкм / Ю.Э. Мальсуб, Т.П. Сымера, П.А. Уусмаа, Р.Я. Сювала, Х.В. Хинрикус // Электросвязь. 1977. № 2. С. 26-29.

35. Захаров Б.В., Польша Э.П., Хинрикус Х.В. Использование ПКГ для зондирования газового состава атмосферы // Тез. докл. IУ Всесоюзн. симп. по распространению лазерного излучения в атмосфере. Томск, 1977. С. 41-43.

36. Таклая А.А. Флуктуации интенсивности при блуждании лазерного пучка // Квантовая электроника. 1977. Т. 4. № 4. С. 916-919.

37. Захаров Б.В., Лапимаа Ю.Ю. Двухканальная протативная система связи на полупроводниковом ла-

зере // Использование ОКГ в современной технике. Материалы конференции. Ленинград, 1977. С. 49-50.

38. Захаров Б.В., Лапимаа Ю.Ю., Хинрикус Х.В. Система связи на полупроводниковом лазере для передачи телетайпного сигнала // Там же. С. 51-52.

39. Таклая А.А. Вероятность ошибки при блуждании лазерного пучка в турбулентной атмосфере // Там же. С. 53-56.

40. Таклая А.А. Блуждающий пучок в турбулентной атмосфере // Квантовая электроника. 1978. Т. 5. № 1. С. 152-157.

41. Хинрикус Х.В. Пути повышения помехоустойчивости лазерных атмосферных систем связи // Применение лазеров в системах преобразования, передачи и обработки информации: Материалы семинара. Ленинград, 1978. С. 15-18.

42. Хинрикус Х.В. Измерение коэффициента шума фотоприемников // Тез. докл. III Всесоюзн. конф. по фотометрии и ее метрологическому обеспечению. Москва 2-6 декабря 1979. г. М., 1979. С. 373.

43. Хинрикус Х.В. Методика измерения шумов лазера // Тез. докл. III Всесоюзн. конф. по фотометрии и ее метрологическому обеспечению. Москва 2-6 декабря 1979 г. М., 1979. С. 295.

44. Хинрикус Х.В. Расчет систем квантовой электроники с учетом избыточных шумов // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1980. № 492. С. 3-14.

45. Методы повышения эффективности атмосферных лазерных систем связи / Б.В. Захаров, Ю.Ю. Лапимаа, П.А. Уусмаа, Х.В. Хинрикус // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1980. № 492. С. 15-28.

46. Захаров Б.В., Хинрикус Х.В. Возможности уменьшения ошибок в атмосферных лазерных системах // Тез. докл. Всесоюзн. конф. по применению лазеров в науке и технике. Ленинград, январь, 1981 г. Л., 1980. С. 41-42.

47. Мейгас К.Б., Уусмаа П.А. Измерение вероятности ошибки при передаче данных в системе связи на по-

лупроводниковом лазере // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1980. № 492. С. 29-33.

48. Лапимая Ю.Ю. Служебный канал лазерной системы связи // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1980. № 492. С. 35-40.

49. Таклая А.А. Коэффициент полезного действия направляющей-собирающей системы // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1980. № 492. С. 41-44.

50. Таклая А.А. Зависимость ширины пучка у приемника от радиуса и фокусного расстояния передающего объектива // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1980. № 492. С. 45-47.

51. Польша Э.П. Работа полупроводникового лазера в режиме перестройки длины волны излучения // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1980. № 492. С. 49-53.

52. Польша Э.П. Некоторые результаты зондирования атмосферы с помощью полупроводникового лазера // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1980. № 492. С. 55-65.

53. Захаров Б.В., Григорьев Ю.Ю. Метод определения расстояний на принципе совмещения импульсов на фотокатоде ФЭУ // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1980. № 492. С. 67-74.

54. Григорьев Ю.Ю. Временная нестабильность прохождения импульсного сигнала в системе связи на полупроводниковом лазере // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1980. № 492. С. 75-81.

55. Захаров Б.В., Хинрикус Х.В. Уменьшение ошибки в атмосферных лазерных системах // Квантовая электроника. 1981. Т. 8. С. 1708-1714.

56. Захаров Б.В., Хинрикус Х.В. Лазерные системы обмена информацией между ЭВМ // Применение лазеров в системах передачи, преобразования и обработки информации. Материалы семинара. Л., 1981. С. 8-10.

57. Экспериментальная лазерная линия связи с атмосферным каналом рассеяния / И.В. Абрамова, А.Б. Дрёмин, Б.В. Захаров, О.Н. Пелевин, Н.А. Самолетова, Х.В. Хинрикус // Техника средств связи. Сер. Общетеchnическая. 1982. Вып. 4 (16). С. 56-61.

58. Захаров Б.В., Хинрикус Х.В. Гетеродинный метод измерения вибраций // Тез. докл. Республик. науч.-техн. конф. "Проблемы создания и применения в народном хозяйстве лазерной и оптико-электронной техники". Минск, 1982. Ч. II. С. 8.

59. Хинрикус Х.В. Шумы четырехполосников оптического диапазона // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1983. № 564. С. 3-8.

60. Хинрикус Х.В. Физический предел возможностей информационных и измерительных систем // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1983. № 564. С. 9-12.

61. Захаров Б.В., Хинрикус Х.В. Оценка параметров, рассеянных в атмосфере оптических сигналов // Тез. докл. VII Всесоюзн. симп. по распространению лазерного излучения в атмосфере. Томск, 1983. С. 44-46.

62. Захаров Б.В., Эсс В.А. Прием рассеянного излучения в условиях открытой атмосферы // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1983. № 564. С. 13-21.

63. Таклая А.А. Оценка роли флуктуаций, вызванных блужданием гауссового лазерного пучка в турбулентной атмосфере // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1983. № 564. С. 37-40.

64. Захаров Б.В. Расчет стабильности генерации светодаальномера с обратной связью // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1983. № 564. С. 41-48.

65. Таклая А.А. Выбор вида подмодуляции в оптической атмосферной линии связи // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1983. № 564. С. 55-58.

66. Круселль У.У. Активный ретранслятор оптической линии связи // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1983. № 564. С. 59-66.

67. Хинрикус Х.В. Исследование шумов в оптическом тракте лазерных систем // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1985. № 615. С. 89-100.

68. Система лазерной связи / Х.В. Хинрикус, П.А. Уусмаа, Ю.Э. Мальсуб, Р.Ю. Торн // Материалы науч. техн. конф., посвященной Дню радио. Таллинн, 1974. С. 8.

69. Таклая А.А. Расчет мультипликативных помех в атмосферных оптических системах связи // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1986. № 615. С. 101-111.

70. Захаров Б.В., Ключин Е.Б., Надолинец Л.Д. Импульсный светодальномер-рециркулятор // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1986. № 615. С. 113-119.

71. Хинрикус Х.В. Шумы когерентного фотодетектирования частично некогерентного излучения // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1987. № 639. С. 3-8.

72. Мейгас К.Б., Захаров Б.В., Хинрикус Х.В. Шумы фотодетектирования при непрерывном совмещенном режиме работы лазера // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1987. № 639. С. 9-14.

73. Захаров Б.В., Мейгас К.Б., Хинрикус Х.В. Когерентное фотодетектирование при совмещенном режиме работы лазера // Тез. III Всесоюз. конф. по применению лазеров в технологии и системах передачи и обработки информации. Таллинн, 11-13 ноября 1987 г. Т. 3. Таллинн, 1987. С. 17.

74. Захаров Б.В., Мейгас К.Б., Хинрикус Х.В. Применение совмещенного режима работы лазера для измерения спектра его излучения // Тез. III Всесоюз. конф. по применению лазеров в технологии и системах передачи и обработки информации. Таллинн, 11-13 ноября 1987 г. Т. 3. Таллинн, 1987. С. 18.

75. Захаров Б.В. Сравнительная оценка фотоприемников на основе внешнего и внутреннего фотоэффекта // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1987. № 639. С. 15-20.

76. Таклая А.А. Формальное описание случайного распределения интенсивности в сечении лазерного пучка // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1987. № 639. С. 21-25.

77. Таклая А.А. Законы распределения замираний оптического сигнала в турбулентной атмосфере // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1987. № 639. С. 51-55.

78. Крусель У.У. Критерии выбора полосы пропускания фотоприемника для импульсного лазерного рециркуляционного дальномера // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1987. № 639. С. 56-60.

79. Такляя А.А. О законах распределения замираний лазерного излучения в турбулентной атмосфере // Тез. III Всесоюзн. конф. "Применение лазеров в технологии и системах передачи и обработки информации". Таллинн, 1972. Ч. IV. С. 14-15.

80. Захаров Б.В., Кузян О.И., Кириловский О.Б. Экспериментальные исследования поляризационной структуры поля яркости вне геометрической зоны распространения узкого луча света // Там же. Ч. IV. С. 70.

81. Такляя А.А. Способ описания случайного распределения интенсивности в сечении лазерного пучка // Там же. Ч. III. С. 24.

82. Захаров Б.В., Крусель У.У. Минимизация ошибок в лазерном рециркуляционном дальномере // Там же. Ч. III. С. 25.

83. Крусель У.У. Прием и детектирование фазоманипулированного сигнала атмосферных лазерных линий связи // Там же. Ч. III. С. 26.

84. H i n r i k u s, H. Kvantelektroonsed info- ja mõõtesüsteemid // Tallinna Polütehnilise Instituudi Toimetised. 1988. Nr. 678. Lk. 4-15.

85. Исследования газового лазера в совмещенном режиме / Б.В. Захаров, Т.А. Кинк, К.Б. Мейгас, Х.В. Хинрикус // Тр. Таллиннск. политехн. ин-та. 1989. № 687. С. 3-8.

86. Мейгас К.Б. Измерение спектра лазерного излучения методом оптического гетеродинирования // Тр. Таллиннск. политехн. ин-та. 1989. № 687. С. 9-17.

87. Хинрикус Х.В. Расчет шумов устройств фотодетектирования с применением газовых лазеров // Тр. Таллиннск. политехн. ин-та. 1989. № 687. С. 18-23.

88. Захаров Б.В., Кузян О.И. Учет двухкратного рассеяния при бистатической локации атмосферы // Тр. Таллиннск. политехн. ин-та. 1989. № 687. С. 24-29.

89. К р у с е л ь У.У. Некоторые особенности при выборе типа лазеров для импульсных светодиодамеров // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1989. № 687. С. 51-55.

90. К р у с е л ь У.У. Структура импульсного рециркуляционного светодиодамера при оптимальной полосе фотоприемника // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1989. № 687. С. 56-59.

91. Захаров Б.В., Мейгас К.Б., Хинрикус Х.В. Когерентное фотодетектирование газовым лазером // Квантовая электроника. 1990. Т. 17. № 2. С. 240-244.

92. Захаров Б.В., Мейгас К.Б., Хинрикус Х.В. Определение направления движения в лазерном доплеровском измерителе скорости // Тез. докл. VI Всесоюзн. конф. "Оптика лазеров". Ленинград, 1990. С. 388.

H. Hinrikus

Laserite kasutamine infoedastus- ja mõõtesüsteemides

Kokkuvõte

Artiklis antakse lühikärgeline rakendusliku kvant-elektroonika uurimistöödest, mis on tehtud Tallinna Tehnikaülikoolis aastail 1970-1990. Samuti on lisatud mitmete väljatöötatud lasersüsteemide parameetrid.

H. Hinrikus

Laser Application in Information Transmission and Measurements

Abstract

A short review of investigations in the field of applied quantum electronics at Tallinn Technical University in 1970 - 1990 is presented. The parameters of some laser systems are given.

UDK 621.397.61

E. Schults

KUJUTISTE REGISTREERIMINE TELEVISIOONIVAHENDITEGA

Eksperimentaalfüüsikas, spektroskoopias, lasertehnikas jm. eksisteerib vajadus optiliste kujutiste registreerimiseks lühikeste, nano-, isegi pikosekunditeni küündivate ajavahemike vältel. Üldisemas mõttes on tegemist optilise kiirguse intensiivsuse I ruumilise jaotuse I (x, y) registreerimisega selle eksisteerimise piiratud aja jooksul. Raadiotehnika kateedris on tegeldud antud probleemi lahendamisega, tuginedes televisioonitehnika meetodite ja vahendite kasutamisele, alates 70-ndate aastate lõpust.

Sellise registreerimise aluseks on televisioonis kasutatavate kujutiste fotoelektrilised muundurid ning nende salvestav toime. Laengu salvestusega televisioonisateetoru või selle tahkekehaline analoog (s.h. laengsidestusseadis) toimib paralleelsete optiliste sisenditega muundurina, mis säilitab optilist kujutist analoogkujul mõne aja vältel. Info väljastatakse järgneva skaneerimise käigus elektrisignaalina edasiseks töötlemiseks sobival viisil ja kiirusega.

Märgitud põhimõtte tehniline realiseerimine on seotud arvukate alaprobleemide lahendamisega. Ühelt poolt tuleneb see registreeritava info suurest mahust (suurusjärgus kuni megabait ja enam), infovoo sisestamise suurest kiirusest (kuni 10^{15} baiti sekundis) ning sisestamise aja suvalisest paiknemisest. Teiselt poolt on registreerimiseks kasutatavate salvestava toimega kujutise fotoelektriliste muundurite tehnilised näitajad küllalt madalad. Nad ei vasta kujutise registraatorile kui mõõtemuundurile esitatavaile küllalt kõrgetele metrooloogilistele nõuetele. Lisagem siia, et mõõteseadmete vaadeldav liik oma spetsii-

filiste ruumilis-ajalise jaotuse registreerimist iseloomustavate näitajatega on olulises ulatuses metrooloogiliselt kindlustamata.

Nende alaprobleemide lahendamiseks viidi kateedris läbi uuringud järgmistes valdkondades:

1) kujutise fotoelektriliste muundurite omaduste uurimine spetsiifilistes töörežiimides;

2) sobivate fotoelektriliste muundurite valik ja nende töörežiimide optimeerimine;

3) optilise kujutise digitaalseks elektrisignaaliks teisendamise optimaalsete meetodite ja vahendite väljatöötamine;

4) häirivate optiliste ja elektromagnetiliste kiirguste mõju mahasurumine;

5) televisiooniregistraatori töö tagamine optilise kiirguse spektri eri osades;

6) kõrge tundlikkuse tagamine;

7) registraatori selekteeriva toime tagamine ruumis ja ajas;

8) registraatori kasutatavuse tagamine automatiseeritud süsteemides;

9) registraatori metrooloogiliseks iseloomustamiseks vajalike näitajate süsteemi väljatöötamine ja spetsiifiliste mõõtevahendite loomine.

Uuringute tulemused on leidnud rakendamist optilise impulsskiirguse intensiivsuse ühe- ja kahemõõtmelise ruumilise jaotuse registreerimiseks kasutatavate vahendite loomisel. Nii on valminud koostöös Eesti TA Füüsika Instituudi, TA SKB, AT EKB ja teiste organisatsioonidega optiliste impulss-signaalide (kujutiste) televisiooniregistraatorite TRIOS mitmed modifikatsioonid, optilise kiirguse ühemõõtmelise ruumilise jaotuse registraator RORI, laengsidetussaadistel ühe- ja kahemõõtmelise ruumilise jaotuse registraatorid ROSA 1D ja ROSA 2D. Märgitud televisiooniregistraatorid on realiseeritud CAMAC standardis ning komplekteeritud digitaalse mälu-seadmega kujutise pikemaajaseks salvestamiseks ning koostöö tagamiseks erinevate elektronarvutitega. Nendes registraatorites küünib maksimaalne pikselite arv kahemõõtmelise jaotuse registreerimisel kuni 512×512 ; ühemõõtmelise jaotuse registreerimisel kuni 10^3 ;

optiliste impulsside minimaalse kestuse, mis küünib kuni 10 ps, määravad kasutatava fotoelektrilise muunduri omadused. Maksimaalne ekspositsiooniaeg on kuni 100 ms võimalusega pideva optilise kiirguse jaotuse registreerimiseks. Impulsskiirguse korral kasutatakse välist käivitust suvalisel ajamomendil, mis hõlbustab registraatorite kasutamist keerukais süsteemides. Detailsemad andmed on kajastatud publikatsioonides [1 - 4].

K i r j a n d u s

1. M i h k e l s o o V., N i i n s a l u U., S c h u l t s E., T s h u b r i k A. TV registration of two-dimensional pulse optical spectra // Preprints of 14. Int. Congr. on High Speed Photogr. and Photonics. M., 1980.

2. К р у м и н г Б., М о р о з о в С., П р и й - м а н Х., Ш у л ь ц Э. Формирование видеосигнала при телевизионной регистрации оптического излучения // Тез. докл. II Всесоюзн. научно-техн. конф. "Высокоскоростная фотография и метрология быстротекущих процессов". М., 1983.

3. Ш у л ь ц Э. Твердотельный многоэлементный регистратор импульсного оптического излучения // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1988. № 676. С. 3-8.

4. К и с к и н А., Л а з е б н и к Д., Ш у л ь ц Э. Телевизионный регистратор импульсных оптических изображений в стандарте КАМАК // Тез. докл. респ. научно-техн. конф. "Телевизионные методы и средства в науке и технике", Ужгород, 1989. С. 64-66.

E. Schults

Kujutiste registreerimine televisioonivahenditega

Kokkuvõte

Artiklis on toodud lühikeste optiliste impulsside intensiivsuse ühe- ja kahemõõtmelise ruumilise jaotuse registreerimise seadmete uurimistulemused.

E. Schults

Image Recording by Television Means

Abstract

The investigations on recording one- and two-dimensional spatial distribution of pulse optical radiation intensity of low duration are described.

UDK 621.373.42

P. Martverk, A. Raja

PERIOODSIGNAALI EFEKTIIVVÄÄRTUSE

HINDAMISALGORITMID

Paljudes erinevates keskkondades ja süsteemides ilmneb vajadus hinnata perioodilisi nähtusi nende energetilise parameetri järgi. Periooditundetute efektiivväärtuste hindamisalgoritmide kasutamine võimaldab tõsta lairibaefektiivväärtusmõõturite tundlikkust. Lisaks tundlikkuse tõusule laiaribalistes efektiivväärtuse mõõtmistes võib neid algoritme kasutada ka perioodilise komponendi avastamiseks ja perioodilise protsessi võimsuse hindamiseks, millega juba kaasnes Gaussi jaotusega lairibamüra.

Kujutades signaali mingi hüpoteetilise operaatorvõrrandi lahendina, minimeerime müra lisandumisel tekkiva ebakõla normi mingi kriteeriumi, näiteks ruutkeskmise järgi. Maaratledes selliselt koefitsiendid, avaldamegi saadud seostest hindamisalgoritmi. Valitud operaatorvõrrandist sõltuvalt saadakse rida hindamisalgoritmide klasse.

Analüüsides algoritme signaal-müra erinevate suhete korral, võib hinnata nende efektiivsust hinnangu dispersiooni põhjal. Oluline on samuti algoritmide nn. tehnoloogilisus jms. näitajad.

Lineaarsete operaatoritega algoritmide perest on sobivamad korrelatsioonialgoritmid. Teame, et perioodilise signaali autokorrelatsioonifunktsioon on perioodiline funktsioon, kuid samas on müra autokorrelatsioonifunktsioon viiteaja globaalselt hääbuv funktsioon. Piisavalt suure viiteaja korral võime opereerida signaali suhteliselt puhaste autokorrelatsioonifunktsioonidega ning järgides funktsionaalseid seoseid, saame avaldada perioodsignaali efektiivväärtuse hindamisalgoritme.

Selline käsitusviis võimaldas sünteesida rida erineva efektiivsusega hindamisalgoritme erinevate operaatorite ja erinevate operaatorvõrrandite abil [5, 1, 3].

Nende autokorrelatsioonialgoritmide tehniline realiseerimine keskendub signaalidevahelise viite moodustamisele, seejärel nende signaalide omavahelisele korrutamisele ning järgnevale integreerimisele. Järgneb aritmeetiline töötlus. Algoritme on võimalik realiseerida puhtanalooqselt, puhtnumbriliselt või analoognumbriliselt. Perspektiivsed on kaks viimast

Seni realiseeritud mõõturi sagedusala ulatub kümnen-dikest hertsidest saja kilohertsini.

Ülemise sageduspiiri määrab küllalt pika viitega laengsidestusviiteliini toimekiirus. Sisendpingete dünaamilist diapasooni piiravad analoogkorrutid.

Märgitud mõõtemetod võimaldab hinnata perioodsignaali efektiivväärtust harjumatult suurte müra-signaali suhete korral (mõned korrad kuni mitukümmend korda) laias sagedusribas ilma häälestuseta signaali sagedusele, s.t. operatiivselt.

Saavutatav tundlikkuse tõus on mõnikümmend kuni mõnisada korda, võrreldes tavalise lairibavoltmeetri tundlikkusega, s.t. on võrreldav selektiivvoltmeetri tundlikkusega. Mida laiemalt tagatakse seejuures aparatuurselt kontrollitav sagedusdiapsoon, seda suurem on tundlikkuse tõus.

Kirjanduses [5, 3] toodud harmoonilise signaali hindamisalgoritmid annavad keerulisema perioodilise signaali efektiivväärtuse hindamisel lisavea.

Biharmoonilise signaali periooditundetu efektiivväärtuse hindamisalgoritmi sünteesil lähtutakse harmoonilise signaali režekteerivast operaatorist [1, 5]. Rakendades seda kaks korda, saame biharmoonilise signaali režekteeriva operaatori. Edasine on analoogne harmoonilise signaali hindamisalgoritmi tulemusega [1, 5]. Saadavate algoritmide määratlemise vältimiseks iseärasest punktides on sobiv pruukida triharmoonilise signaali hindamisalgoritmi saamiseks leitud koefitsientide maatriksi miinoreid. Selliselt on leitud mõned biharmoonilise signaali hindamisalgoritmid [1, 3]. See võimaldab näiteks biharmoonilise

signaali hindamisalgoritmi koefitsientide matriksi miinorite põhjal leida rida harmoonilise signaali hindamisalgoritme.

Samamoodi leitakse tri-, kvart- ja kvintharmoonilise signaali hindamisalgoritmide jaoks koefitsientide matriksid ning vastavat järku miinori determinandi võrdsustamisel nulliga saame avaldada bi-, tri- ja kvartharmoonilise signaali hindamisalgoritme. Võib lisada, et kõrgemat järku matriksiga on määratud kõik võimalikud madalama keerukusega signaali hindamisalgoritmid etteantud viitekorduste korral. Märgime, et need algoritmid avaldatuina omavad iseäraseid punkte, mille mõju välistamiseks tuleb kasutada sobivat regulariseerimismenetlust [1, 2].

Saadud polüharmoonilise signaali algoritmid on suhteliselt keerulised, omavad kõrgemaid astmeid, esitavad kõrgendatud nõudeid korrelatsioon-integraalide määramisel. Neid algoritme saab realiseerida personaal- või spetsiaal-arvuti vahendusel. Oluline on aparatuurivigade osakaal. Langeb algoritmide efektiivsus (signaal erineb müra-st vähem kui harmooniline signaal). Siin on oluline, et signaali mitteharmoonilisuse mõju osakaal ületaks lisanduvate aparatuurivigade osakaalu, vastasel korral kaotab selline mõõtmine mõtte.

Tuleb veel tähele panna, et tegemist ei ole mitte ainult kordsete harmooniliste, vaid suvalise sagedusega harmooniliste signaalide summa efektiivväärtuse hindamisalgoritmidega.

Toodud autokorrelatsioonialgoritmide efektiivsus, võrreldes selektiivvõltimeetrite efektiivsusega, avaldub eriti laia sagedusvahemiku korral; seni ulatub sageduse ülemine piir vaid sadadesse kilohertsidesse. Sageduspiiri tõstmiseks on tuntud sageduste transformeerimine stroboskoopmeetoditega [8]. Neid kasutades on võimalik rakendada ülaltoodud algoritme tunduvalt laiemates sageduspiirides.

Kokkuvõtteks tuleb märkida, et sünteesitavaid sagedustundetuid perioodilise signaali efektiivväärtuse hindamisalgoritme on võimalik rakendada nii suhteliselt madalatel kui ka ülikõrgetel sagedustel.

Saadav efekt, võrreldes lairibavõltimeetri kasutamisega, on mõõtetundlikkuse kasvus ja võimes eraldada mõõtmisel peri-

oodilist signaali müradest, võrreldes selektiivvoltmeetriga - mõõteoperatiivsuses. Mõlemal juhul kasvab algoritmi efektiivsus kontrollitava sagedusriba laiendamisel.

K i r j a n d u s

1. Мартверк П.Э., Рая А.И. Об оценке эффективного значения периодического сигнала // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1987. № 638. С. 17-23.

2. Мартверк П.Э., Рая А.И. Уменьшение аппаратурных погрешностей в периодонечувствительных оценивателях эффективного значения сигнала // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1988. № 676. С. 13-16.

3. А.с. № II6600I (СССР). Структурно-корреляционный вольтметр / П.Э. Мартверк, А.И. Рая. Оpubл. в Б.И. 1985. № 25.

4. А.с. № I499248 (СССР). Измеритель эффективного значения периодических сигналов на фоне шума / П.Э. Мартверк, А.И. Рая. Оpubл. в Б.И. 1989. № 29.

5. Кангур О.Э., Мартверк П.Э., Хейнрихсен В.Р. Оценка мощности периодического сигнала произвольного периода на фоне шумов // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1978. № 452. С. 3-8.

6. Макс Ж. Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях: В.2-х томах. Пер. с франц. М.: Мир, 1983. Т. 1. 312 с. Т. 2. 256 с.: ил.

7. Ахманов С.А., Дьяков Ю.Е., Чиркин А.С. Введение в статистическую радиофизику и оптику. М.: Наука, 1981. 640 с.

8. Френкс Л. Теория сигналов. Нью-Джерси, 1969 г. Пер. с англ. под ред. Д.Е. Вакмана. М.: Сов. радио. 1974. 344 с.

9. Мартверк П.Э., Отс А.Э., Рая А.И. Беспойсковый аналого-цифровой оцениватель амплитуды периодического сигнала инфранизко- и низкочастотного диапазонов // Тез. докл. респ. конф. НТО РЭС им. А.С. Попова. Таллинн, 1983.

10. Мартверк П.Э., Рая А.И., Саат А.П.
Параметры беспойсикового аналого-цифрового оценивателя амплитуды периодического сигнала // Тез. докл. респ. конф. НТО РЭС им. А.С. Попова. Таллинн, 1983.

II. Исследования и разработка конкурентоспособных
вольтметров низкочастотного диапазона и средств их метрологического обеспечения. Отчет НИР / Таллиннск. политехн. ин-т. Рук. Х. Силламаа, П. Мартверк, А. Рая.
№ Гр. 81003134. Таллинн, 1982. II5 с.

12. Martverk, P., Raja, A. Tundmatu sagedusega perioodsignaali efektiivväärtuse hindamisalgoritmid // Side, Raadio, Televisioon. 1987. Nr. 4. Lk. 13-17.

P. Martverk, A. Raja

Perioodsignaali efektiivväärtuse hindamisalgoritmid

Kokkuvõte

Artiklis kirjeldatakse sagedustundetuid perioodsignaali hindamisalgoritme aditiivse valge müra taustal.

Arutatakse algoritme realiseerivate mõõturite projekteerimise küsimusi. Vaadeldakse bi-, tri- ja kvart-harmonilise signaali hindamisalgoritmide tuletuse käiku ning selliste algoritmide otstarbekuse kriteeriume. Esi-tatakse praktilisi soovitusi mõõturi sagedusdiapasooni avardamiseks.

Algorithms for Estimating Effective Value
of a Periodical Signal

Abstract

The synthesis of effective value estimating algorithms is discussed. The algorithms are meant for:

- estimating the effective value of harmonic, polyharmonic or optional periodical signals on the noise background;
- determining the periodical components in the process.

These algorithms are nonadaptive, signal estimations and detecting are independent of frequency.

A signal processor, based on these algorithms, can be used:

- to increase the sensitivity of broad-band voltmeters;
- to detect and estimate power, energy or effective value of a periodical signal.

The signal processor can be realized in an analog-digital mode (A) or digital mode (B). The analog part of A consists of analog delay-lines (charge-coupled devices), multipliers and integrators. The digital part of A or mode B can be realized by a personal or specially designed computer.

In comparison to conventional broad-band voltmeters the effect of increasing sensitivity depends on the width of the controlled frequency range. For example the potential sensitivity increasing coefficient has the following values (measuring time is 10 seconds):

Frequency range	Coefficient
10 kHz	10
100 kHz	30
1 MHz	100
10 MHz	300

UDK 681.121.8

A. Meister, M. Toomet

ELEKTROMAGNETILISED VEDELIKE KIIRUSE JA
VOOLUHULGA MÕÕTURID

Elektromagnetilises kiiruse ja vooluhulga mõõturis kasutatakse magnetväljas voolavas vedelikus indutseeritud pinget, mis on lineaarselt seotud voolamise kiirusega. Madalsagedusliku siinuselise või impulssmagnetväljaga variant on leidnud pikka aega kasutamist tööstuses, meditsiinis ja mujal.

Suhteliselt hea ioonjuhtivusega ($\sigma = 10 \dots 10^{-3} \text{ 1}/\Omega\text{m}$) vedelike korral on sel meetodil võrreldes teistega rida eeliseid – sõltumatus vedelikust ja tema füüsikalise-keemilistest omadustest, lineaarsus ja hea mõõtetäpsus (viga kuni 0,5 %), võimalus töötada mitmesuguste segudega (näit. kivisöö, toiduainete jm. hüdrotransport), samuti väga agressiivsete vedelikega.

Raadiotehnika kateeder alustas uurimistööd elektromagnetiliste kiirusmõõturite alal 1969. aastal, kusjuures esialgseks põhisuunaks sai väikese erijuhtivusega vedelike, sh. ka dielektrikute mõõtmine. Selgitati laias juhtivusvahemikus töötavate mõõturite füüsikat ning omadusi, samuti tekkivaid lisaefekte ning kasutamist piiravaid faktoreid.

Lähtudes mõõdetava vedeliku elektrijuhtivuse muutumisest võib elektromagnetilise mõõturi tööpiirkonna jagada kolmeks osaks (joon. 1):

1) aktiivtakistuslik osa, kus signaali anduri takistus $|Z| = R$ on suurusjärgus $100/\sigma$ ning $\text{tg } \delta = \omega RC$ ei ületa suurus 0,1; sagedusel 500 Hz ja elektroodidevahelisel mahtuvusel $C = 1 \text{ pF}$ paikneb see juhtivustel üle $3 \cdot 10^{-5} \text{ 1}/\Omega\text{m}$;

2) üleminekuosa, kus signaali anduri takistus on aktiivmahtuvuslik ning $tg\delta$ vahemikus $0,1 \dots 10$; ülaltoodud eeldustel on selleks vahemik $3 \cdot 10^{-5} \dots 3 \cdot 10^{-7} \text{ 1/}\Omega\text{m}$;

3) mahtuvuslik osa, kus signaali anduri takistuse moodustab elektrodidevaheline mahtuvus.

Mõõtmiseks on suhteliselt kerge kasutada esimest osa. Praktiliselt on vaja lahendada muidugi rida tehnilisi probleeme, mis on seotud anduri ja mõõteskeemi kujundusega, nagu sisendtakistuse tõstmine, elektrodide ja varjestussüsteemi kuju valik ning mitmesuguste kõrvalhäirete vähendamine.

Üleminekuosas läheb vedelikuioonjuhtivus üle mahtuvuslikuks juhtivuseks. Mõlema üheaegset mõju käsitletessmakordselt V. Cushing [1]. Ta näitas, et juhtivusest, mille juures $\omega = 1/(RC)$, allapoole toimub anduri tundlikkuse langus $1-1/\epsilon$ korda. Madalamal juhtivusel jääb tundlikkus püsima. Nähtust põhjustab tühja anduri elektrodidevahelise mahtuvuse šunteeriv mõju. V. Cushing pakkus välja ka paralleelse positiivse tagasiside variandi, mis tõstab tundlikkust just $1-1/\epsilon$ korda.

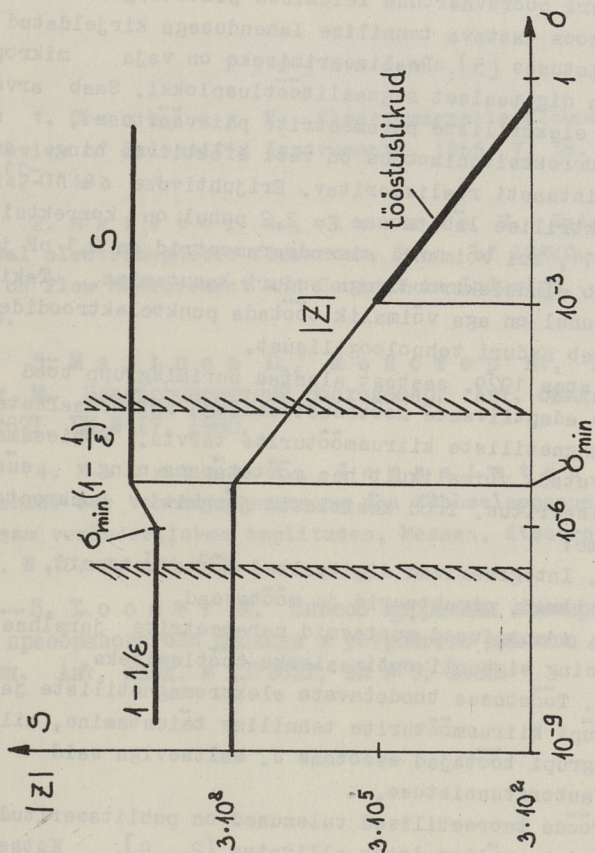
Aastail 1969 - 1980 tehti raadiotehnika kateedris rida teoreetilisi ja praktilisi uurimistöid madala juhtivusega vedelike kiirusmõõturite alal. Tööde tellijaks oli Tallinna Mõõduriistade Tehas, tööde juhiks A. Meister. Uurimisgrupi põhikoosseisu kuulusid M. Toomet, J. Maltsev ja hiljem ka V. Gerasimtšuk. Põhjalikult uuriti järgmisi küsimusi:

1. Elektromagnetilise anduri füüsika, tema elektriline aaseskeem ning selle analüüs mõõtetäpsuse seisukohast.

2. Anduri konstruktsiooni variandid, eriti elektrodosõlme ja varjete kujundus.

3. Mõõteskeem - selle sisendtakistus, varjestuse skeemid, kalibreerimise moodused, automaatse kalibreerimise ja järelhäälestuse võimalused.

Valmis mitu madala juhtivusega vedelike kiirusmõõturi katseeksemplari, mille uurimist jätkas tellija. Peab agalisama, et mitmete asjaolude tõttu (näit. tehnoloogilised ja majanduslikud raskused) ei ole tööstus seni jõudnud seeriariistade väljalaskmiseni, kuigi selleks vajalikud põhimõttelised eeldused ja tehnilised lahendused on olemas.



Joon. 1. Elektromagnetilise anduri takistus $|Z|$ ja tundlikkus Q olenevalt vedeliku erijuhtivusest δ

Perioodi lõpuks valmis M. Toometi kandidaaditöö (kaitstud Leningradis 1982. a.) madala juhtivusega vedelike elektromagnetiliste kiirusmõõturite alal. Hiljem on M. Toomet uurinud elektromagnetilise anduri tundlikkuse järjestikkorrektsooni meetodit. Meetod seisneb anduri ülekandeteguri pöördväärtuse leidmises pilootsignaali abil ning on koos vastava tehnilise lahendusega kirjeldatud autoritunnistuses [5]. Realiseerimiseks on vaja mikroprotsessoriga digitaalset signaalitöötlusplokki. Saab arvutada vedelike elektriliste parameetrite piirväärtused, mille juures korrektsoonimoodus on veel efektiivne ning suhteliselt lihtsasti realiseeritav. Erijuhtivuse $\sigma = 10^{-11} \text{ 1}/\Omega\text{m}$ ja dielektrilise läbitavuse $\epsilon = 2,2$ puhul on korrektsoonitegur 2,11, kui võimendi sisendparameetrid on 0,1 pF ja 1 G Ω . See nõuab pindelektroodidega anduri kasutamist. Takistuse 10 G Ω puhul on aga võimalik töötada punktelektroodidega, mis tõstab anduri tehnoloogilisust.

Alates 1979. aastast alustas uurimisgrupp tööd digitaalsete adaptiivsete mõõtesüsteemidega universaalsete elektromagnetiliste kiirusmõõturite tarvis. Põhieesmärgiks oli saavutada võimalikult hea mõõtetäpsus ning süsteemi automatiseeritus. Tööd käsitlesid järgmisi konkreetseid probleeme:

1. Integreerivad digitaalsed mõõtesüsteemid, nende tööalgoritmid, struktuurid ja mõõtevead.

2. Adaptiivsed süsteemid parameetrite järelhäälestamiseks ning signaali optimaalseks töötlemiseks.

3. Tööstuses toodetavate elektromagnetiliste ja ka muud tüüpi kiirusmõõturite tehniline täiustamine, mille eest uurimisgrupi töötajad eesotsas J. Maltsevig said kokku üle 30 autoritunnistuse.

Tööde teoreetilised tulemused on publitseeritud nii kodu- kui ka välismaistes allikates [2...4]. Katsetööde kaigus valmis mõõtesüsteemile mitu modifikatsiooni. Kõige täiuslikum nendest oli juhitud arvuti Elektronika D-28 poolt ning tal oli Basic-keeles kirjutatud paindlik juhtimissüsteem. Katseeksamplar läbis edukalt tellija katsetused 1985. aastal.

Elektromagnetiliste kiirusmõõturite uurimistöö ka-
teedris lõppes 1985. aastal seoses tellija huvide muutu-
misega. Mitmed grupi töötajad (J. Maltsev - kaitses kan-
didaaditööd 1987. aastal, ka V. Gerasimtsjuk) on aga jätku-
kanud samasuunalisi uuringuid mujal.

K i r j a n d u s

1. C u s h i n g V. Electromagnetic Flowmeter //
The Review of Scientific Instruments. 1965. V. 36. N 8.
P. 1142-1148.

2. M e i s t e r A., K o r s e n V. Integrating
digital electromagnetic flowmeter, Proc. of IMEKO, Sympo-
sium on Flow Measurement and Control in Industry. 1979.
Tokyo.

3. М а л ь ц е в Ю., М е й с т е р А., Т о о -
м е т М. Электромагнитный расходомер. Авт. свид.
№ 732671, БИ № 17, 1980.

4. M e i s t e r A., G e r a s i m t s c h u k V.
Meßfehler der Verhältnismessung von Wechselspannungen mit
langsam veränderlichen Amplituden, Messen, Steuern, Regeln.
1984. N 10. S. 451-453.

5. Т о о м е т М. Способ коррекции электромагнит-
ного преобразователя расхода и устройство для его осуществ-
ления. Авт. свид. № 1379631, БИ № 9, 1988.

Elektromagnetilised vedelike kiiruse ja vooluhulga
mõõturid

Kokkuvõte

Artikkel annab lühiülevaate uurimistöödest, mida tehti ajavahemikus 1969–1985 Tallinna Tehnikaülikoolis juhtivate ja mittejuhtivate vedelike kiiruse ja vooluhulga elektromagnetilise mõõtemetodi alal.

Siin on vaadeldud klassikalist elektromagnetilist vooluhulga muundurit ja selle omadusi, juhul kui mõõdetava vedeliku erijuhtivus on väga madal. Käsitletakse V. Cushingi poolt esitatud positiivse tagasiside ja muid probleeme. Eriti olulisteks tuleb pidada aspekte, mis puudutavad mõõtevigu ja välishäireid.

Edasi on kirjeldatud mitmeid numbrilisi mõõtesüsteeme ja adaptiivsete algoritmide rakendusi.

A. Meister, M. Toomet

Electromagnetic Velocity and Flow Meters for Liquids

Abstract

The paper presents a brief survey of research work carried out at Tallinn Technical University during the period of 1969 - 1985 in the field of electromagnetic velocity and flow meters for conducting and nonconducting liquids.

The first part is devoted to the classical electromagnetic flow transducer and its behaviour if the fluid to be measured has very low electrical conductivity. The investigations of a positive feedback proposed by V. Cushing and other problems have been discussed. Many aspects connected with the accuracy and interference signals have been found to be of first importance.

The second part describes different digital measuring systems and the practical results achieved with adaptive algorithms.

UDK 681.3.06:621.3

O. Loitme

VÄRVIKODEERINGU KASUTAMISPROBLEMAATIKA
INFORMATSIOONI ESITAMISEL DISPLEI EKRAANIL

Viimasel ajal maailmas väljatöötatud teaduslike uu-ringute automatiseeritud süsteemide juures on erilise tähtsuse omandanud operaatori-arvuti koostöö küsimused. Ehk teisisõnu, määravaks teguriks "inimene-masin" süsteemides on saamas inimene oma parameetritega. Seoses eelöelduga on päevakorda tõusnud arvuti poolt väljastatava informatsiooni kuju. Otstarbekaks peetakse kodeerimine teostada nii, et oleks tagatud operaatori vigadeta töö süsteemi töökiirusel. Seda kõike võib öelda ka kateedris tehtud tööde kohta.

Kõige mugavamaks, informatsioonimahukamaks ja ühtlasi resultatiivsemaks on osutunud informatsiooni esituse graafiline kuju. Informatsioonimahukust, aga samuti süsteemi funktsioneerimise efektiivsust aitab suurendada värvikodeeringu kasutamine. Küsimus aga värvikodeeringust üldse info esitussüsteemides, samuti optimaalsete värvide valik ja nende hulk on allutatud reale mõjutustele, mis mitte alati ei ole kergelt hinnatavad ja mis kaugeltki ei ole välja selgitatud. Samuti puudub ühetähenduslik optimaalsuse kriteerium kasutatavate värvide ja nende hulga valikuks. Seega probleemistik iseenesest, vaatamata esialgsele näilisele lihtsusele, osutub küllaltki komplitseerituks ja mitmetahuliseks, kus tuleb arvestada väga erinevaid ja eri valdkondadesse kuuluvaid faktoreid. Jõudumööda on nende küsimuste lahendamisega tegeldud signaalitöötluskomplekside väljatöötamise kõrval ka raadiotehnika kateedris [1].

Tööde käigus sooritatud analüüsi järeldused näitavad, et informatsiooni töötlemisel ja esitamisel eksperimendi

tempos ainult teatud eesmärgipüstitusega ülesannete puhul (signaali asukoha määramine, äratundmine, otsimine) tagab värvide kasutamine optimaalse kodeeringu. Konkreetsete värvide ja nende hulga kindlaksmääramisel tuleb arvestada lahendatava ülesande iseloomu, inimese-operaatori psühho-füsioloogilisi iseärasusi - mõjutusvõimalusi värvide poolt, tehnilise realiseerimisega tagatavaid võimalusi ja hinnalis-ökonoomilisi arvestusi. Seejuures johtuvalt eesmärgist tuleb esitatud faktoritest kõige määravamaks lugeda värvide poolt avaldatav mõju operaatori psühhofüsioloogilisele tegevusele. Olukorras, kus operaatorile informatsiooni edestavaks seadmeks on värvidisplei, mis haarab enda alla enamus tema vaateväljast ja seda valdavas osas tööpäevast, tuleb seda lugeda igati õigustatuks.

Kuivõrd puuduvad vahetud uurimistulemused värvide mõjust displei operaatorile, siis värvide valikul psühhofüsioloogiliste mõjutuste lähtealusena arvestasime kompleksse analüüsi tulemusi, sooritatud meditsiini, inseneripsühholoogia ja optilise füüsika valdkonnas. Nende alusel on formuleeritud põhinõuded kasutatavate värvide ja hulga valikuks [2]. Saadud tulemuste põhjal on valitud displei ekraanil esitatava informatsiooni kodeerimiseks kaks sobivate värvide komplekti. Mõlema komplekti suuruseks on 8 värvi, igaüks neist iseloomustatud tähistussüsteemiga x, y, Y, MKO 1931. a. Seejuures ei ole valitud värvid mitte ainult õiged, vaid ühed võimalikest, mis vastavad püstitatud nõuetele. Valitud komplektide iseärasuseks on see, et mõlemat võib kasutada koos ka ühe lahendatava ülesande raames, kusjuures säilib vastavus kõigile algnõuetele, peale arvulise.

Praktikas on värvide realiseerimine tagatud tingimisel, et nende koordinaadid mahuvad pinna sisse, mille määravad rahvusvahelisele TV standardile vastavad luminoforide karakteristikud. Valitud komplektide puhul see ka nii on. Esitusseadme ökonoomilis-hinnalisi arvutusi ei ole otsustavaks seostada valitud värvikogumi suurusega, kuna viimane on suhteliselt väike.

Värviesitusproblemaatika üks järgmisi tahke, millega tegeldud ja mis ka ühte otsapidi haakub signaalide esitusega, on värvimismudelid.

Mitmesuguse keerukusega värvimismudelite eesmärgiks on sünteesida displei ekraanil realistlikke kujutisi. Realistliku kujutise all mõeldakse sellist kujutist, mis kutsub esile visuaalse tajumise analoogselt tegelikule füüsilisele ümbruskonnale. Et seda saavutada, tuleks modelleerida valguse levimise füüsikalisi seaduspärasusi, arvestades energia jäävuse seadust ning elektromagnetlainete teooria matemaatilisi aluseid. Selline lähenemine tagaks küll väga realistlikud kujutised, kuid model ise nõuaks ruumilist integreerimist ning kujuneks nõutavalt arvutusmahult vägagi suureks. Seetõttu on arvutigraafikas välja töötatud ja enam levinud rida lihtsustatud mudeleid, mis ei baseeru küll energia tasakaalu seadustel, kuid kindlustavad vägagi tõepärased tulemused.

Kateedri uuringutes püüti leida värvimismudelitele rakendust lähtuvalt kahest erinevast eesmärgist: esiteks leida või lihtsustada olemasolevaid mudeleid sedavõrd, et neid oleks võimalik kasutada informatsiooni (eelkõige mitmemõõtmeliste kujutiste) esitamisel eksperimendi tempos. Teiseks pakkus huvi teadaolevate täiustamine, kuna neil oli rida puudusi, näiteks ei arvestatud valgusallikate ega objektide spektraalsõltuvuslikke omadusi ning valgusallikate intensiivsuse ruumilist jaotust ega geomeetrilist konfiguratsiooni. Nii üks kui teine eesmärgipüstitus on leidnud teoreetilise lahenduse ja ka praktilise rakenduse [3]. Seejuures võiks värvimismudelite rakendusvaldkond olla tegelikult tunduvalt laiem. Nii näiteks on võimalik värvimismudelite abil imiteerida valgusallikate poolt tekitatavaid värve - kasutada uute valgusallikate (lae-, seinavalgustid jne) väljatöötamisel või valguskavandite hindamisel. Või modelleerida displeil olukordi, mida füüsikaliste modelleerimisvahenditega on raske saavutada - näiteks kosmoselaeva valgustust sisemise ja tähistatava valguse resultaadina.

Värvimismudelite edasine täiustamine kestab tänapäeval pidevalt. Värvimisproblemaatikaga on seotud samuti staatiliste värvuskujutiste identse esituse algoritmid ja meetodid.

Identse esituse eesmärgiks (värvi seisukohalt) on tarbijal olemasoleva konkreetse värvikogumi baasil sünteesida objekti mingi punkti värvikoordinaadid inimsilma jaoks

minimaalse veaga. Probleem, mis teoreetilises plaanis ei sisalda põhimõttelisi raskusi, on aga praktikas küllaltki mitmetahuline ja keerukas.

Üks võimalikke tulemusi on kateedris välja töötatud struktuurskeemiline lahendus ja algoritmid staatiliste värvuskujutiste analüüsiks ning hilisemaks identseks sünteesiks. On püstitatud nõuded analüüsiva seadme nii optilis-mehaanilise kui ka elektrilise osa kohta. Vastavaid sünteesalgoritme on katsetatud personaalarvutitel ning tulemused vastavad igati püstitatud eesmärgile [4].

Saadud lahendused võimaldavad analüüsi-sünteesi algoritmidele väga laia rakendusvaldkonna - kergetööstuses mustrite ja piltvaipade tootmine, kangamustrite süntees, mustriliste silmkoetoodete valmistamine, mustrite ja kujutiste süntees trükitööstuse tarbeks, jne.

Käsitlemist leidnud värvikodeeringu problemaatika haarab ainult ühe osa üldisest hulgast, mis on küllaltki ammendamatu ning mille lahendamine ja rakendamine toimub hoogsalt kogu maailmas.

K i r j a n d u s

1. Л о й т м е О.К. Представление графической информации на цветном растровом дисплее. Обзор об используемых системах // Тр. Таллиннск. политехн. ин-та. 1984. № 582. С. 63-71.

2. Л о й т м е О.К. Выбор цвета и его количества для представления результатов цифровой обработки на дисплее // Тр. Таллиннск. политехн. ин-та. 1987. № 638. С. 84-93.

3. Л о й т м е О.К. Отображение быстроизменяющейся информации с помощью модели закраски // Тр. Таллиннск. политехн. ин-та. 1987. № 638. С. 74-83.

4. H e i n r i c h e n, V., L o i t m e O. jt. Värvuskujutiste mitteortogonaalse analüüsi ja sünteesi meetodid: Lepingulise töö aruanne nr. XT942. Tln. 1990. 73 lk.

Värvikodeeringu kasutamisproblemaatika
informatsiooni esitamisel displei ekraanil

Kokkuvõte

Artiklis vaadeldakse küsimusi, mis on seotud värvide valiku ja esitamisega displei ekraanil informatsiooni edastamisel eksperimendi tempos.

Käsitletakse ka värvimismudeleid kahel eesmärgil: rakendada neid nii mitmemõõtmelise informatsiooni esitamiseks kui ka täiustada nende kvaliteeti. Samuti on vaatluse all staatiliste värvuskujutiste identifitseerimise ja identse esituse problemaatika.

O. Loitme

About Application of Color Coding for Information
Presentation on a Display

Abstract

The problems connected with the selection of colors to present information at a rate of experiment on a color display have been discussed.

Some requirements for optimal color selection are described and two palettes of colors for coding have been presented. A method of color coding based on the color shading model as well as an algorithm for synthesis of real colors are considered.

SATELLIITTELEVISIOONI VASTUVÕTT

70-ndate aastate lõpus ja 80-ndate alguses alustati Euroopas spetsiaalselt kaabel-TV võrkudele mõeldud levi-TV programmide edastamist geostatsionaarsete satelliitide vahendusel. 1985. aastal võis neid jälgida juba paarikümne ringis. Sel ajal tekkis ka TTÜ raadiotehnika kateedri laboris huvi vastavate süsteemide ning vastuvõtutehnika põhimõtete vastu. Kuna kirjandust sellel teemal oli tollal äärmiselt vähe (üksikud üldisemad artiklid välisajakirjades), tuli vastuvõtuseadmetiku väljatöötamisel alustada praktiliselt nullist, n.-ö. katse ja eksituse meetodist. Sel moel valmisid mitmed SAT-TV tuuneri plokid, sealhulgas lihtne PLL-demodulaator, mis pakub huvi praegugi, pärast mitmete uute tööstuslike skeemilahenduste ilmumist.

Põhiline töö järgnevail aastail keskendus sellise SAT-TV tuuneri ehitamisele, mis kasutaks vaid kodumaiseid raadiokomponente. Esimene töötav vastuvõtja, milles olid ühitatud nii oma väljatöötamise tulemused kui ka maailma juhtivate firmade ning amatööride skeemilahendused, valmis 1988. aasta alguseks. Vastuvõtuseadme lõplik koostamine ning ajutise paraboolantenni paigaldamine TTÜ õppehoone katusele nõudis aga täiendavalt aega. Esmakordselt jõudis SAT-TV pilt TTÜ raadiotehnika kateedrisse septembris 1989. Juba esimestel päevadel õnnestus jälgida ca 60 TV-programmi kümnelt satelliidilt.

Edasises tegevuses, millesse on kaasatud ka SAT-TV-st huvitatud üliõpilasi, on võetud suund vastuvõtuaparatuuri täiustamisele ning lisaseadmete ehitamisele. Katsetatud on kõrgsagedusostsillaatorite, vahesagedusvõimendite, atenu-

aatorite, demodulaatorite, videovõimendite ning heli vastuvõtjate erinevaid skeemilahendusi.

Peamiseks SAT-TV sagedusalaks kujunes 11 GHz-riba (10,95...11,7 GHz), milles edastatakse valdav osa TV- ning raadioprogramme ja milles kasutatav signaal sobib oma parameetrite (suhteliselt suur signaalitugevus; valdavalt harilik TV-süsteem PAL, jm.) poolest kõige paremini individuaalvastuvõtuks. 12,5 GHz sagedusriba on piiratud kasutusega.

Käesoleva ülevaate kirjutamise ajaks (kevadel 1990) on meil ehitatud aparatuuriga 11 GHz-ribas võimalik vastu võtta üle 80 erineva TV-programmi (sealhulgas ka teenistuslikud ning kodeeritud ja MAC-süsteemis TV-kanalid) ning umbes 20 raadioprogrammi 13-lt satelliidilt. Osa võib saada mitmetest pakutavatest lisavõimalustest - stereohele, infovood arvutitele, teletekst jpm. Loomulikult on vastuvõetavate programmide kvaliteet erinev. Umbes 20 TV-programmi on jälgitavad väga hea või hea kvaliteediga. Tulemus on igati vastavuses kasutatud aparatuuriga (vähike, ca 1 m diameetriga paraboolantenn, ülikõrgsageduskonverteri mürategur ca 1,5 dB, alandatud FM-lävega (PLL) tuuner).

Omaette tegevusvaldkond on nn. monitooring, mis kujutab pidevat hetkeolukorra jälgimist ja fikseerimist meil vastuvõetavate SAT-TV ja -raadioprogrammide alal (programme tõstetakse ringi saatjate vahel, lisandub uusi kanaleid, muutub saateag või signaali parameetrid jpm). Koostatud on põhjalikud ülevaattetabelid.

SAT-TV vastuvõtt, mis lääneriikides on saanud igapäevaelu lahutamatuks osaks, on viimasel ajal ka meil omandanud aktuaalsuse. Eksisteerib suur vajadus Eesti tingimustele sobiva aparatuuri järgi nii individuaal- kui ka kollektiivvastuvõtuks. Viimase jaoks vajab väljatöötamist kogu kaabel-TV tehnika. MAC TV-süsteemis edastatavate programmide arvu kasv tingib vastavate eridekoodrite väljatöötamise. Omaette valdkonnaks on ka kodeeritud (skrambleeritud) programmide vaatamise seadmete (deskramblerite) loomine, millega juba tegeldakse. Lähiaastatel lisandub suures hulgal uusi satelliite ning SAT-TV ja -raadioprogramme.

Juba on asunud kasutusele võtma 12 GHz sagedusriba, kus töötavad võimsad, otsevastuvõtuks mõeldud satelliidid (DBS). Umbes 10 selle sagedusriba programmi on õnnestunud vastu võtta ka meie valmistatud vastuvõtuaparatuuriga. Seetõttu on SAT-TV vallas lähiaastateks avar tööpõld.

Lähemal ajal on plaanis ajutine väike paraboolantenn asendada suure (2,5 m) statsionaarse, kaugjuhitava antenniga, mis peaks tunduvalt parandama ka nõrkade saatjate signaali kvaliteeti ning nähtavaks tegema täiendavaid uusi programme. Ühtlasi avaneb võimalus korralikult vastu võtta õppeloengute-TV (Euro Pace) ning populaarteaduslike saadete (Discovery) kanaleid ning kasutada neid TTÜ õpetöös väärtusliku maailmatasemel teadus-tehnilise materjalina. Teiselt poolt on SAT-TV vastuvõtuaparatuur ise heaks tehniliseks õppevahendiks raadiovastuvõtuseadmete ja TV-tehnika kursuste õpetamisel ning laboritöödel.

Põhjalikumalt saab SAT-TV olemuse, põhimõtete ning vastuvõtuaparatuuri ehitusega tutvuda käesoleva ülevaate autori poolt koostatud artiklite seeria abil ajakirja "Horisont" erilisas:

nr. 2/1990 - üldpõhimõtted, tuuneri struktuuriskeem;
nr. 3/1990 - tuuneri skeemid, konverteri struktuuriskeem;

nr. 4/1990 - konverteri skeemid, paraboolantenn;

nr. 6/1990 - Eestis nähtavad satelliidid ning SAT-TV ja -raadioprogrammid.

J. Vainu

Satelliittelevisiooni vastuvõtt

Kokkuvõte

Antakse ülevaade satelliittelevisiooni vastuvõtust ja selleks vajaliku aparatuuri valmistamisest TTÜ raadiotehnika kateedris. Esitatakse saadud tulemuste kokkuvõte ning lähituleviku perspektiivsed töösuunad, sealhulgas satelliittelevisiooni rakendusvõimalused TTÜ õppetöös.

J. Vainu

Receiving Satellite Television

Abstract

Receiving satellite television and building devices for this purpose at the department of radio engineering of TTU are described. A summary of the results and perspective work, including the application of satellite television for teaching purposes is given.

Eesti TA Raamatukogu
Tallinn

TALLINNA TEHNIKATÜLIKOO LI TOIMETISED
ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

МЕТОДЫ И УСТРОЙСТВА ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ
В СИСТЕМАХ РАДИОСВЯЗИ

УДК 621.39

Научные исследования на кафедре радиотехники в период с 1966 года. Рятсеп Ю. - Труды Таллиннского технического университета. 1991. № 724, с. 4-7.

В статье дается обзор по научным исследованиям, проведенным на кафедре радиотехники Таллиннского технического университета в период за 1966-1990 гг. Рассматривается также участие студентов в научной работе и анализируются перспективы на будущее.

УДК 621.39

Направление АХ-05 "Исследование методов и устройств измерения параметров сигналов". Хейнрихсен В. - Труды Таллиннского технического университета. 1991. № 724, с. 8-31.

В статье дается обзор по исследованиям в области методов и устройств измерения, преобразования и обработки радиотехнических сигналов, проведенных на кафедре радиотехники и в лаборатории обработки сигналов Таллиннского технического университета. Приводится перечень основных публикаций по теме.

Библ. наименований - 197.

УДК 621.378.9

Применение лазеров в системах передачи информации и измерения. Хинрикус Х.В. - Труды Таллиннского технического университета. 1991. № 724, с. 32-50.

Дается краткий обзор по исследованиям в области прикладной квантовой электроники, проведенным в Таллиннском техническом университете в 1970-1990 гг. Приводятся также параметры некоторых лазерных систем, разработанных в ТТУ.

Таблиц - I, библиографических наименований - 92.

УДК 621.397.61

Регистрация изображений телевизионными средствами. Шульц Э. - Труды Таллиннского технического университета. 1991. № 724, с. 51-54.

Излагаются сведения об исследованиях, ориентированных на регистрацию одно- и двумерных пространственных распределений интенсивности импульсного оптического излучения малой длительности.

Библиографических наименований - 4.

УДК 621.373.42

Алгоритмы оценки эффективного значения периодического сигнала. Мартверк П.Э., Рая А.И. - Труды Таллиннского технического университета. 1991. № 724, с. 55-60.

В статье описываются алгоритмы периодонечувствительной оценки эффективного значения периодического сигнала на фоне аддитивного белого шума.

Обсуждаются некоторые моменты реализаций алгоритмов при проектировании оценщиков. Рассматривается процесс вывода алгоритмов оценки для би-, три- и квартигармонического сигнала. Приводятся критерии целесообразности таких алгоритмов. Даются практические указания для увеличения верхнего предела частоты измерителя.

Библиографических наименований - 12.

Электромагнитные измерители скорости и расхода жидкостей. Мейстер А., Тоомет М. - Труды Таллиннского технического университета. 1991. № 724, с. 61-66.

В статье дается краткий обзор исследовательских работ, проведенных в Таллиннском техническом университете в период за 1969-1985 гг. в области электромагнитного метода измерения скорости и расхода проводящих и непроводящих жидкостей.

В первой части рассматривается классический электромагнитный преобразователь расхода и его поведение, если измеряемая жидкость имеет очень низкую электропроводность. Обсуждены исследования положительной обратной связи, предложенной В. Кашингом, и другие проблемы. Первостепенное значение имеют многие аспекты, связанные с погрешностью и посторонними помехами.

Во второй части описаны различные цифровые измерительные системы и практические результаты применения адаптирующихся алгоритмов.

Рисунков - I, библи. наименований - 5.

Проблематика использования цветового кода при отображении информации на экране дисплея. Лойтме О.К. - Труды Таллиннского технического университета. 1991. № 724, с. 67-71.

В работе представляется обзор работ и их результатов, посвященных проблематике использования цветового кодирования при отображении информации на дисплее.

В работе рассматриваются аспекты, которые являются основными при выборе цветов для оптимального кодирования. На основе анализа факторов и вытекающих из них требований, представлен конкретный состав цветов, рекомендуемый для применения при отображении результатов цифровой обработки в темпе эксперимента на экране дисплея.

В работе также рассматриваются вопросы, связанные с использованием модели закрашки при представлении результатов цифровой обработки на дисплее. Исследованы возможности использования моделей закрашки для отображения быстроизменяющейся информации в темпе эксперимента и возможности усовершенствования модели закрашки.

Последняя часть работы посвящена проблематике идентичной идентификации статических цветных изображений. Представляются выводы разработанных алгоритмов и методов анализа и синтеза цветов.

Библ. наименований - 4.

УДК 621.397.62

Прием спутникового телевидения. Вайну Я. - Труды Таллиннского технического университета. 1991. № 724, с. 72-75.

Дан обзор приема спутникового телевидения и описание изготовленного уже для этой цели на кафедре радиотехники ТТУ оборудования. Приводятся полученные результаты и перспективные направления работ в этой области, в том числе возможности использования спутникового телевидения для учебных целей в ТТУ.

2.20

Hind rbl. ~~1.90~~

EESTI AKADEEMILINE RAAMATUKOGU



1 0200 00086338 5