

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԵՎ

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆԻ

ՏԵԴԵԿԱԳԻՐ ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК АРМЕНИИ И

НАЦИОНАЛЬНОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
АРМЕНИИ

ՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՍԵՐԻԱ

СЕРИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

ԵՐԵՎԱՆ

ЕРЕВАН

Журнал издается с 5.01.1948 г.
Выходит 4 раза в год

ԽՄԲԱԳՐԱԿԱՆ ԿՈԼԵԳԻԱ

Ռ.Մ. ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ (գլխավոր խմբագիր), **Հ.Ա. ԹԵՐԶՅԱՆ** (գլխ. խմբ. տեղակալ),
Զ.Կ. ՍՏԵՓԱՆՅԱՆ (պատասխանատու քարտուղար), Ս.Գ. ԱԴԲԱԼՅԱՆ,
Վ.Վ. ԲՈՒՆԻԱՏՅԱՆ, Ա.Խ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ, Ժ.Դ. ԴԱՎԻԴՅԱՆ, Ս.Պ. ԴԱՎԹՅԱՆ,
Ս.Ս. ՂԱԶԱՐՅԱՆ, Ռ.Զ. ՄԱՐԿԻՍՅԱՆ, Վ.Շ. ՄԵԼԻԿՅԱՆ, ՅՈՒ.Լ. ՍԱՐԳՍՅԱՆ,
Վ.Ս. ՍԱՐԳՍՅԱՆ, Վ.Ս. ՍԱՖԱՐՅԱՆ, Ս.Հ. ՍԻՄՈՆՅԱՆ, Մ.Գ. ՍՏԱԿՅԱՆ,
Ա.Թ. ՔՈՒՉՈՒԿՅԱՆ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Р.М. МАРТИРОСЯН (главный редактор), **А.А. ТЕРЗЯН** (зам. глав. редактора),
З.К. СТЕПАНЯН (ответственный секретарь), С.Г. АГБАЛЯН, В.В. БУНИАТЯН,
А.Х. ГРИГОРЯН, Ж.Д. ДАВИДЯН, С.П. ДАВТЯН, С.М. КАЗАРЯН, А.Т. КУЧУКЯН,
В.З. МАРУХЯН, В.Ш. МЕЛИКЯН, Ю.Л. САРКИСЯН,
В.С. САРКИСЯН, В.С. САФАРЯН, С.О. СИМОНЯН, М.Г. СТАКЯН

EDITORIAL BOARD

R.M. MARTIROSSYAN (editor-in-chief), **H.A. TERZYAN** (vice-editor-in-chief),
Z.K. STEPANYAN (executive secretary), S.G. AGHBALYAN, V.V. BUNIATYAN,
Zh.D. DAVIDYAN, S.P. DAVTYAN, S.M. GHAZARYAN, A.Kh. GRIGORYAN,
A.T. KUCHUKYAN, V.Z. MARUKHYAN, V.Sh. MELIKYAN, YU.L. SARGSYAN,
V.S. SARKISSYAN, V.A. SAFARYAN, S.H. SIMONYAN, M.G. STAKYAN

Հրատ. խմբագիր՝

Ժ.Ս. ՄԵՅՐԱՆՅԱՆ

Խմբագիրներ՝

Հ.Յ. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ

Հ.Զ. ՂԱԶԱՐՅԱՆ

ՀՏԴ 621.182.08+..681.2

ԳԻՏԱԿԱՆ ՄԱՐՔԱՇԻՆՈՒԹՅՈՒՆ
ԵՎ ՉԱՓՈՂԱԿԱՆ ՏԵԽՆԻԿԱ

Ժ.Ռ. ՓԱՆՈՍՅԱՆ, Գ.Պ. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ, Զ.Ս. ՄԵՎՈՅԱՆ

**ՈՒՍՈՒՄՆԱՎԱՐԺԱՆՔԱՅԻՆ ԱԿԱՆՆԵՐԻ ՀԵՌԱԿԱՌԱՎԱՐՄԱՆ ՀԱՄԱՊԻՏԱՆԻ
ԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵՏ ՀԱՄԱԿԱՐԳ**

Մշակվել է ուսումնավարժանքային ականների հեռավար կառավարման համապիտանի արդյունավետ համակարգ: Կիրառության մեջ առկա համապատասխան զենքի ձևափոխված տեսակին կցված է ականի վերջույթի մոդուլ և այն գործարկող GSM համակարգով հեռավար կառավարման ծրագրավորվող սարք:

Առանցքային բառեր. ականներ, GSM համակարգով հեռավար կառավարում, համապիտանի համակարգ, ծրագրավորվող սարք:

Ներածություն. ՀՀ պաշտպանական համակարգի բարեփոխումների և զարգացման ծրագիրն ուղղված է համակարգի գործունեությունը կանոնակարգելուն՝ սկսած նորմատիվ տեխնիկական և իրավական փաստաթղթերի բազայի ստեղծումից մինչև ուսումնավարժանքային և ռազմական տեխնիկայի զարգացման պետական ծրագրի մշակումը: Այդ աշխատանքներում հեռանկարային է գիտական-գիտատեխնիկական կադրերի, բարձր տեխնոլոգիաների և ՏՏ-ի բնագավառում ՀՀ գիտական ներուժի օգնությամբ ուսումնավարժանքային նոր համալիրի ստեղծումը:

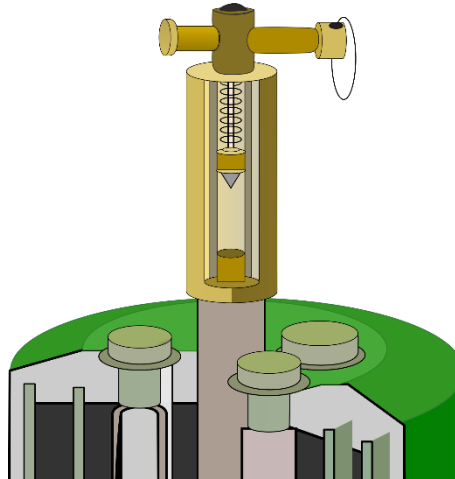
Քառօրյա պատերազմը ցույց տվեց, որ թշնամու զինուժը հեշտությամբ անցնում է ականապատված տարածքներով, ուստի անհրաժեշտ է ստեղծել ականների պայթեցման հեռավար կառավարման համակարգ:

Աշխատանքի նպատակն է ռազմարդյունաբերության մեջ կիրառվող ստանդարտ կառուցվածքով ականը պայթեցնող մոդուլի նոր կոնստրուկցիայի մշակումը:

Խնդրի դրվածքը. Առաջարկվում է ուսումնավարժանքային պարապմունքներում կիրառության մեջ դնել հեռավար կառավարվող ականների տեսակներ, որոնք պայթյուն կառաջացնեն անհրաժեշտ պահին՝ արդյունավետ դարձնելով համապատասխան զենքի կիրառությունը: Ստանդարտ կառուցվածքով ականի համար մշակվել է պայթեցման արդյունավետ համակարգ: Այն բաղկացած է երկու մասից՝ ականին կցվող մոդուլից և հեռավար կառավարող սարքից:

1. Ստանդարտ կառուցվածքով ականի ուսումնավարժանքային ծայրոցի մոդուլի մշակումը: Հեռավար կառավարման համար առաջարկվում է նկ. 1-ում ներկայացված ստանդարտ կառուցվածքով ականի պայթյուն առաջացնող հատվածը, որն առ այսօր կիրառվող ականներում կառուցվածքային զգալի փոփոխությունների չի

ենթարկվել [1]: Ականի պայթյունը տեղի է ունենում մոդուլում արտաքինից ազդող ուժով, երբ այն զսպանակի սեղմման kx^2 ուժից ավելի մեծ է: Նմանատիպ ականնե-
րում պայթյունը կատարվում է, երբ զինվորը կամ շարժվող տեխնիկան պատահաբար
սեղմում է մոդուլի զսպանակը, իհարկե, եթե հանված է դրա վերին ապահովիչը [2]:

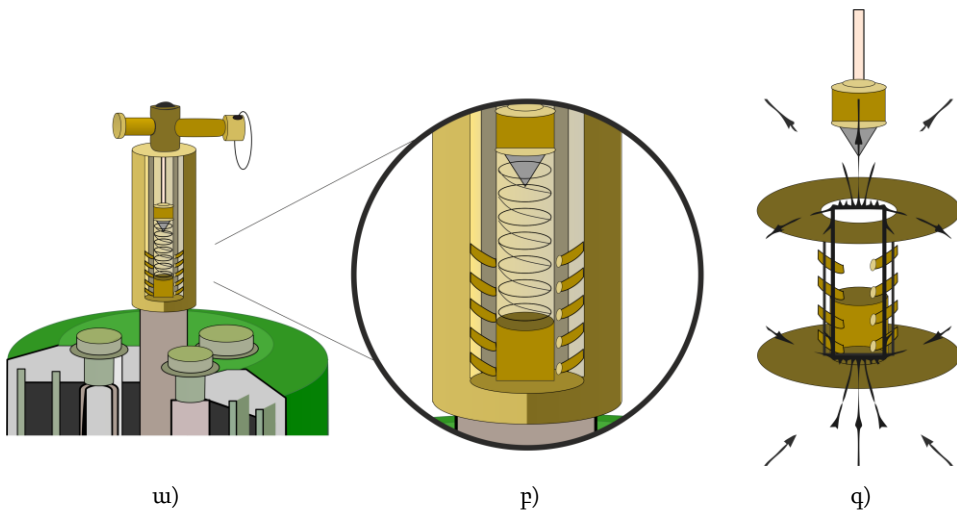


*Նկ. 1. Վերևում տեղադրված զսպանակով և ստանդարտ կառուցվածքով ականի պայթյուն
առաջացնող հատվածի կառուցվածքը*

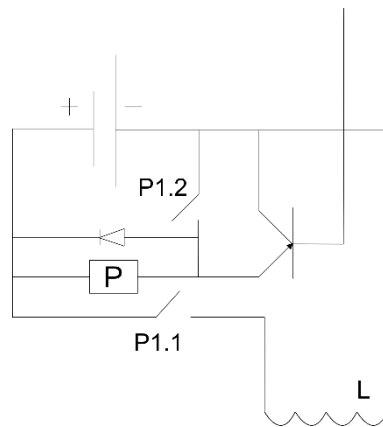
Ականի պայթյուն առաջացնող փոփոխված հատվածի նոր մոդուլի կառուց-
վածքը ներկայացված է նկ.2-ում, որտեղ արգելակող զսպանակը տեղադրված է մո-
դուլի ներքևի հատվածում: Զսպանակը և պայթյուն առաջացնող ծայրոցը տեղադրվում
են կոճի մագնիսական դաշտում, որը ծայրոցին հաղորդում է անհրաժեշտ արագա-
ցում՝ ականի պայթյուն առաջացնելու համար [3,4]:

Մոդուլի մեջ տեղադրված մագնիսական կոճով անցնող հոսանքը ղեկավար-
վում է նկ.3-ում բերված էլեկտրական սխեմայով:

Սխեմայում օգտագործված են 12 Վ, 4,7 Ս հզորությամբ մարտկոց, 3 Վ, 90 Օւ
երկու ռելեներ, KT3102 տրանզիստոր և մոդուլի մեջ դրվող մագնիսական կոճ: Պայթ-
յունի համար հեռակառավարման ազդանշանը հաղորդելիս P1.1 և P1.2 բանալիները
ռելեներով փակվում են, և սկսվում է կոճի մագնիսացումը՝ ձգելով ծայրոցը կոճի
ներսը [5,6]:



Նկ. 2. Ականի պայթյունն առաջացնող փոփոխված նոր մոդուլը. ա- ներքևի հատվածում տեղադրված զսպանակի և մոդուլի ընդհանուր տեսքը, բ- տեղադրված մագնիսական կոճը, զսպանակը և պայթյուն առաջացնող ծայրոցը՝ մեծացված, գ- կոճի մագնիսական դաշտով երկաթե ծայրոցին անհրաժեշտ արագացման հաղորդումը՝ ականի պայթյունն առաջացնելու համար

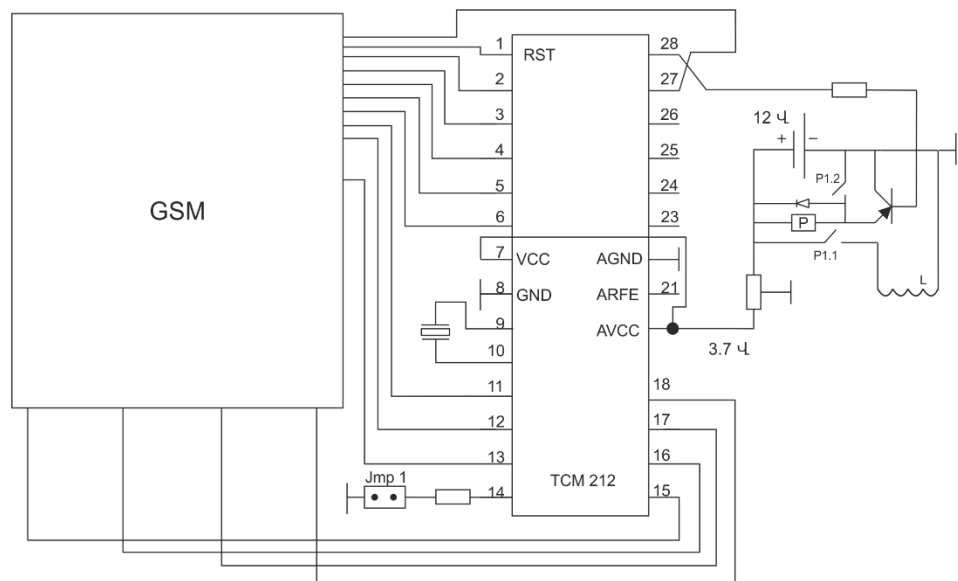


Նկ. 3. Ստանդարտ կառուցվածքով ականի պայթյուն առաջացնող նոր մոդուլին կցվող սկզբունքային էլեկտրական սխեման

Երբ կոճի մագնիսական դաշտի գործադրած ուժը ծայրոցի վրա մեծ է լինում զսպանակի սեղմման kx^2 ուժից, ականը պայթում է:

2. Ականի հեռավար կառավարման սարքի մշակումը: Ականին կցվող մոդուլը հեռավար կառավարելու նպատակով մշակվել է GSM համակարգով հեռավար կառավարման ծրագրավորված սարք [7]:

Սարքն ունի բարձր դիմացկունություն և կայունություն ջերմաստիճանային տարբեր տիրույթներում: Նկ.4-ում ներկայացված է GSM հեռավար կառավարման ծրագրավորվող սարքը: Այն մշակվել է՝ կիրառելով TMC-212 կոնտրոլերը և SIM300DZ տեխնոլոգիան [8,9]: Սարքն ունի բազմաթիվ ֆունկցիաներ՝ առաջնային մոդուլային կոնստրուկցիայի օգտագործմամբ: Հիշողության մեջ ծրագրի ներբեռնումից հետո այն տեղադրվում է սարքում և թույլ է տալիս վերջինս շահագործել երկար տարիներ: Սարքի նպատակը ականի մոդուլի և օգտատիրոջ փոխադարձ կապի ապահովումն է:

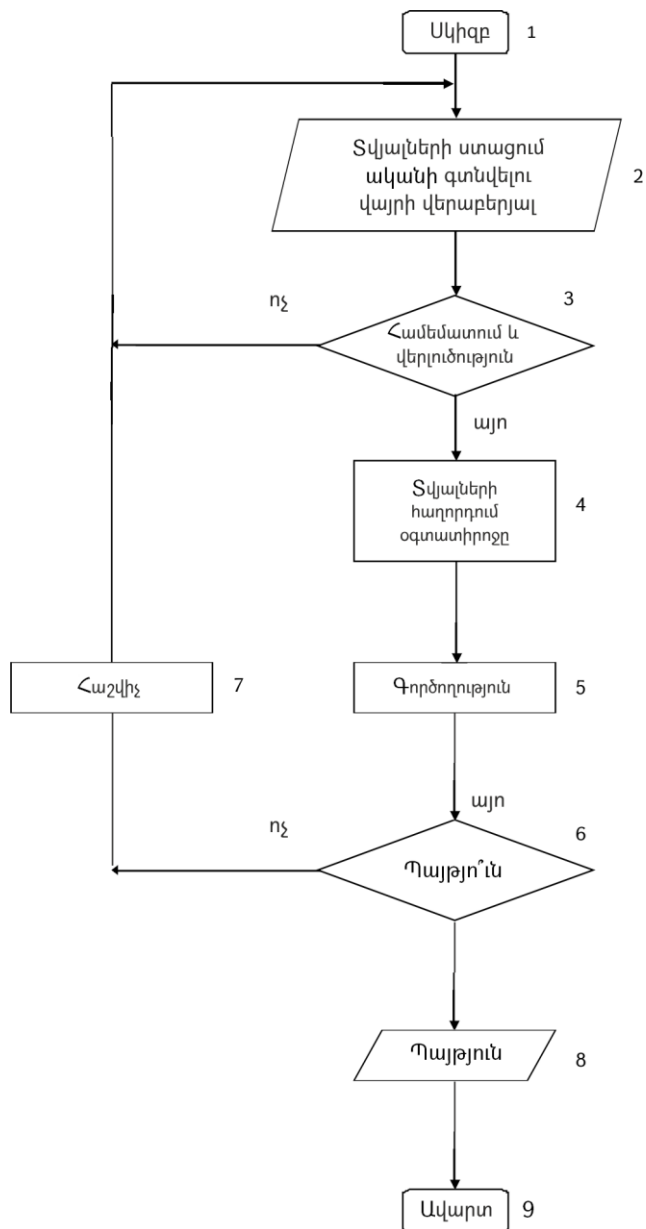


Նկ. 4. GSM հեռավար կառավարման ծրագրավորվող սարքը և մոդուլին միացման սխեման

GSM հեռավար կառավարման ծրագրավորվող սարքի և միացման սխեմայի աշխատանքի սկզբունքը հետևյալն է. TCM 212 կոնտրոլերը ստանում է ազդանշաններ GSM սարքից՝ 1...14 մուտքերի միջոցով, կոմբինացիաների դեպքում՝ համապատասխան ելքերից նոր ազդանշան է փոխանցում ականին կցված մոդուլին (ելքեր 27,28)՝ կոճի մագնիսական դաշտը միացնելու համար: Օգտատիրոջ հետ հետադարձ կապն ապահովվում է GSM սարքին (ելքեր 15...18) տրվող ազդանշաններով: RST-ն նախատեսված է սարքը գործարանային վիճակի բերելու համար: Մյուս նշումները համապատասխանում են կոնտրոլերի կառուցվածքին [8]:

GSM հեռավար կառավարման ծրագրավորվող սարքը գործադրման պահից իր գտնվելու վայրի վերաբերյալ պարբերաբար տվյալներ է ուղարկում օգտատիրոջը՝ սպասելով համապատասխան հրահանգի: Այն մշակում և վերլուծում է մարտկոցի տվյալները, կարգավորում վերջինս՝ նվազագույն էներգիայով երկարատև և քիչ բեռնավորման աշխատանքի համար:

Ծրագրի աշխատանքի ալգորիթի բլոկ-սխեման բերված է նկ.5-ում: Այդտեղ դիտարկված է ականի գտնվելու կոորդինատների վերաբերյալ օգտատիրոջ տվյալների ստացման ու մշակման ծրագրի ալգորիթը, որի գործողության սկզբունքը հետևյալն է:



Նկ. 5. Ծրագրի ալգորիթի բլոկ-սխեման

Սկիզբ (1), ականի կոորդինատների և մոդուլի մարտկոցի վերաբերյալ որոշակի պարբերականությամբ տվյալների ստացում (2), ստացված տվյալների համեմատում և վերլուծություն (3), մշակված տվյալների հաղորդում օգտատիրոջը (4), օգտատիրոջ կողմից համապատասխան գործողության ազդանշանի հաղորդում սարքին (5), գործողության կողմի համեմատում (6): (7) ոչ պայթյունի կողմի արդյունքում, որոշակի ժամանակ անց, համակարգի կրկին ակտիվացում, (2), (3), (4) բլոկ-սխեմաների կատարում: Պայթյունի կողմն ուղարկելու դեպքում (8) մոդուլի ներսում կոճն իր շուրջը ստեղծում է մագնիսական դաշտ՝ դեպի իրեն ձգելով ռումբիկը: Արդյունքում՝ ականը պայթում է: Ավարտ (9):

TCM 212 կոնտրոլերի հենքի վրա աշխատող համակարգը ծրագրավորվում է C ծրագրավորման լեզվով և յուրացվում (կոմպիլացվում) է Mikroelektronika ընկերության MikroC յուրացուցիչի միջոցով:

Մշակված տեխնոլոգիան և պաշտպանիչ սարքն ունեն պարզ կառուցվածք և ցածր ինքնարժեք:

Եզրակացություն.

1. Մշակվել է ուսումնավարժանքային պարապմունքներում կիրառվող ականների հեռավար կառավարման համապիտանի արդյունավետ համակարգ: Կիրառության մեջ առկա համապատասխան զենքի ձևափոխված տեսակին կցված է ստանդարտ կառուցվածքով ականը գործի դնող մոդուլ և GSM համակարգով հեռավար կառավարման ծրագրավորվող սարք:

2. Ականի մշակված մոդուլին կցված է GSM կապով հեռավար կառավարման ծրագրավորվող սարք, որը հնարավորություն է տալիս ստանալ տեղեկություն ականի գտնվելու, գործելու վերաբերյալ և դեկավարել մոդուլի աշխատանքը:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Heeres-Dienstvorschrift H.Dv.** 220/4 c (Ausbildungsvorschrift für Pioniere).- “Anleitung für Bedienung und Einsatz der S-Mine 35”.- März, 1942. - Vol. 1.
2. Merkblatt 29a/22 “S-Mine 44 mit S-Minenzünder 44”.- Mai, 1944. - Vol. 18.
3. **Яворский Б.М., Детлаф А.А.** Справочник по физике.- 2-е изд., перераб. — М.: Наука, Гл. ред. физ-мат. литературы, 1985. - 512 с.
4. **Шунков В.Н.** Оружие пехоты.- Минск: Харвест, 1999. — 624 с.
5. **Мальцев И.М.** Технология триботехнических ленточных электроспеченных порошковых материалов // Международный научно-технический журнал. — 2003. — № 1. — С. 60-66.
6. **Болтон У.** Конструкционные материалы: металлы, сплавы, полимеры, керамика, композиты: Карманный справочник. — М.: Изд. дом “Додэка-XXI”, 2004.-320 с.
7. **Սևդյան Ջ.Ս., Փանոսյան Ժ.Ռ., Պետրոսյան Ռ.Պ., Միմոնյան Հ.Ս.** Էներգիայի պահուստավորման և սպառման ունիվերսալ համակարգ // Հայաստանի ճարտարագիտական ակադեմիայի ԼՐԱԲԵԴ.- 2016.-Հ.13, N2.-էջ 318-324:

8. **Bolton W.** Programmable Logic Controllers.- Fifth Edition.- 2016.
9. **Sim300DZ Hardware Specification.** SIMCOM report.- 2006.

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 17.10.2016:

Ж.Р. ПАНОСЯН, Г.П. ВАРДАНЯН, Д.С. СЕВОЯН

**ЭФФЕКТИВНАЯ УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНАЯ УНИВЕРСАЛЬНАЯ СИСТЕМА
ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ МИНАМИ**

Разработана эффективная учебно-тренировочная универсальная система дистанционного управления минами. Программируемое устройство с GSM системой дистанционного управления прикреплено к соответствующему типу модифицированного оружия, имеющегося на практике.

Ключевые слова: мины, GSM система дистанционного управления, эффективная система, программируемое устройство.

J.R. PANOSYAN, G.P. VARDANYAN, J.S. SEVOYAN

**AN EFFICIENT ACADEMIC-TRAINING UNIVERSAL SYSTEM FOR A DISTANT
CONTROL OF MINES**

An efficient academic-training universal system for a distant control of mines is developed. The programmable device with a GSM distance (remote) control system is attached to the corresponding type of modified weapon available in practice.

Keywords: mines, GSM distance (remote) control, efficient system, programmable device.

Ս.Գ. ԱՂԲԱԼՅԱՆ, Գ.Ա. ՎԱՍԻԼՅԱՆ, Ա.Ռ. ՍԱՐԳՍՅԱՆ

**ՊՂՆՁԻ ՀԻՄՔՈՎ ԴԻՍՊԵՐՍ ԿԱՐԾՐԱՑՈՂ ԵՎ ՊՂՆՁՅԱ ԹԵԼՔԵՐՈՎ
ԱՄՐԱՆԱՎՈՐՎԱԾ ՓՈՇԵԿՈՄՊՈԶԻՏԱՅԻՆ ՆՅՈՒԹԵՐԻ ՋԵՐՄԱՅԻՆ ՄՇԱԿՄԱՆ
ԳՈՐԾԸՆԹԱՑԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ**

Փորձարարական հետազոտությունների արդյունքում որոշվել են ամրացնող ջերմային մշակման (մխում, ծերացում) լավարկված պարամետրերը՝ $T_{\text{մ}}=1000^{\pm 25^{\circ}\text{C}}$, $(\tau_{\text{մ}}=2\text{ժ}, T_{\text{ծ}}=425^{\pm 25^{\circ}\text{C}}$, $\tau_{\text{ծ}}=6\text{ժ}$, որոնց դեպքում ապահովվում են ոչ միայն մեխանիկական բարձր հատկություններ՝ $\sigma_{\text{ծ}}=350\dots 360 \text{ ՄՊա}$, $\text{HB}=1200\dots 1300 \text{ ՄՊա}$, այլ նաև բարձր ջերմահաղորդականություն ($\chi=70 \text{ Վտ/}^{\circ}\text{C.մ}$) և էլեկտրահաղորդականություն: Մետաղագիտական վերլուծության արդյունքում ցույց է տրվել, որ $\text{Cu}+1,0\%\text{Cr}+0,8\%\text{Zr}+10\%\text{Cu}_{\text{թ}}$ փոշեկոմպոզիտային նյութի կառուցվածքը եռաֆազ է: Այն բաղկացած է $\alpha\text{-Cu}$ -ից (Cr -ի և Zr -ի պինդ լուծույթը պղնձում), Cu_5Zr ինտերմետաղական ֆազից և պղնձի թելքերից: Ընդ որում, պինդ լուծույթի հիմքով մայրակն ապահովում է բարձր ամրային հատկություններ և ջերմակայունություն, իսկ պղնձյա թելքերը՝ բարձր ջերմահաղորդականություն և էլեկտրահաղորդականություն:

Առանցքային բառեր. պղինձ, դիսպերս կարծրացում, մետաղաթելք, ամրանավորում, փոշեկոմպոզիտային նյութ, մխում, ծերացում, պինդ լուծույթ, ինտերմետաղական ֆազ:

Ներածություն. Բարձր տեսակարար ամրությամբ, ջերմակայունությամբ, հրամրությամբ, պլաստիկությամբ, էլեկտրահաղորդականությամբ և այլ արժեքավոր հատկություններով օժտված նոր նյութերի ստեղծման բնագավառում մեծ հետաքրքրություն են ներկայացնում դիսպերս մասնիկներով կարծրացող և դիսպերս հատիկներով ամրացվող մետաղական հիմքով կոմպոզիտային նյութերը, որոնցից առաջինում դիսպերս մասնիկների չափերը տատանվում են $10\dots 100 \text{ նմ}$, իսկ ծավալային պարունակությունը՝ $1\dots 15 \text{ ծավ.}\%$, մինչդեռ երկրորդում դիսպերս հատիկների չափերը գերազանցում են $1,0 \text{ մկմ}$ -ը, իսկ ծավալային պարունակությունը՝ մոտավորապես $25 \text{ ծավ.}\%$: Հատկությունների բազմազանության տեսանկյունից առավել հեռանկարային են մետաղական թելքերով ամրանավորված կոմպոզիտային նյութերը, որոնց մեջ մետաղական թելքերի տրամագիծը տատանվում է $1,0 \text{ մկմ}$ -ի մասերից մինչև մի քանի տասնյակ և հարյուր մկմ , իսկ ծավալային պարունակությունը՝ մի քանի $\%$ -ից մինչև $70 \text{ ծավ.}\%$ և ավելի [1, 2]:

Մետաղական թելքերով ամրանավորված կոմպոզիտային նյութերի առաձևա-հատկությունն այն է, որ դրանք օժտված են ամրացման բարձր գործակցով, իսկ կառուցվածքային տեսակետից՝ ամրանավորող ֆազի մեկ չափը մեծ է, մինչդեռ մյուս

երկու խմբերի կոմպոզիտային նյութերում ամրացնող մասնիկները համարյա հավասարաառանցք են: Կոմպոզիտային նյութերի հատկությունները խիստ կերպով կախված են բովանդակության մեջ ավելացված դիսպերս հատիկների տրամագծից, մետաղաթելքերի ℓ/d հարաբերությունից, ինչպես նաև ջերմային մշակման ընթացքում մայրակից անջատված դիսպերս մասնիկների չափերից:

Կոմպոզիտային նյութերի ստացման բնագավառում փոշեմետալուրգիան ունի լայն հնարավորություններ և հեռանկարային մեթոդներից է: Այսպիսի նյութերը պետք է ունենան անծակտկեն կառուցվածք և մեխանիկական բարձր հատկություններ, որոնք գործնականում հնարավոր է ապահովել տաք արտամղման և ջերմային մշակման միջոցով:

Ելնելով վերը նշվածից՝ հետազոտության նպատակն է մշակել բարձր էլեկտրահաղորդականությամբ և ջերմակայունությամբ օժտված, դիսպերս մասնիկներով (ֆազերով) կարծրացող և պղնձյա թելքերով ամրանավորված, պղնձի հիմքով բարձրամուր կոմպոզիցիոն նյութերի ջերմային մշակման տեխնոլոգիա և ընտրել օպտիմալ ռեժիմներ:

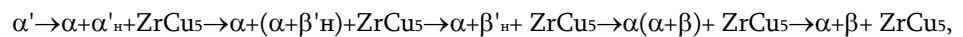
Խնդրի դրվածքը և մեթոդիկայի հիմնավորումը. Պղնձի հիմքով համաձուլվածքները ենթարկվում են տարբեր տեսակի ջերմամշակման՝ թրծման, միման, ծերացման և այլն: Թրծման ջերմաստիճանն ընտրվում է մեխանիկական հատկությունների ջերմաստիճանային կախվածության գրաֆիկից, համաձայն որի, այն պետք է ավելի բարձր լինի համաձուլվածքի վերաբյուրեղացման ջերմաստիճանից: Պղնձի հիմքով դիսպերս կարծրացող համաձուլվածքների համար վերաբյուրեղացման թրծման ջերմաստիճանը գտնվում է համեմատաբար նեղ տիրույթում՝ $T_{\text{վ}} = 650 \dots 700 \text{ }^{\circ}\text{C}$, իսկ տևողությունը՝ $1 \dots 2 \text{ ժ}$ և կախված է վառարանի բեռնավորման աստիճանից:

Միմումը և ծերացումը հիմնական տեխնոլոգիական օպերացիաներ են, հատկապես պատրաստի արտադրանքի դեպքում, որոնց շնորհիվ բարձրանում են նյութի մեխանիկական և շահագործական հատկությունները՝ ապահովելով դրանց որոշակի զուգակցումը: Այդ իսկ պատճառով դիսպերս կարծրացող համաձուլվածքների օգտագործումն առանց միման նպատակահարմար չէ: Միման ջերմաստիճանը, անկախ համաձուլվածքի քիմիական բաղադրությունից, սահմանափակվում է համեմատաբար նեղ միջակայքում, ամենից հաճախ՝ $950 \dots 1000 \text{ }^{\circ}\text{C}$: Պահման տևողությունը միման ջերմաստիճանում սովորաբար կազմում է $30 \dots 150 \text{ րոպե}$, սառեցումը՝ սառը ջրում:

Քրոմային և քրոմցիրկոնիումային բրոնզների միման ջերմաստիճանի բարձրացումը մինչև $1000 \dots 1050 \text{ }^{\circ}\text{C}$ կարող է ապահովել մեխանիկական հատկությունների զգալի ավելացում (մոտավորապես $10 \dots 30\%$ -ով)՝ $20 \dots 450 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ջերմաստիճանային միջակայքում ծերացման դեպքում [3-5]: Դա բացատրվում է նրանով, որ գործնականո-

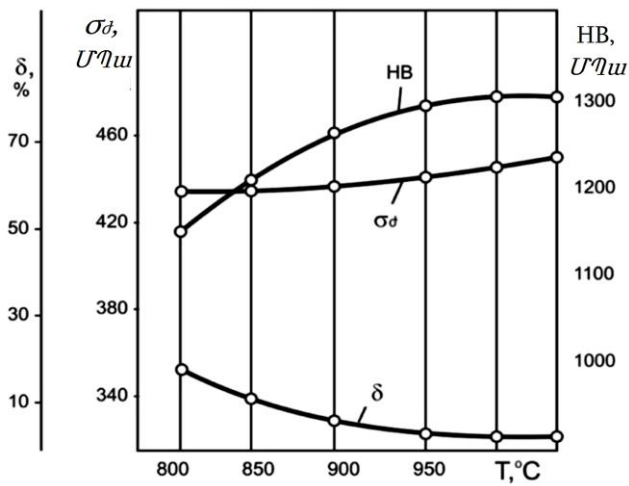
րեն մինչև հալման ջերմաստիճանն այս համաձուլվածքներն ունեն երկֆազ կառուցվածք, և միմյան ջերմաստիճանի բարձրացումը մեծացնում է պինդ լուծույթում լեգիրող տարրերի լուծվելիությունը, որի հետևանքով միտումից հետո ստացվում է ավելի գերհագեցած պինդ լուծույթ: Հաջորդող ծերացման ժամանակ մեծանում է երկրորդ ֆազի առաջացման ծավալային բաժինը, ինչպես նաև համաձուլվածքի մեխանիկական հատկությունները: Պղնձի հիմքի վրա դիսպերս կարծրացող համաձուլվածքների ծերացումը սովորաբար իրականացվում է $400...500^{\circ}\text{C}$ ջերմաստիճանային միջակայքում 2...6 ժ տևողությամբ:

Ներկայումս $\alpha+\beta$ կառուցվածքով պղնձի համաձուլվածքների (α -ն՝ պինդ լուծույթ է պղնձի հիմքով, β -ն՝ պինդ լուծույթ քրոմի հիմքով) դեպքում հիմնականում կիրառում են ամրացնող ջերմամշակում, որի էությունը արագացված սառեցումով (միմամբ) կիսակայուն ֆազի պահպանման և հետագա արհեստական ծերացման ժամանակ նրա քայքայումն է, որի բնթացքում առաջանում են դիսպերս մասնիկներ՝ բաղկացած պինդ լուծույթից և ինտերմետաղական ZrCu_5 ֆազերից.

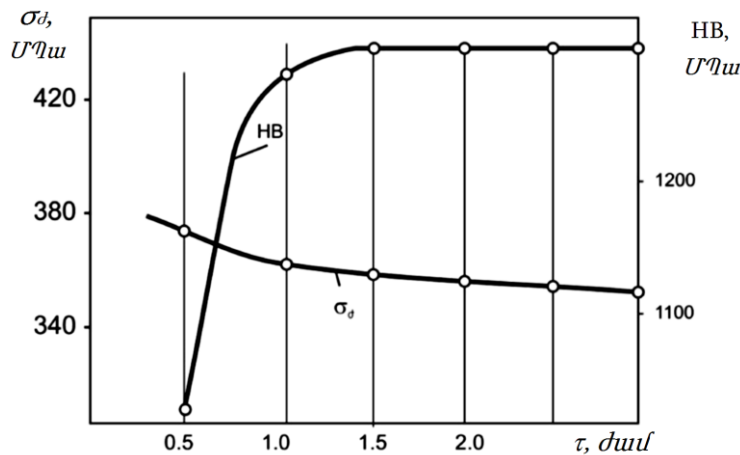


որտեղ α'_{H} -ը անկայուն α' -ֆազն է, իսկ β'_{H} -ը՝ անկայուն β -ֆազը: Ինչ վերաբերում է միմյան ռեժիմի ընտրմանը, ապա պետք է նշել, որ ամենաբարձր ամրություն և կարծրություն ստացվում է փոխակերպության ջերմաստիճանների մոտակայքում միմյան ժամանակ՝ 950°C -ից բարձր ջերմաստիճանից (նկ. 1 և 2): Միմյան ջերմաստիճանի բարձրացումը 1050°C -ից ավելի նպատակահարմար չէ՝ կապված համաձուլվածքում հեղուկ ֆազի առաջացման հետ: Միմյան ջերմաստիճանում պահման տևողությունը վերցվում է հավասար 30...250 *րոպեի* (նկ. 2), որի դեպքում տեղի է ունենում հատկությունների կայունացում:

Cu-Cr-Zr փոշեհամաձուլվածքների ամրացման համար միտումը կատարվել է α տիրույթից՝ $\alpha \leftrightarrow \beta$ փոխակերպությանը մոտ ջերմաստիճաններից: Դիսպերս ամրացման արդյունավետությունը զգացվում է 400°C -ից բարձր ջերմաստիճաններից ծերացման դեպքում (նկ. 3): Ամենամեծ ամրություն և կարծրություն, ինչպես նաև նվազագույն պլաստիկություն ստացվել է $400...425^{\circ}\text{C}$ ծերացման դեպքում: Ծերացման ջերմաստիճանի հետագա բարձրացումը (որպես կանոն՝ 450°C) առաջացնում է փոշեհամաձուլվածքի ամրության լրիվ կորուստ և պլաստիկության աճ: Ծերացման տևողության ազդեցությունն ավելի փոքր է, քանի որ ֆազի դիսպերս քայքայման գործընթացն ընթանում է ավելի ինտենսիվ առաջին մի քանի րոպեում: Սովորաբար գործարանային պայմաններում պղնձի համաձուլվածքների ծերացման տևողությունը կազմում է 2...6 ժ:

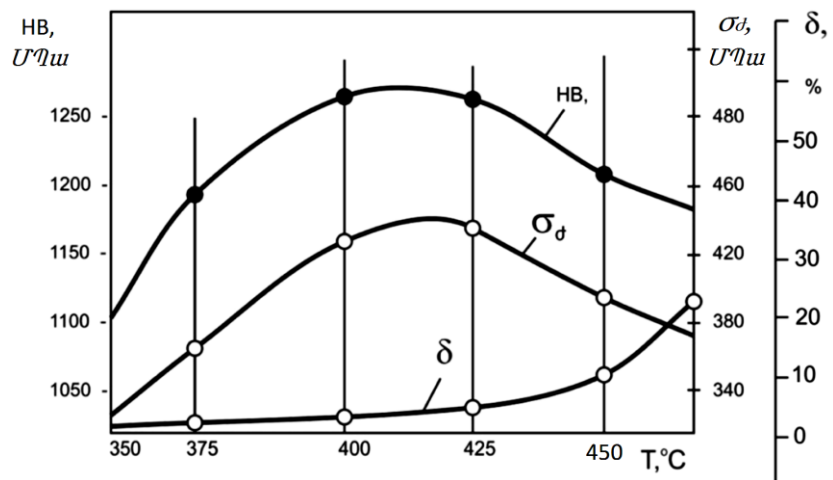


Նկ. 1. Ամրության սահմանի (σ_{δ}), հարաբերական երկարացման (δ) և կարծրության (HB) կախվածությունը միմյան ջերմաստիճանից, երբ $T_{\delta} = 425^{\circ}\text{C}$, $\tau_{\delta} = 6$ ժամ



Նկ. 2. Ամրության սահմանի (σ_{δ}) և կարծրության (HB) կախվածությունը միմյան ջերմաստիճանում պահման տևողությունից, երբ $T_{\delta} = 425^{\circ}\text{C}$, $\tau_{\delta} = 6$ ժամ

Cr և Zr փոխադարձ լուծվելիությունը Cu-ի մեջ բարենպաստ պայմաններ է ստեղծում պինդ լուծույթների գերհագեցման համար՝ միմյան և հետագա ծերացման դեպքում: Հետևաբար՝ Cu-Cr-Zr փոշեհամաձուլվածքում՝ ամրացնող ջերմամշակման դեպքում, ընթանում են ամրացման երկու մեխանիզմներ՝ ֆազային՝ լուծույթային և Cu_5Zr - ֆազային՝ ինտերմետաղական:

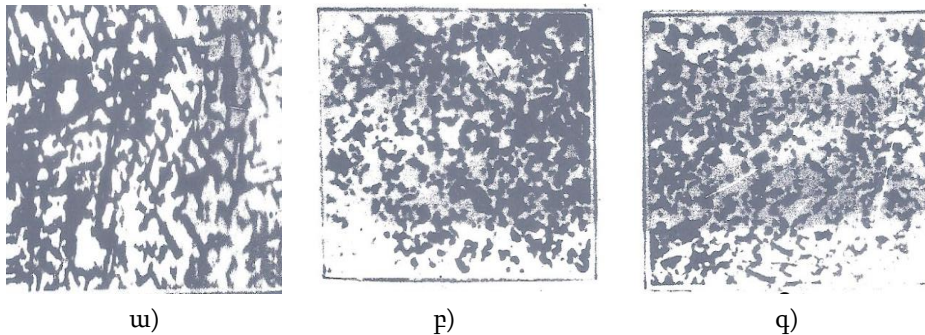


Նկ. 3. Կարծրության (HB), ամրության սահմանի ($\sigma_{0.2}$) և հարաբերական երկարացման (δ) կախվածությունը ծեղացման ջերմաստիճանից, երբ $T_{\text{լ}}=1000^{\pm 25} \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau_{\text{լ}}=2$ ժամ

Հետազոտության արդյունքները. Կատարվել է ստացված փոշեհամաձուլվածքների կառուցվածքի լրիվ վերլուծություն՝ օգտագործելով օպտիկական և էլեկտրոնային մանրադիտակները, ինչպես նաև միկրոռենտգենական անալիզները, որի համար օպտիմալ ռեժիմներով ($T_{\text{ա}}=1000^{\pm 25} \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau_{\text{ա}}=2$ ժ, $\alpha_{\text{ա}}=110^{\circ}\text{C}$, $\lambda=5$) պատրաստվել է $\text{Cu}+1\%\text{Cr}+0.8\%\text{Zr}+10\%\text{Cu}_{\text{p}}$ բաղադրությամբ կոմպոզիտային նյութի փորձնական խմբաքանակ, որոնցից ստանդարտ մեթոդիկայով [6] պատրաստվել են հղկանմուշներ, որոնց խաճատման համար օգտագործվել է աղաթթվի 40 տոկոսանոց ջրային լուծույթ [7]: Տաք արտամղումից հետո նմուշներն ընտրված ռեժիմներով ենթարկվել են միմյան և ծեղացման: Թրծումը կատարվել է $T_{\text{թ}}=675^{\pm 25} \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau_{\text{թ}}=2$ ժ, մխումը՝ $T_{\text{մ}}=1000^{\pm 25} \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau_{\text{մ}}=2$ ժ, ծեղացումը՝ $T_{\text{ծ}}=425^{\pm 25} \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau_{\text{ծ}}=6$ ժ: Բոլոր փորձանմուշների համար միմյան ջերմաստիճանը համապատասխանում է α -տիրույթին: Մթնոլորտի բացասական ազդեցությունը բացառելու համար ջերմամշակումը կատարվել է արգոնի միջավայրում:

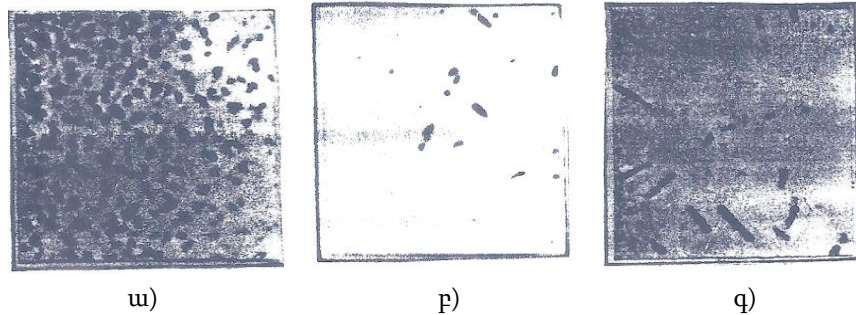
Նկ. 4-ում պատկերված են տաք արտամղմամբ ստացված $\text{Cu}+1\%\text{Cr}+0.8\%\text{Zr}+10\%\text{Cu}_{\text{p}}$ բաղադրությամբ պղնձի փոշեհամաձուլվածքի միկրոկառուցվածքները թրծումից (ա), մխումից (բ) և ծեղացումից (գ) հետո: Թրծմամբ, մխմամբ ու ծեղացմամբ ամրացված փոշեհամաձուլվածքներն ունեն իրենց առանձնահատուկ կառուցվածքները: Հետազոտությունները ցույց են տվել, որ մշակված փոշեհամաձուլվածքում ծեղացման ժամանակ ստացվում է ծավալակենտրոն խորանարդային ցանցով β -ֆազ: Հայտնաբերվել է նաև փոքր քանակությամբ Cu_5Zr ինտերմետաղական ֆազ: Ծեղացման ջերմաստիճանի բարձրացման ժամանակ՝ 500°C -ից բարձր ($600\ldots 700^{\circ}\text{C}$), դիտվում է փոշեհամաձուլվածքների կառուցվածքի փոփոխություն (նկ. 5): Եթե 500°C ջերմաս-

տիճանում ծերացված փոշեհամաձուլվածքում առաջացած ֆազերը միկրոկառուցվածքում դիտվում են դեֆորմացված հատիկների սահմաններում, որոնք շատ նման են կոհերենտ անցումներում լարումների դաշտի բաշխվածությանը (նկ. 5ա), իսկ նրանց չափերը գործնականում միատեսակ են և գնահատվում են 18...19 նմ, ապա 600°C (նկ. 5բ) և 700°C (նկ. 5գ), ջերմաստիճաններում ծերացման ժամանակ առաջացած ֆազերն ունեն ցայտուն արտահայտված ձողանման ձև, ընդ որում, 500°C-ում դիսպերսայնության չափը համարյա 2 անգամ փոքր է, քան 700°C-ում: Ցիրկոնիումի փոքր ավելացումները խիստ կերպով ազդում են երկրորդ β - ֆազի մասնիկների չափերի վրա: Պինդ ֆազում եղած ցիրկոնիումը նվազեցնում է քրոմի դիֆուզիոն շարժունակությունը, որով և բացատրվում է Cu-Cr-Zr փոշեհամաձուլվածքի ջերմադիմացկունությունը:



Նկ. 4. Cu+1%Cr+0.8%Zr+10%Cu_բ բաղադրությամբ պղնձի փոշեհամաձուլվածքի միկրոկառուցվածքը ($\times 1000$). ա) - թրծաթողումից հետո, բ) - մխումից հետո ($T_{\text{մ}}=1000^{\circ}\text{C}$, $\tau_{\text{մ}}=2$ ժ), գ) - մխումից և ծերացումից հետո ($T_{\text{մ}}=1000^{\circ}\text{C}$, $\tau_{\text{մ}}=2$ ժ, $T_{\text{ծ}}=400^{\circ}\text{C}$, $\tau_{\text{ծ}}=6$ ժ)

Cu+1%Cr+0.8%Zr+10%Cu_բ բաղադրությամբ փոշեհամաձուլվածքի միկրոկառուցվածքը տարբերվում է իր մանրահատիկայնությամբ և ֆազերի բաղադրամասերի համաչափ բաշխմամբ: Փոշեհամաձուլվածքն ունի եռաֆազ կառուցվածք, դրանք են՝ δ կոն և պլաստիկ մայրակը, որը քրոմի և ցիրկոնիումի պինդ լուծույթն է պղնձում, Cu₅Zr ինտերմետաղական ֆազի դիսպերս միացությունները և Cu-ի թելքերը, որոնք համաչափ բաշխված են մայրակի մեջ: Այսպիսի անհամասեռ կառուցվածքն ամբողջությամբ բավարարում է կոնստրուկցիոն նյութերի ժամանակակից պահանջները:



Նկ. 5. $\text{Cu}+1\%\text{Cr}+0,8\%\text{Zr}+10\%\text{Cu}$ բաղադրությամբ փոշեհամաձուլվածքների միկրոկառուցվածքը մխումից և ծերացումից հետո ($\times 500$). ա - $T_0=500^\circ\text{C}$, $\tau_0=1$ ժ, բ - $T_0=600^\circ\text{C}$, $\tau_0=1$ ժ, գ - $T_0=700^\circ\text{C}$, $\tau_0=1$ ժ

Ֆազերի բաղադրամասերի ծավալային պարունակությունը որոշվել է Սալթի-կովի [8] մեթոդով: Հղկանմուշի կառուցվածքը դիտվել է 10 միավորանոց չափման տեսադաշտում, օգտագործելով 100 հանգուցային կետերով օկուլյար ցանց: Այսպիսով, կետերի ընդհանուր քանակը կազմում է 1000: Հավանականության տեսությունը թույլ է տալիս որոշել բացարձակ շեղման մեծությունը, որն արտահայտվում է հղկանմուշի մակերեսի մասերով կամ համաձուլվածքի ծավալի մասերով:

$$\varepsilon = t \sqrt{\frac{\sum V(1 - \sum V)}{Z}},$$

որտեղ Z -ը կետերի ընդհանուր քանակն է, $\sum V$ – ն՝ ֆազին պատկանող կետերի մասը, t -ն՝ նորմավորված շեղումը, որը որոշում է ստացված արդյունքի վստահելի հավանականությունը՝

$$P = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_0^t e^{-t^2/2} dt :$$

Ընտրվել է $t=0,6745$, որը համապատասխանում է անալիզի վստահելի հավանականության շեղմանը: Այն արտահայտված է փոշեհամաձուլվածքի ծավալի մասերով: $\text{Cu}-\text{Cr}-\text{Zr}-\text{Cu}$ փոշեհամաձուլվածքում ($\text{Cr}=1$ զանգվ.%, $\text{Zr}=0,8$ զանգվ.%, $\text{Cu}=10$ զանգվ.%), 1000 կետերից 45-ը և 40-ը պատկանում են համապատասխանաբար Cr -ի հիմքի վրա պինդ լուծույթին (β -ֆազ) և Cu_5Zr ինտերմետաղական ֆազին: Հետևաբար, կառուցվածքային բաղադրամասերի իրական ծավալային մասը գտնվում է $0,45 \pm 0,02$ (β -ֆազ) և $0,40 \pm 0,0019$ (Cu_5Zr) սահմաններում: Ֆազերի այդպիսի քանակը, որը որոշված է փորձնական ճանապարհով, ամբողջությամբ համընկնում է տեսական հաշվարկների արդյունքներին՝ 4,49 ծավ. % β -ֆազի և 4,45 ծավ. %՝ ինտերմետաղական ֆազի դեպքում:

Ժամանակակից մետաղագիտությունը մեծ ուշադրություն է դարձնում կոտրվածքների կառուցվածքի (ֆրակտոգրամ) ուսումնասիրությանը, քանի որ այն կարևոր տեղեկություն է տալիս նյութի կառուցվածքային քայքայման մեխանիզմի մասին [9, 10]: Սակայն մինչև այսօր ամբողջությամբ ուսումնասիրված չեն պղնձի հիմքով և պղնձյա թելքերով ամրանավորված բարձրամուր կոմպոզիտային նյութի կառուցվածքային քայքայման հիմնական օրիանաչափությունները: Այս առումով ուսումնասիրվել է MM մակնիշի պղնձյա թելքերով ($V_{\text{ծավ}}=10\%$, $d=0,20$ մմ, $l/d=20$) ամրանավորված պղնձի հիմքով $\text{Cu}+1\%\text{Cr}+0,8\%\text{Zr}+10\%\text{Cu}_\text{P}$ բաղադրությամբ կոմպոզիտային նյութի քայքայման բնույթը: Կոտրվածքները ստացվել են $10\times10\times55$ մմ չափսի (KCU), 2,0 մմ խորությամբ կտրվածքով և 2,5 մմ կլորացման շառավղով ջերմամշակված նախապատրաստվածքների հարվածային քայքայման արդյունքում: Կոտրվածքների ֆրակտոգրամների ուսումնասիրությունը ցույց է տալիս, որ կառուցվածքում գոյություն ունեն Cu -ի թելքերի կողմնորոշվածություն, հավասարաչափ բաշխվածություն և փափուկ մայրակի հետ ամուր կապ: Քայքայված թելքերի ծայրերը գտնվում են մոտավորապես մայրակի կտրման հարթությունում: Քայքայումից հետո բուն թելքի դեֆորմացումը հավասարաչափ է, առանց խանգարումների: Բարդ կոնֆիգուրացիաով կոտրման աստիճանները հպվում են սակավաթիվ ֆասետների հետ: Հատիկասահմանային ֆասետները կողմնորոշված են դեֆորմացնող լարումների առանցքի նկատմամբ որոշակի անկյան տակ: Փոշեհամաձուլվածքի քայքայման բնույթն առաջին հերթին բնորոշվում է լարվածային-դեֆորմացված վիճակում գտնվող թելքերի վարքից: Կողմնորոշվածությունը և մայրակի հետ թելքերի կապակցման ամրությունը խոչընդոտում են թելքերի վրա վզիկների առաջացմանն ու զարգացմանը, ինչը բարենպաստ պայմաններ է ստեղծում ամբողջ թելքի երկայնքով հավասարաչափ պլաստիկ դեֆորմացման զարգացման համար: Այստեղից հետևում է, որ թելքերի հատկություններն օգտագործվում են 100%-ով, որով և որոշվում են ամրանավորված փոշեհամաձուլվածքների բարձր ամրության հատկությունները, իսկ մշակված փոշեհամաձուլվածքում՝ բարձր էլեկտրահաղորդականությունը: Այս եզրակացությունը հաստատվում է նաև նրանով, որ ֆրակտոգրամներից ոչ մեկի վրա չեն հայտնաբերվել մայրակի միջից պոկված թելքեր:

Ինչպես ցույց են տալիս հետազոտությունները, տաք արտամղման և հետագա ջերմամշակման ընթացքում տեղի է ունենում Cu_P -ի և Cu -ի հիմքով մայրակի միջև քիմիական փոխազդեցություն՝ լուծում մեկը մյուսի մեջ: Սակայն այս գործընթացը չի ընթանում թելքի ամբողջ կտրվածքով, որն էլ հնարավորություն է տալիս պահպանել բարձր մաքրությամբ պղնձյա թելքի առկայությունը, արդյունքում՝ նաև բարձր էլեկտրահաղորդականությունը:

Եզրակացություն. Մետաղագիտական վերլուծության արդյունքում ցույց է տրված, որ միտումից և ծերացումից հետո $\text{Cu}+1,0\%\text{Cr}+0,8\%\text{Zr}+10\%\text{Cu}_\phi$ բաղադրությամբ փոշեկոմպոզիտային նյութի կառուցվածքը եռաֆազ է: Այն բաղկացած է $\alpha\text{-Cu}$ -ից (Cr-ի և Zr-ի պինդ լուծույթը պղնձում), Cu_5Zr ինտերմետաղական ֆազից և պղնձի թելքերից: Ընդ որում, պինդ լուծույթի հիմքով մայրակն ապահովում է բարձր մեխանիկական հատկություններ և ջերմակայունություն, իսկ պղնձյա թելքերը՝ բարձր ջերմահաղորդականություն և էլեկտրահաղորդականություն: Ֆրակտոգրաֆիական հետազոտությամբ սահմանվել է կառուցվածքային քայքայման մեխանիզմը: Ցույց է տրված, որ թելքերի կոդմնորոշվածությունը և մայրակի հետ կապակցման ամրությունը խոչընդոտում են թելքերի վրա վզիկների առաջացմանն ու զարգացմանը, ինչը բարենպաստ պայմաններ է ստեղծում ամբողջ թելքի երկայնքով հավասարաչափ պլաստիկ դեֆորմացման զարգացման համար, որը և ապացուցում է թելքերի հատկությունների 100%-ով օգտագործման հնարավորությունը:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Карпинос Д.М., Тучинский Л.И., Вишняков Л.Р.** Новые композиционные материалы. - Киев: Вища школа, 1977. - 312 с.
2. Современные композиционные материалы / Под ред. **И.Л. Светлова.** - М.: Мир, 1970. - 672 с
3. **Dol T.** Nippon Kindzoku Gakkaishi. - 1957.- V.21.- P.337-339.
4. **Дорофеев Ю.Г.** Динамическое горячее прессование в металлокерамике.- М.: Металлургия. 1972.- 176 с.
5. **Колачев Б.А., Ливанов В.А., Елагин В.И.** Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов.- М.: Металлургия, 1981.- 416 с.
6. **Геллер Ю.А., Рахсггадт А.Г.** Материаловедение.- М.: Металлургия, 1984.- 384 с.
7. **Баранова Л.В., Демина Э.Л.** Металлографическое травление металлов и сплавов.- Справочник.- М.: Металлургия, 1966.- 256 с.
8. **Салтыков С.А.** Стереометрическая металлография.- М.: Металлургия, 1970.- 375 с.
9. Фрактография, прокаливаемость и свойства сплавов / **М.П. Браун и др.**- Киев: Наукова Думка, 1966.- 312 с.
10. Приборы и методы физического металловедения.- Вып. 2 / Под ред. **Ф. Вейнберга.**- М.: Мир, 1974.- 363 с.

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 10.09.2016:

С.Г. АГБАЛЯН, Г.А. ВАСИЛЯН, А.Р. САРКИСЯН

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДИСПЕРСНО
ТВЕРДЕЮЩИХ И АРМИРОВАННЫХ МЕДНЫМИ ВОЛОКНАМИ
ПОРОШКОВЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МЕДИ**

По результатам экспериментальных исследований определены оптимальные параметры ($T_3=1000^{\pm 25} \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau_3=2 \text{ ч}$, $T_c=425^{\pm 25} \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau_c=6 \text{ ч}$) упрочняющей термообработки (закалка, старение), которые обеспечивают не только высокие механические свойства ($\sigma_{\text{в}}=350 \dots 360 \text{ МПа}$, $\text{HB}=1200 \dots 1300 \text{ МПа}$), но и высокие теплопроводность ($\chi=70 \text{ Вт/К}\cdot\text{м}$) и электропроводность. Результаты металлографического анализа показали, что порошковый композиционный материал $\text{Cu}+1,0\%\text{Cr}+0,8\%\text{Zr}+10\%\text{Cu}_{\text{в}}$ имеет трехфазную структуру и состоит из $\alpha\text{-Cu}$ (твердого раствора Cr и Zr в меди), интерметаллидной фазы и медных волокон. Матрица на основе твердого раствора обеспечивает высокие прочностные свойства, а медные волокна – высокие теплопроводность и электропроводность.

Ключевые слова: медь, дисперсное твердение, металлическое волокно, армирование, порошковый композиционный материал, закалка, старение, твердый раствор, интерметаллидная фаза.

S.G. AGHBALYAN, G.A. VASILYAN, A.R. SARKISYAN

**INVESTIGATING THE PROCESSES OF HEAT TREATMENT OF
DISPERSIONHARDENING AND FIBER - REINFORCED COPPER POWDER
COMPOSITE MATERIALS BASED ON COPPER**

According to the results of experimental studies, the optimal parameters ($T_h=1000^{\pm 25} \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau_h = 2 \text{ h}$, $T_o = 425^{\pm 25} \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau_o = 6 \text{ h}$) of the hardening heat treatment (hardening, aging), providing not only high mechanical properties ($\sigma_t = 350 \dots 360 \text{ МПа}$, $\text{HB} = 1200 \dots 1300 \text{ МПа}$), but also high thermal ($\chi = 70 \text{ W/K}\cdot\text{m}$) and electrical conductivity. The results of the metallographic analysis have shown that the powder composite material $\text{Cu} + 1,0\% \text{ Cr} + 0,8\% \text{ Zr} + 10 \% \text{Cu}_f$ has a three-phase structure and is composed of $\alpha\text{-Cu}$ (solid solution of Cr and Zr in the copper) and intermetallic phase of copper fibers. The matrix based on a solid solution provides high mechanical properties, while the copper fibers-high electrical conductivity.

Keywords: copper, dispersion hardening, metal fiber, reinforcement, powder composite material, hardening, aging, solid solution, intermetallic phase.

Գ.Պ. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ, Ժ.Ռ. ՓԱՆՈՍՅԱՆ, Զ.Ս. ՍԵՎՈՅԱՆ

ԿԱՐԿՈՒՏԻՑ ՊԱՇՏՊԱՆՎԱԾ ԱՐԵՎԱՅԻՆ ԼՈՒՍԱԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ
ԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵՏ ՄՈԴՈՒԼԻ ՊԱՏՐԱՍՏՄԱՆ ՆՈՐ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱ

Մշակվել է կարկուտից պաշտպանող արևային լուսաէլեկտրական նոր մոդուլի պատրաստման տեխնոլոգիա, որի արդյունավետությունը նախորդների համեմատ բարձրացել է 5%-ով, իսկ երկարակեցությունը՝ 2 անգամ: Մշակված մոդուլին կցված են արևային լուսաէլեկտրական կերպավորիչները կարկուտի հարվածներից պաշտպանող կոնստրուկցիա և GSM հեռավար կառավարման ծրագրավորվող սարք:

Առանցքային բառեր. արևային լուսաէլեկտրական մոդուլ, մեխանիկական, քիմիական և ճառագայթային ազդեցություններ, պաշտպանվածություն, արդյունավետություն, հակակարկուտային ծածկույթ, GSM կապով հեռավար կառավարում, ծրագրավորվող սարք:

Ներածություն. Էներգետիկական արտադրության համաշխարհային ծավալը տարեկան կտրվածքով կազմում է ավելի քան 3 տրիլիոն ԱՄՆ դոլար: Այս արտադրության մեջ վերականգնվող էներգիայի աղբյուրների արտադրանքի մասնաբաժինն անընդհատ աճում է [1]: Միաժամանակ, էլեկտրաէներգիա արտադրող արևային լուսաէլեկտրական կայանների (ԱԼԷԿ) պատրաստման և տեղադրման տեմպերը զգալիորեն գերազանցում են ինչպես ավանդական, այնպես էլ վերականգնվող էներգետիկայի մյուս բոլոր ճյուղերի տեմպերը: 2006-2011թթ. ընթացքում ԱԼԷԿ-ների տեղադրման տարեկան միջին աճը կազմել է 58%, իսկ 2011թ.՝ 74% [1]: Միայն 2015թ. աշխարհում շահագործման են հանձնվել 57 ԳՎտ ընդհանուր հզորությամբ ԱԼԷԿ-ներ: Վերջին տասնամյակի ընթացքում բազմաթիվ երկրներում կառուցվել և շահագործման են հանձնվել հզոր ԱԼԷԿ-ներ՝ յուրաքանչյուրը 50...600 ՄՎտ հզորությամբ: Սպասվում է, որ աշխարհի զարգացած երկրներում այս դարի կեսերին էլեկտրաէներգիայի արտադրության մոտ կեսը կապահովեն ԱԼԷԿ-ները: Դա միանգամայն իրագործելի ու հիմնավորված է, քանի որ Արևի էներգիան ամենուրեք տարածվող, վերականգնվող և էկոլոգիապես մաքուր էներգիայի ամենամեծ պաշարն է: Օգտագործելով Երկրի մակերեսի մի փոքր տոկոսը՝ կայուն զարգացման համար անհրաժեշտ էներգիայի պաշարը կարելի է ստանալ միայն Արևի էներգիայից՝ դրան համատեղ օգտագործելով նաև արդեն իսկ կիրառվող հիդրոէլեկտրակայանները կամ ինտենսիվ մշակվող գրաֆենային գերկոնդենսատորները և կուտակային մարտկոցները [2]: Հզոր ԱԼԷԿ-ները կարող են ապահովել անխափան էլեկտրասնուցում՝ տարբեր ժամային գոտիներում կառուցված և ընդհանուր ցանցի մեջ

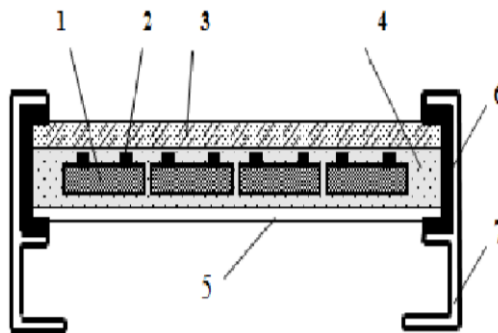
միաժամանակ ներդրված համակարգով [3]: Գյուղական բնակավայրերում ԱԼԷԿ-ները հիմնականում կառուցվում են հողատարածքներում, իսկ քաղաքատիպ բնակավայրերում՝ շենքերի տանիքներին [4]:

Խնդրի դրվածքը. Միաբյուրեղային և բազմաբյուրեղային Si-ային p-n անցումների հիման վրա ստեղծված արևային լուսաէլեկտրական մոդուլների (ԱԼԷՄ) երկարակեցությանը մեծապես նպաստում են կիսահաղորդչային կերպափոխիչները, երբ դրանք հերմետիկորեն ամրացվում են 3...4 μm հաստությամբ ջերմաթրծված ապակուներքին մակերեսին [4,5]: Այսօր ամենուրեք և լայնորեն օգտագործվում է այս տեխնոլոգիան, որով հնարավոր եղավ ԱԼԷԿ-ների օ.գ.գ.-ն 2%-ով բարձրացնել՝ նույն մոդուլի մեջ ընդգրկված ԱԼԷԿ-ների խստորեն ընտրված պարամետրերն իրար հետ համապատասխանեցնելու ճանապարհով [4]: Մակայն ամրացման նպատակով օգտագործվող սոսինձները, տարիների ընթացքում Արևի ուլտրամանուշակագույն ճառագայթների ներգործության պայմաններում աշխատելով, կորցնում են իրենց նախնական թափանցելիությունը, դեղնում են, ինչպես նաև ապակուց լույսի անխուսափելի անդրադարձման և կլանման հետևանքով փոքրացնում մոդուլների օ.գ.գ.-ները: Այս խնդիրներից խուսափելու համար առաջարկվել է կիսահաղորդչային կերպափոխիչի լուսազգայուն մակերեսները պատել չանդրադարձնող ակնաստանման ածխածնային թաղանթներով, որոնք ունեն մեխանիկական, քիմիական և ճառագայթային ազդեցությունների նկատմամբ բարձր կայունություն [6,7]: ԱԼԷՄ-ներում օգտագործվող կիսահաղորդչային թիթեղի հաստությունը սովորաբար 0,3 μm կամ ավելի պակաս է, որի մակերեսին մեծ զանգվածով կարկուտի հարվածների դեպքում այն կոտրվում է: Դրանից պաշտպանելու համար կիսահաղորդիչ թիթեղների մակերեսներին անհրաժեշտաբար տեղադրվում է ջերմամշակված, համեմատաբար թափանցիկ ապակի, և կերպափոխիչները հերմետիկորեն լամինացվում են մեծ չափերի ապակիների մակերեսներին [6]: Անխուսափելի անդրադարձումը ապակուց և ժամանակի ընթացքում պոլիմերային սոսնձի թափանցելիության փոքրացումը պատճառ են դառնում ԱԼԷՄ-ների օ.գ.գ.-ների փոքրացման: Մեր աշխատանքի նպատակը արդյունավետ ԱԼԷՄ-ի նոր տեխնոլոգիայի և լուսաէլեկտրական կերպափոխիչները կարկուտի հարվածներից պաշտպանող սարքի մշակումն է:

1. Արևային լուսաէլեկտրական արդյունավետ մոդուլի տեխնոլոգիայի մշակումը: ԱԼԷՄ-ների արդյունավետության և երկարակեցության բարձրացման առաջարկվող տեխնոլոգիայում բացառվում է պատրաստման ընթացքում ապակիներին կերպափոխիչներ փակցնելու և հերմետիկություն ապահովելու նպատակով պոլիմերային թաղանթներ սոսնձելու տեխնոլոգիայի օգտագործումը, որի դեպքում փոքրանում են կիսահաղորդչային կերպափոխիչի արդյունավետությունը և երկարակեցությունը: Արևի ճառագայթների մի մասը ապակիներից անդրադարձվում է, ինչը փոք-

րացնում է դրանց ինտենսիվությունը կիսահաղորդչային կերպափոխիչի մակերեսին: Այն փոքրանում է նաև, երբ տարիների ընթացքում Արևի ուլտրամանուշակագույն ճառագայթների ազդեցությամբ նվազում է պոլիմերային կաշունակ թաղանթի լուսաթափանցելիությունը: Ընդունված տեխնոլոգիայով պատրաստված ԱԼԷՄ-ի կառուցվածքը բերված է նկ. 1-ում [5]:

Համաձայն առաջարկվող տեխնոլոգիայի՝ ընդունված տեխնոլոգիայով պատրաստված ԱԼԷՄ-ից հանվում են պաշտպանիչ 3 ապակին, պոլիմերային կաշունակ 4 և էլեկտրամեկուսիչ պաշտպանիչ 5 թաղանթները:



Նկ. 1. Հայտնի տեխնոլոգիայով պատրաստված ԱԼԷՄ-ի կառուցվածքի կտրվածքը.

1 - Si-ային կերպափոխիչներ, 2 - հաղորդաթիթեղներ, 3 - պաշտպանիչ ապակի,
4 - պոլիմերային կաշունակ թաղանթ, 5 - էլեկտրամեկուսիչ պաշտպանիչ թաղանթ,
6 - ռետինե շրջադիր, 7 - ալյումինե շրջանակ

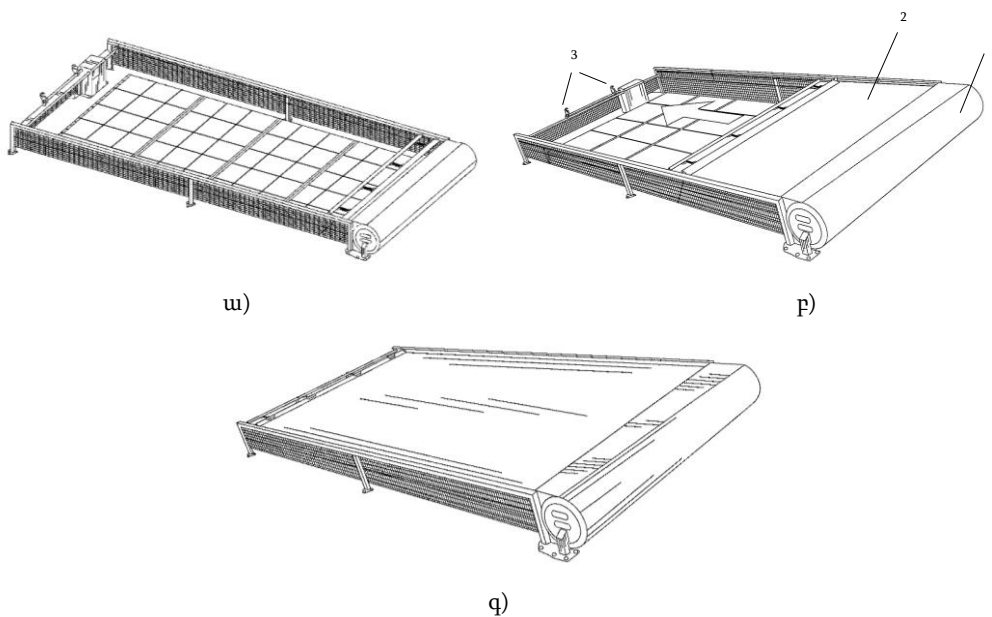
4 և 5 թաղանթները փոխարինվում են լուսաէլեկտրական կերպափոխիչների շղթան ամրացնող, լուսավորվող մակերեսները չծածկող պոլիմերային բազմաուրեթանով (պոլիուրեթան), որը էլեկտրամեկուսիչ է և ունի մեխանիկական անհրաժեշտ ամրություն: Si-ային կամ այլ կիսահաղորդչային կերպափոխիչները հաջորդաբար կամ զուգահեռ միացվում են միմյանց 2 հաղորդաթիթեղներով, որոնց ներքևի միացումների հատվածները նկ.1-ում ցուցադրված չեն: Դրանք ընկղմվում են պոլիուրեթանի դեռևս չպնդացած զանգվածի մեջ այնպես, որ կերպափոխիչների լուսավորվող մակերեսները մնան զանգվածից դուրս:

Կերպափոխիչների մակերեսները արտաքին քայքայիչ ազդեցություններից պաշտպանելու, հերմետիկ դարձնելու և լույսի անդրադարձումը մոդուլից մինչև 1% փոքրացնելու նպատակով դրանք նախապես պատվում են մշակված նանոտեխնոլոգիական ալմաստանման ածխածնե թաղանթով [8]: Կիսահաղորդչի մակերեսներին աճեցված այս ալմաստանման թաղանթները միաժամանակ ունեն մեխանիկական մեծ կայունություն՝ ավազաշիթային, փոթորկային, քիմիական, ճառագայթման և մթնոլորտային այլ ազդեցությունների նկատմամբ, բայց կարող են կոտրվել մեծ

զանգվածով կարկուտի հարվածներից, քանի որ պատրաստվում են 0,3 մ/կամ ավելի բարակ կիսահաղորդիչներից: ԱԼԷՄ-ի պատրաստման առաջարկվող կառուցվածքի մշակումը մեծացնում է դրանց արդյունավետությունը նախկինում հայտնի տեխնոլոգիաներով պատրաստվածների համեմատ 5%-ով, իսկ երկարակեցությունը՝ մոտ 2 անգամ:

2. ԱԼԷՄ-ը կարկուտի հարվածներից պաշտպանող սարքի մշակումը: Կարկուտի հարվածներից արդյունավետ տեխնոլոգիայով պատրաստված ԱԼԷՄ-ը պաշտպանելու համար մշակվել է արևային լուսաէլեկտրական մոդուլի պաշտպանիչ կոնստրուկցիա (ԱԼԷՄՊԿ)՝ GSM համակարգով հեռավար կառավարման ծրագրավորված սարքով [9,10]:

ԱԼԷՄՊԿ-ն կերպափոխիչի մակերեսը պաշտպանում է կարկուտի վնասող հարվածներից և ձյան տեղումներից: Սարքում օգտագործվում է շարժական, պաշտպանիչ և ձկուն պոլիմերային շերտ: Վերջինս հարվածների նկատմամբ ունի բարձր դիմացկունություն և կայունություն ջերմաստիճանային տարբեր տիրույթներում [11]: Նկ.2-ում ներկայացված են ԱԼԷՄՊԿ-ի կառուցվածքը և տեսքը՝ կարկուտից և ձյանից պաշտպանված և շարժման վիճակներում:



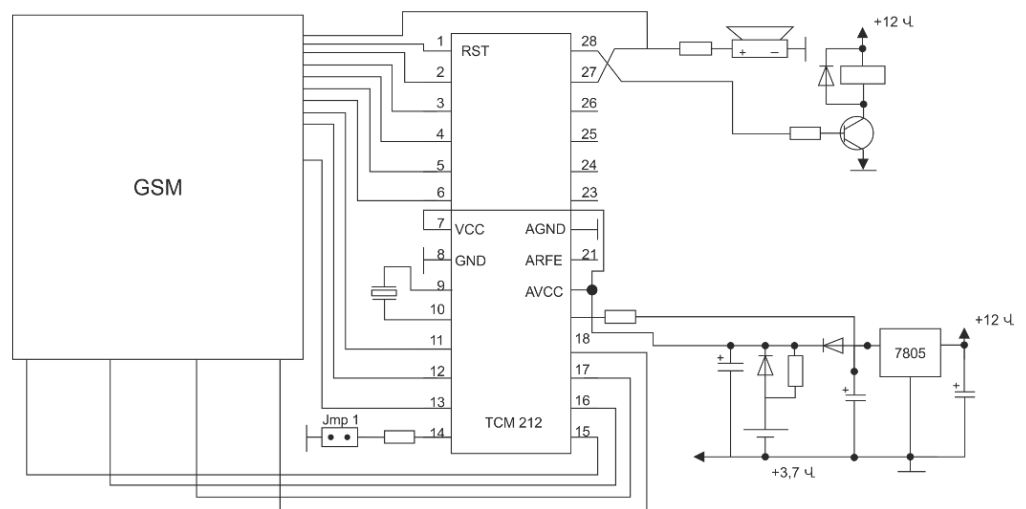
Նկ.2. ԱԼԷՄՊԿ-ի կառուցվածքը՝ ա) բաց, բ) շարժման և գ) պաշտպանված վիճակներում:

1 - ռեդուկտորային շարժիչ, 2 - պաշտպանիչ ձկուն ծածկույթ, 3 - մագնիսական կոնտակտներ

Պաշտպանիչ ճկուն ծածկույթի շարժման համար նախատեսված է կարկուտից և ձյունից պաշտպանող Delphi-52485311 մակնիշի 12 Վ լարմամբ ռեդուկտորային շարժիչը: Պաշտպանիչ նպատակին հասնելու համար օգտագործված են LN-MS2541 մագնիսական կոնտակտները: Երբ պաշտպանիչ ծածկույթը հասնում է կոնտակտներին կամ հանդիպում է խոչընդոտի, ռեդուկտորային շարժիչը դադարեցնում է աշխատանքը՝ օգտատիրոջն ուղարկելով ազդանշան եզրագծին հասնելու կամ անսարքության վերաբերյալ: Անսարքության պարագայում օգտատերը հեռավար կառավարման միջոցով լուծում է խնդիրը:

Պաշտպանիչ կոնստրուկցիայի և օգտատիրոջ փոխադարձ կապն իրականացվում է նկ.3-ում ներկայացված GSM համակարգով հեռավար կառավարման ծրագրավորվող սարքի և դրա միացման սխեմայի միջոցով: Այն մշակվել է TMC-212 կոնտրոլերի և SIM300DZ տեխնոլոգիայի կիրառմամբ [12,13]:

Սարքն ունի բազմաթիվ ֆունկցիաներ՝ առաջնային մոդուլային կոնստրուկցիայի օգտագործմամբ: Հիշողության մեջ ներբեռնված ծրագիրը տեղադրվում է սարքում և թույլ է տալիս վերջինս շահագործել երկար տարիներ: Սարքի նպատակը ԱԼԷՄՊԿ-ի, հիդրոմետ ծառայության և օգտատիրոջ փոխադարձ կապի ապահովումն է:



Նկ. 3. GSM համակարգով հեռավար կառավարման ծրագրավորվող սարքը և դրա միացման սխեման

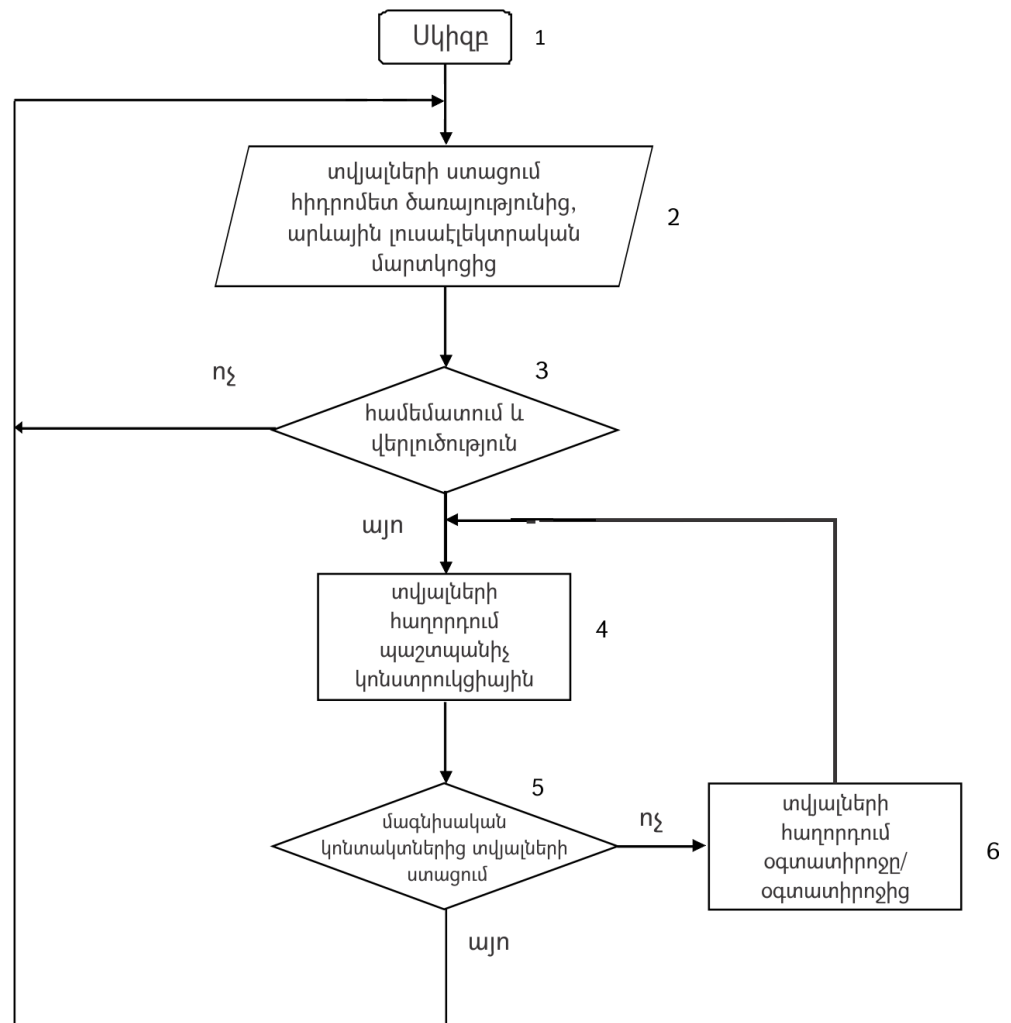
GSM համակարգով հեռավար կառավարման ծրագրավորվող սարքի և միացման սխեմայի աշխատանքի սկզբունքը հետևյալն է. TCM 212 կոնտրոլերը, 23...26 մուտքերից ստանալով տվյալներ հիդրոմետ ծառայությունից կամ արևային լուսաէլեկտրական մարտկոցից, կատարում է համեմատություն և վերլուծություն՝ համապատասխան ելքերից նոր ազդանշան փոխանցելով ռեդուկտորային շարժիչին (ելքեր 27,28) և/կամ GSM սարքին (ելքեր 15...18): Անհրաժեշտության դեպքում TCM 212 կոնտրոլերը ստանում է ազդանշաններ GSM սարքից: Մխեմայում օգտագործված է նաև 7805 կայունարար: RST-ն նախատեսված է սարքը գործարանային վիճակի բերելու համար: Մյուս նշումները համապատասխանում են կոնտրոլերի կառուցվածքին [12]:

ԱԼԷՄ-ը կարկուտի հարվածներից և ձյան ծածկույթից պաշտպանելու գործընթացն արդյունավետ կազմակերպելու համար մշակվել է երկու մեթոդ: ԱԼԷՄՊԿ-ի աշխատանքը կախված է տվյալ տեղանքի եղանակից, ուստի մշակված երկու անկախ մեթոդներից մեկը ազդանշանը ստանում է լուսաէլեկտրական մոդուլից, իսկ մյուսը՝ հիդրոմետ ծառայությունից:

GSM հեռավար կառավարման ծրագրավորվող սարքը տվյալ տեղանքի եղանակի վերաբերյալ պարբերաբար տվյալներ է ստանում հիդրոմետ ծառայությունից: Այն մշակում և վերլուծում է տվյալները և համապատասխան ազդանշանը հաղորդում ԱԼԷՄ-ին՝ արտաքին պաշտպանիչ շերտով փակելու համար նախատեսված կոնստրուկցիային:

Երկրորդ եղանակը մշակվել է այն նկատառումով, որ հիդրոմետ ծառայությունից կարկուտի առաջացումը հարաբերականորեն է որոշվում: Այս դեպքում մոդուլի մակերեսի պաշտպանությունը կատարվում է ըստ լուսաէլեկտրական մոդուլի հզորության անկման նախատեսված կոնստրուկցիայի, երբ կուտակված ամպերն անհնար են դարձնում Արևի ճառագայթների ուղիղ թափանցումը:

Ծրագրի աշխատանքի ալգորիթմի բլոկ-սխեման բերված է նկ.4-ում: Այդտեղ դիտարկված է հիդրոմետ ծառայությունից տվյալներ ստանալու և ԱԼԷՄ-ը պաշտպանիչ ծածկույթով փակելու ծրագրի ալգորիթմը, որի գործողության սկզբունքը հետևյալն է.



Նկ. 4. Ծրագրի ալգորիթմի բլոկ-սխեման

Սկիզբ (1), հիդրոմետ ծառայությունից որոշակի պարբերությամբ տեղանքի եղանակի վերաբերյալ կամ արևային լուսաէլեկտրական մարտկոցից տվյալների ստացում (2), ստացված տվյալների համեմատում և վերլուծություն (3), ազդանշանի հաղորդում ԱԼԷՄ-ի պաշտպանիչ կոնստրուկցիային (4), մագնիսական կոնտակտներից տվյալների ստացում (5), տվյալների հիման վրա օգտատիրոջ հետ փոխադարձ կապի ապահովում (6) կամ՝ կոնստրուկցիայի բնականոն աշխատանքի շարունակում:

TCM 212 կոնտրոլերի հենքի վրա աշխատող համակարգը ծրագրավորվում է C ծրագրավորման լեզվով և յուրացվում (կոմպիլացվում) Mikroelektronika ընկերության MikroC յուրացուցիչի միջոցով:

Մշակված տեխնոլոգիան և պաշտպանիչ սարքն ունեն պարզ կառուցվածք և ցածր ինքնաթեք:

Եզրակացություն.

1. Մշակվել է արևային լուսաէլեկտրական մոդուլի պատրաստման արդյունավետ տեխնոլոգիա: Այն, համեմատած նախկին տեխնոլոգիայի հետ, 5%-ով մեծացնում է ԱԼԷՄ-ների արդյունավետությունը և մոտ 2 անգամ՝ երկարակեցությունը:

2. Մշակված պաշտպանիչ սարքի մոդուլին կցված է GSM համակարգով հեռավար կառավարման ծրագրավորվող սարք, որը հնարավորություն է տալիս հիդրոմետ ծառայությունից կամ ուղիղ արևային լուսաէլեկտրական մոդուլից ստանալ տվյալներ տեղանքում կարկուտի հավանականության վերաբերյալ և կատարել մոդուլի մակերևույթի պաշտպանական գործողություններ՝ անհրաժեշտության դեպքում կապ հաստատելով օգտատիրոջ հետ:

3. Լուսաէլեկտրական կերպափոխիչների լուսավորվող մակերեսները նախապես պաշտպանվել են ալմաստանման ածխածնային թաղանթներով, որոնց էլեկտրական շղթայի ներքին միացումները կերպափոխիչների հետ ընկղմվել են պոլիուրեթանի մեջ այնպես, որ կերպափոխիչների լուսավորվող մակերեսները լինեն պոլիմերային նյութից դուրս:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **REN 21.** Renewable energy network for 21st century. Renewables global futures report.- 2012. - 175 p.
2. **Բուռնայան Հ.Ա., Գրարյան Ռ.Վ., Մարուխյան Ռ.Զ., Փանոսյան Ժ.Ռ.** Ֆոտոէլեկտրական և հիդրոկուտակիչ համակցված կայանի ռեժիմների մշակում և հետազոտում // ՀՊՃՀ ԼՐԱԲԵՐ-76. Գիտական և մեթոդական հոդվածների ժողովածու. - 2009.- Հ.1.- էջ 627-630:
3. **Паносян Ж.Р., Пирадян М.Г., Степанян А.В.** Экологически чистая энергетика будущего // Вестник МАНЕБ. - 2002. - Т.7, N4 (52). - С. 37-39.
4. Design, construction and monitoring of a solar photovoltaic station of AUA / **Zh. Panosyan, A. Hambaryan, K. Touryan, et al** // Proc. of 21-th European photovoltaic solar energy conference and exhibition. - Dresden, Germany, 2006. - P. 2285-2288.
5. **Паносян Ж.Р., Аракелян А.О., Енгибарян Е.В., Торосян Г.Г.** Повышение КПД и долговечности фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии // Изв. НАН РА и ГИУА. Сер. ТН. - 1997.- Т. 50, N. 1.- С.-30-36.
6. **Паносян Ж.Р., Аракелян А.О., Енгибарян Е.В., Берберян С.Е.** Технология изготовления солнечных фотоэлектрических панелей // Изв. НАН РА и ГИУА. Сер. ТН. - 1998.- Т. 51, N. 2.- С. 165-170.
7. Влияние радиации на алмазоподобные углеродные пленки, полученные методом ионноплазменного осаждения / **Ж.Р. Паносян, К.Дж. Турьян, А.А. Гиппиус и др.** // Труды XVI Межд. конф. по физике радиационных явлений и радиационному материаловедению.- Алушта, Крым, 2004.- С. 342-344.

8. **Patent USA 7,459,188 B2.** Metod and apparatus for making diamond-like carbon films / F.-J. Pern, K.J. Touryan, Zh.R. Panosyan, A.A. Gippius.- Dec.2, 2008.- 12 p.
9. **Patent USA 2010/0229916 A1.** Protection System / Geraldine Bechamp.- Sep. 16, 2010.- 8 p.
10. **Մեղյան Ջ.Ս., Փանոսյան Ժ.Ռ., Պետրոսյան Ռ.Պ., Մխիթարյան Հ.Ս.** Էներգիայի պահուստավորման և սպառման ունիվերսալ համակարգ // Հայաստանի ճարտարագիտական ակադեմիայի ԼՐԱԲԵԴ.- 2016.-Հ.13, N2.- էջ 318-324:
11. **Болтон У.** Конструкционные материалы: металлы, сплавы, полимеры, керамика, композиты: Карманный справочник. — М.: Изд. дом “Додэка-XXI”, 2004.- 320 с.
12. **Bolton W.** Programmable Logic Controllers.- Fifth Edition.- 2016.
13. **Sim300DZ Hardware Specification.** - SIMCOM report.- 2006.

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան. Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 20.06.2016:

Г.П. ВАРДАНЯН, Ж.Р. ПАНОСЯН, Д.С. СЕВОЯН

НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СОЛНЕЧНОГО СВЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЭФФЕКТИВНОГО МОДУЛЯ, ЗАЩИЩАЮЩЕГО ОТ ГРАДА

Разработана новая технология изготовления солнечного фотоэлектрического модуля, защищающего от града, продуктивность которого на 5% больше своих предшественников, а долговечность увеличилась в два раза. К разработанному модулю прикреплены конструкция, которая защищает солнечные фотоэлектрические преобразователи от града, и GSM программное устройство дальнего управления.

Ключевые слова: солнечный фотоэлектрический модуль, механический, защита от химических и радиационных разрушительных воздействий, производительность, противоградовое покрытие, дальнейшее управление связью GSM, программируемое устройство.

G.P. VARDANYAN, ZH.R. PANOSYAN, J.S. SEVOYAN

A NEW TECHNOLOGY OF MAKING A SOLAR EFFECTIVE PHOTOVOLTAIC MODULE PROTECTING FROM HAIL

A new technology of making a solar photovoltaic module protecting from hail is developed, which is more productive than the former modules by 5%, and its durability is twice longer. A construction protecting the solar photovoltaic converter from hail and the GSM software device of remote control is attached to the developed module.

Keywords: solar photovoltaic module, mechanic, covering protection from radiation and chemical corrupting influences, productivity antihail, GSM related remote control, a programmable device.

Լ.Ս. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ, Ռ.Գ. ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ

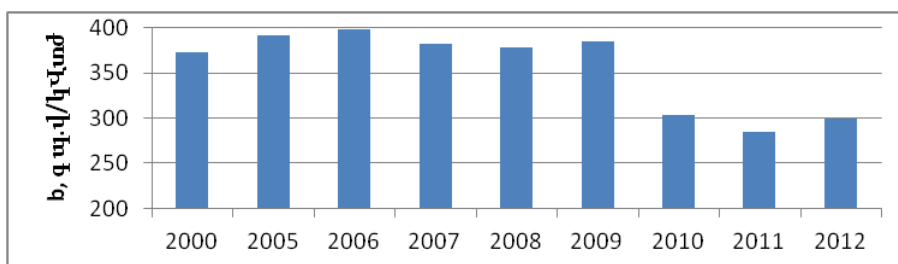
ԱՐՏԱՔԻՆ ՕԴԻ ՊԱՐԱՄԵՏՐԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ԵՐԵՎԱՆԻ ՀԱՄԱԿՑՎԱԾ
ՇՈԳԵԳԱԶՍՑԻՆ ՑԻԿԼՈՎ ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՑԱՆԻ ԷՆԵՐԳԵՏԻԿԱԿԱՆ
ՑՈՒՑԱՆԻՇՆԵՐԻ ՎՐԱ

Արտաքին օդի 12...42°C ջերմաստիճանային տիրույթում որոշվել են երկկոնտուր օգտահանիչ կաթսայով համակցված ցիկլով էներգաբլոկի հիմնական ցուցանիշները: Հետազոտվել են դրանց փոփոխման միջակայքը և բնույթը:

Առանցքային բառեր. շոգեգազային տեղակայանք, օգտահանիչ կաթսա, վառելիքի տեսակարար ծախս, զարգացրած հզորություն:

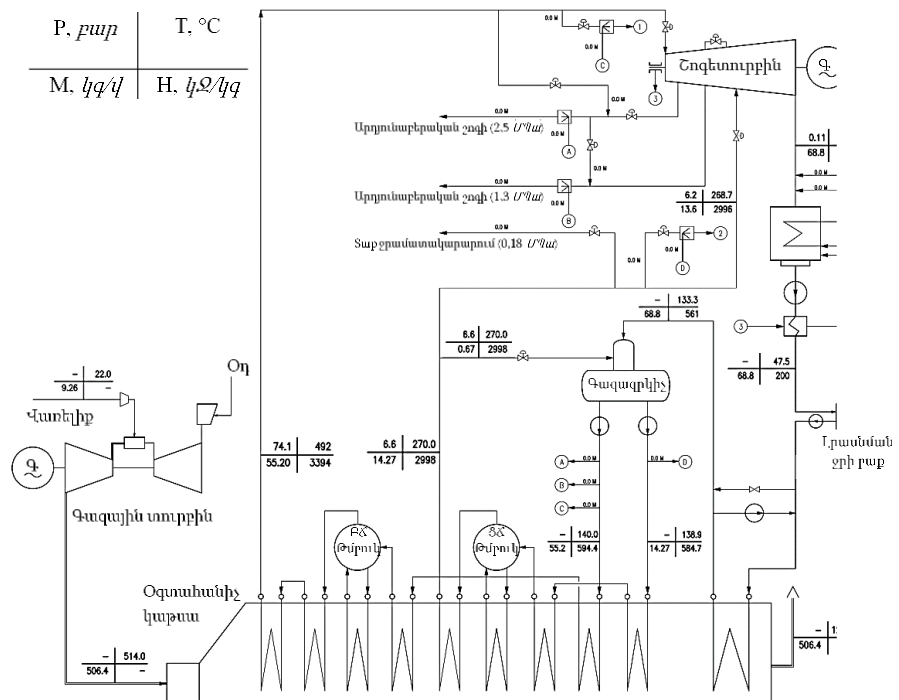
Երևանի ՋԷԿ-ում գործող հիմնական սարքավորումների վիճակը և աշխատանքի համար թույլատրելի դրանց առավելագույն ռեսուրսը պահանջ են առաջադրել՝ իրականացնելու կայանի արմատական վերակառուցման ծրագիր: Վառելիքի հիմնական տեսակի՝ բնական գազի էներգիայի՝ էլեկտրական և ջերմային էներգիաների փոխակերպման արդյունավետության արդի պահանջներին չհամապատասխանող, բարոյապես և ֆիզիկապես մաշված սարքավորումները, տեխնիկական մաշվածությամբ պայմանավորված, ապամոնտաժվել են և հանվել աշխատանքից: ԵրՋԷԿ-ի ապամոնտաժված մասը փոխարինվել է 242 ՄՎտ էլեկտրական հզորությամբ շոգեգազային տեղակայանքով (ՇԳՏ)՝ 434,9 ԳՋ/ժ ջերմության մատակարարմամբ:

ՋԷԿ-ի էներգետիկական սարքավորումների սերնդափոխության արդյունքում և էլեկտրաէներգիայի արտադրության համար առավել արդյունավետ շոգեգազային ցիկլի կիրառման շնորհիվ վառելիքի ծախսի կրճատման ցուցանիշներն ըստ տարիների ներկայացված են նկ.1-ում:



Նկ.1. ՀՀ ՋԷԿ-երում էլեկտրաէներգիայի արտադրության համար վառելիքի տեսակարար ծախսը [1], գ ա.վ./կՎտ.ժ)

Նկ.2-ում ներկայացված է 2010թ. շահագործման հանձնված էներգաբլոկի սկզբունքային ջերմային սխեման, որի վրա նշված են բնորոշ կետերում բանող մարմնի ծախսը M, ճնշումը P, ջերմաստիճանը T և էնթալպիան H:



Նկ. 2. Երևանի համակցված շոգեգազային ցիկլով էլեկտրակայանը (ՀԵԳՑԷ)

Կատարված հետազոտության նպատակը պարզ ցիկլով աշխատող, ժամանակակից բարձրջերմաստիճանային ԳՏՏ-ով և երկկոնտուր օգտահանիչ կաթսայով ՀԳՏ-ի աշխատանքային ցուցանիշների՝ արտաքին օդի պարամետրերից կախվածության [2] վերլուծությունն է Երևանի ՋԷԿ-ի օրինակով:

Կոնտուրների քիչ քանակությունը և միջանկյալ գերտաքացման բացակայությունն ապահովում են տեղակայանքի առավել բարձր հուսալիությունը ՀԳՏ-ների այլ տեսակների համեմատ: Աղ. 1-ում բերված են էներգաբլոկի հիմնական սարքավորումների տեխնիկական բնութագրերը՝ ստացված արխիվային տվյալների մշակման հիման վրա, շրջապատող միջավայրի հետևյալ պարամետրերի դեպքում. $t = +12^{\circ}\text{C}$, հարաբերական խոնավությունը՝ $\varphi = 56\%$, $P = 0,912$ բար: Ընդ որում, ինչպես աղյուսակում, այնպես էլ աշխատանքում ընդհանրապես գազային վառելիքի ծախսը, ըստ խտության, արտահայտված է զանգվածային միավորներով:

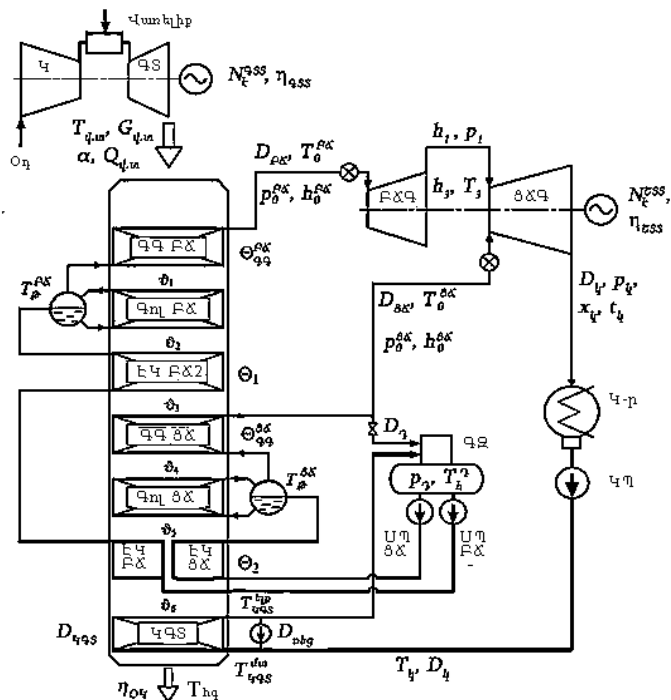
ԵրԶԷԿ-ի շոգեգազային ցիկլով աշխատող էներգաբլոկի հիմնական սարքավորումների տեխնիկական բնութագրերը

GT13E2 գազային տուրբինի ցուցանիշները	Արժեքները			
Գեներատորի հզորությունը, ՄՎտ	157,87			
Գազերի ջերմաստիճանը գազատուրբինից հետո, °C	514			
Գազերի ծախսը, կգ/վ	506,4			
Վառելիքի ծախսը, կգ/վ	9,26			
Գազատուրբինային տեղակայանքի օ.գ.գ.-ն, %	35,93			
Կոմպրեսորի օ.գ.գ.-ն, %	87			
Կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման աստիճանը	14,6			
Օգտահանիչ կաթսայի ցուցանիշները	Արժեքները			
ԳՏՏ-ի բեռնվածքը, %	100	75	25	100(Ջ)
Բարձր ճնշման կոնտուրը				
Շոգեարտադրողականությունը, կգ/վ	56,74	50,41	20,84	56,79
ԲՃ գոլորշու ճնշումը, բար	75,8	68,7	45,5	72,7
Ելքում գոլորշու ջերմաստիճանը, °C	492,5	506,7	363,7	496,3
Սնող ջրի ջերմաստիճանը, °C	140			
Ցածր ճնշման կոնտուրը				
Շոգեարտադրողականությունը, կգ/վ	12,8	10,16	12,56	14,67
ՑՃ թմբուկում ճնշումը, բար	6,7	5,5	4,7	4,9
Ելքում գոլորշու ջերմաստիճանը, °C	273,2	268,1	235,5	265,8
Կոնդենսատի ջերմաստիճանը ԿԳՏ-ի ելքում, °C	15°C-ով ցածր $t_{\text{հազ}}^{\text{Ջ}}$ -ից			
Գազային տրակտը				
Կաթսայի մուտքում գազերի ջերմաստիճանը, °C	514	541	366	514
Կաթսայի ելքում գազերի ջերմաստիճանը, °C	126,7	113,4	125	112,5
Գազերի ծախսը կաթսայում, կգ/վ	506,4	402,8	376,9	506,4
Շոգետուրբինի և ՇԳՏ-ի ցուցանիշները	Արժեքները			
Շոգետուրբինի հզորությունը, ՄՎտ	63,4	56,4	22,1	38,6
Բարձր ճնշման կոնտուրի գոլորշու պարամետրերը.				
Ճնշումը, բար	73,4	66,5	45	70,2
Ջերմաստիճանը, °C	492,5	505	362,6	493,7
Գոլորշու զանգվածային ծախսը, կգ/վ	56,74	50,41	20,84	56,79
Ցածր ճնշման կոնտուրի գոլորշու պարամետրերը.				
Ճնշումը, բար	6,3	5,27	4,5	4,5
Ջերմաստիճանը, °C	271,9	266,7	234,1	264,4
Գոլորշու զանգվածային ծախսը, կգ/վ	12,07	9,07	12,14	7,46
Հովացնող ջրի ջերմաստիճանը, °C	21	20	19,7	24,1
Հաշվարկային ճնշումը կոնդենսատորում, բար	0,11	0,09	0,05	0,058
Ջեռուցման ջերմային բեռնվածքը, Գկալ/ժ	–			434,9
ՇԳՏ-ի հզորությունը, ՄՎտ	221,3	171,8	60,5	196,5
Առաքումը, ՄՎտ	213,3	164,66	55,74	189
Կայանի օ.գ.գ.-ն, %	48,5	46,9	30,5	69,5

GT13E2 գազային տուրբինը միալիսեռ ագրեգատ է՝ 179,9 ՄՎտ անվանական հզորությամբ, որն աշխատում է պարզ թերմոդինամիկական ցիկլով: Միննույն լիսեռի վրա տեղադրված են տուրբինը, օդի կոմպրեսորը և օդային հովացմամբ տուրբոքեներատորը: Գազային տուրբինը սարքավորված է EV-այրիչներով օդակաձև խցով: Կոմպրեսորն ունի 21 աստիճան, մուտքում՝ պտտվող ուղղորդիչ ապարատ: Կոմպրեսորում սեղմված օդը մղվում է այրման խուց, որտեղ տրվում է վառելիքային գազը: ԳՏՏ-ի բեռնվածքի 70...100% տիրույթում գազերի սկզբնական ջերմաստիճանը տուրբինից առաջ 1095°C է: Այդ տիրույթում բեռնվածքը կարգավորվում է ուղղորդիչ ապարատի դիրքի փոփոխությամբ և վառելիքի մատուցման կարգավորիչ փականով:

Կորեական «SEC» ընկերության արտադրության օգտահանիչ կաթսան բաղկացած է երկու կոնտուրներից՝ բարձր և ցածր ճնշման: Ցածր ճնշման կոնտուրում ներառված է կոնդենսատի գազային տաքացուցիչը (ԿԳՏ), որտեղ տրվում է շոգե-տուրբինի կոնդենսատը տաքացման համար:

ԿԳՏ-ից հետո տուրբինի կոնդենսատն ուղղվում է գազազրկիչ, որը սնվում է կաթսայի ցածր ճնշման կոնտուրից տաքացնող գոլորշով: Գազազրկիչից ջուրը տրվում է կաթսա ցածր և բարձր ճնշման սնող պոմպերի միջոցով (նկ.3):



Նկ. 3. Կոնդենսացիոն երկկոնտուր ՇԳՏ-ի հաշվարկային սխեման

Այրման արգասիքները գազային տուրբինից անցնում են օգտահանիչ կաթսա (ՕԿ), որտեղ իրենց ջերմությունը հաղորդում են տաքացվող ջերմակիրներին կաթսայի առանձին տաքացման մակերևույթների միջով:

Առաջին տաքացման մակերևույթը՝ ըստ ՕԿ-ում գազերի հոսքի ուղղության, բարձր ճնշման երկաստիճան գոլորշու գերտաքացուցիչն (ԲՃԳԳ) է՝ աստիճանների միջև սնող ջրի ցայտեցմամբ: Դրանից հետո գազերի շարժման ուղղությամբ դասավորված են բարձր ճնշման գոլորշացուցիչը (ԲՃԳՈՂ) և էկոնոմայզերի (ԲՃԷԿ) երկու աստիճանը, ցածր ճնշման գոլորշու գերտաքացուցիչի (ՅՃԳԳ), գոլորշացուցի (ՅՃԳՈՂ) և էկոնոմայզերի (ՅՃԷԿ) տաքացման մակերևույթները և ԿԳՏ-ն:

Հիմնական կոնդենսատի պահանջվող ջերմաստիճանի պահպանման համար ԿԳՏ-ից առաջ կատարված է վերաշրջանառության գիծ՝ պոմպերով և կարգավորող փականով, 40...50°C ջերմաստիճանով հիմնական կոնդենսատին տաք կոնդենսատ (ԿԳՏ-ից հետո, մոտ 140°C) խառնելու համար, ինչը թույլ է տալիս նվազեցնել հեռացող գազերի ջերմաստիճանը [3]:

Հեռացող ծխազազերի ջերմաստիճանը կախված է ԿԳՏ-ից առաջ կոնդենսատի ջերմաստիճանից: Արտադրող ձեռնարկությունները օգտահանիչ կաթսաների իրենց հաշվարկներում, որպես կանոն, օգտագործում են վերջիններիս ուղղորդիչ արժեքները՝ կաթսայի աշխատանքի պայմանների աշխատանքային տիրույթում դրանք ընդունելով հավասար 52...65°C-ի: Ընդ որում, նվազագույն արժեքը որոշվում է կաթսայի տաքացման մակերևույթների կոռոզիայի բացակայության պայմաններից ելնելով, իսկ առավելագույնը՝ ըստ շոգեառուրիների ենթադրվող աշխատանքի ռեժիմների:

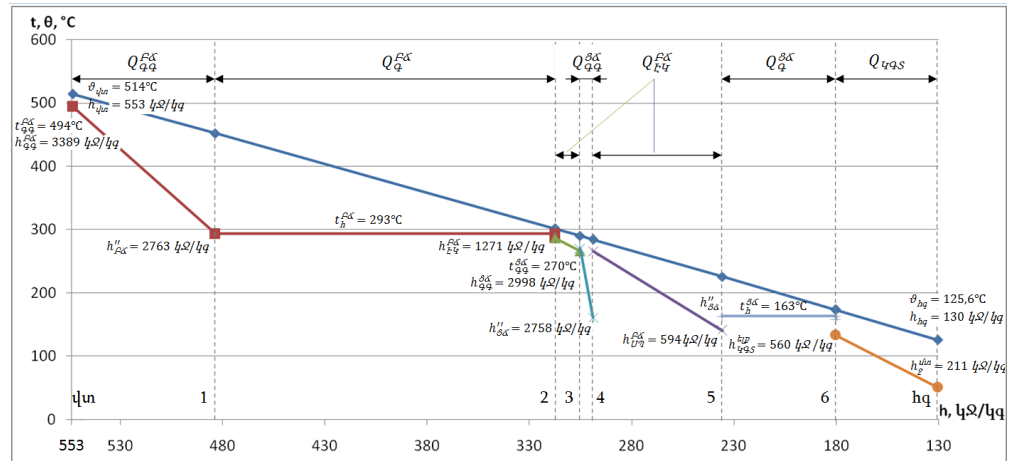
Հեղինակների կողմից մշակված մեթոդի հիման վրա կատարված ԳՏՏ-ի հաշվարկի արդյունքում [4] ՕԿ-ի և ՇՏՏ-ի հաշվարկի համար ստացված սկզբնական տվյալներն ամփոփված են աղ. 2-ում:

Աղյուսակ 2

ԳՏՏ-ի հիմնական պարամետրերը մթնոլորտային օդի տարբեր ջերմաստիճանների դեպքում

$t_{\text{ող}}, ^\circ\text{C}$	$B_{\text{ԳՏՏ}}, \text{կգ/վ}$	$N_{\text{է}}^{\text{ԳՏՏ}}, \text{կՎտ}$	$\text{օ.գ.գ.}, \%$	$t_4 = t_{\text{վ.տ}}, ^\circ\text{C}$	$G_{\text{գ}}, \text{կգ/վ}$	ε
12	9,58	157822	34,76	514	512,7	14,83
15	9,44	154358	34,51	516,5	507,2	14,60
24	9,03	144518	33,78	524,1	491,6	13,93
36	8,53	132557	32,81	534,4	472,3	13,08
42	8,3	127032	32,32	539,6	463,3	12,68

Օգտահանիչ կաթսայի ջերմային բնութագրերի որոշման համար կատարվել է ՕԿ-ի հաշվարկ [5-7], և կառուցվել է Th դիագրամը (նկ.4), որի աբսցիսների առանցքի վրա նշված են գազերի էնթալպիայի արժեքները հ, կՋ/կգ:



Նկ. 4. ՇԳՏ-ի երկկոնտուր օգտահանիչ կաթսայի տաքացման մակերևույթներում բանող միջավայրերի ջերմաստիճանների փոփոխման Th դիագրամը

Ջերմաստիճանային էջքը ՕԿ գազերի մուտքում ընդունվել է $\theta = 20^\circ\text{C}$, գազերի ջերմաստիճանն այդ կետում հավասար է 514°C : Հաշվի են առնվել սնող ջրի վերաշրջանառության առկայությունը, շոգեջրային տրակտի հիդրավլիկական դիմադրությունը և դեպի շրջակա միջավայր ջերմության կորուստները:

Որոշվել են. ՕԿ-ի ջերմային բեռնվածքը, որը հավասար է 213,3 ՄՎտ (աղ. 3), ՕԿ-ի էլքում հեռացող ծխագազերի ջերմաստիճանը՝ $125,7^\circ\text{C}$, ՕԿ-ի օ.գ.գ.-ն՝ 76,1%: Գազերի հետ ՕԿ տրվող ջերմության քանակությունը հավասար է 280,2 ՄՎտ:

Աղյուսակ 3

Բարձր և ցածր ճնշման կոնտուրների տաքացման մակերևույթների ջերմային բեռնվածքները

Ջերմային բեռնվածքը	$Q_{\text{գ.գ.}}^{\text{բ.}}$	$Q_{\text{գ.}}^{\text{բ.}}$	$Q_{\text{է.է.}}^{\text{բ.}}$	$Q_{\text{գ.գ.}}^{\text{ց.}}$	$Q_{\text{գ.}}^{\text{ց.}}$	$Q_{\text{տ.գ.}}$	Գումարային
Արժեքը, կՎտ	35132	83806	38000	3125	28005	25232	213 300

Որոշվել են շոգետուրբին տրվող բարձր և ցածր ճնշման գոլորշու ծախսերը, համապատասխանաբար, $D_0^{\text{բ.}} = 56,15 \text{ կգ/վ}$ և $D_0^{\text{ց.}} = 12,33 \text{ կգ/վ}$, հետևաբար՝

$$D_{\text{լ}} = D_0^{\text{բ.}} + D_0^{\text{ց.}} = 56,15 + 12,33 = 68,48 \text{ կգ/վ}:$$

Շոգետուրբինային տեղակայանքն օգտահանիչ կաթսայով ՇԳՏ-ի ջերմային սխեմայի ենթահամակարգն է: Ստորև ներկայացված են գոլորշու սկզբնական պարամետրերը.

$$p_0^{\text{բ.}} = p_{\text{գ.գ.}}^{\text{բ.}} = 7,58 \text{ ՄՊա}, t_0^{\text{բ.}} = 494^\circ\text{C}, i_0^{\text{բ.}} = 3389 \text{ կՋ/կգ},$$

$$p_0^{\text{ց.}} = p_{\text{գ.գ.}}^{\text{ց.}} = 0,63 \text{ ՄՊա}, t_0^{\text{ց.}} = 270^\circ\text{C}, i_0^{\text{ց.}} = 2998 \text{ կՋ/կգ}:$$

Կոնդենսատորում հազեցման ջերմաստիճանի և ճնշման արժեքները, կախված արտաքին օդի ջերմաստիճանից, ներկայացված են աղ. 4-ում:

Աղյուսակ 4

Կոնդենսատորում ճնշումը $t_{օդ}$ -ի տարբեր արժեքների դեպքում

Արտաքին օդի ջերմաստիճանը, °C	Կոնդենսատորում հազեցման ջերմաստիճանը, °C	Ճնշումը կոնդենսատորում, կՊա
12	47,7	11
15	49,3	12
24	52,7	14
36	56,1	17
42	58,7	19

Կոնդենսատոր տրվող գոլորշու պարամետրերը. ճնշումը հավասար է $p_g = 11$ կՊա, ջերմաստիճանը՝ $t_g = t_h = 47,7^\circ\text{C}$, գոլորշու $x=0,91$ չորության աստիճանի դեպքում էնթալպիան՝ $i_g = 2368,9$ կՋ/կգ. Շոգետուրբինի ներքին հարաբերական օ.գ.գ.-ն հավասար է $\eta_{0i} = 0,82$:

Գոլորշու պարամետրերի որոշման համար կառուցվել է տուրբինում նրա ընդարձակման պրոցեսը (նկ.5)՝ հաշվի առնելով ճնշման կորուստները բարձր և ցածր ճնշման սողնակային և կարգավորող կափույրներում:

Օգտահանիչ կաթսայում մի քանի ճնշումների գոլորշիներ ստանալիս, օրինակ՝ երկկոնտուր ՕԿ-ի դեպքում, ՕԿ-ի ցածր ճնշման մասից գոլորշին շոգետուրբինում խառնվում է գոլորշու հիմնական հոսքին: Տուրբինի խառնման խցում ջերմային հաշվեկշռի հավասարումը կունենա հետևյալ տեսքը [5].

$$D_0^{F\chi} \cdot i_1 + D_0^{S\chi} \cdot i_2 = (D_0^{F\chi} + D_0^{S\chi}) \cdot i_3,$$

այստեղից կստանանք գոլորշու էնթալպիան խառնումից հետո.

$$i_3 = \frac{D_0^{F\chi} \cdot i_1 + D_0^{S\chi} \cdot i_2}{D_0^{F\chi} + D_0^{S\chi}} = \frac{56,15 \cdot 2885,5 + 12,33 \cdot 2998}{68,48} = 2906 \text{ կՋ/կգ.}$$

Այսպիսով, ստանում ենք շոգետուրբինի էլեկտրական հզորությունը.

$$\begin{aligned} N_k^2 &= [D_0^{F\chi} \cdot (i_0^{F\chi} - i_1) + (D_0^{F\chi} + D_0^{S\chi}) \cdot (i_3 - i_g)] \cdot \eta_u \cdot \eta_q = \\ &= [56,15 \cdot (3389 - 2885,5) + (56,15 + 12,33) \cdot (2906 - 2368,9)] \cdot 0,983 \cdot 0,99 = \\ &= 63307 \text{ կՎտ} \approx 63,3 \text{ ՄՎտ:} \end{aligned}$$

Օգտահանիչ կաթսայով շոգեգազային տեղակայանքի էներգետիկական ցուցանիշների որոշումը: ՇԳՏ-ում էլեկտրաէներգիայի արտադրության օ.գ.գ.-ն բրուտտո.

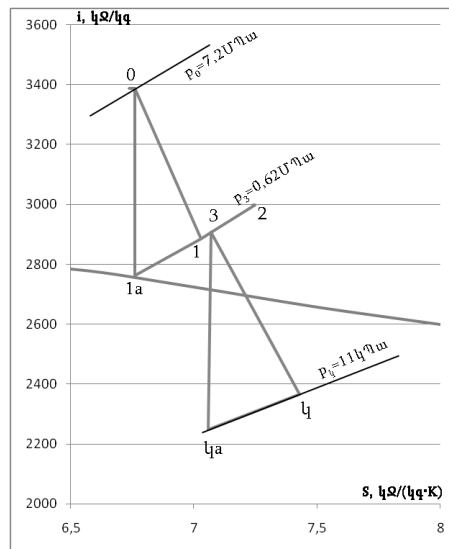
$$\eta_{\text{է}}^{\text{ՇԳՏ}} = (N_{\text{է}}^{\text{ԳՏՏ}} + N_{\text{է}}^{\text{ՇՏՏ}}) / Q_0,$$

$$Q_0 = N_{\text{է}}^{\text{ԳՏՏ}} / \eta_{\text{ԳՏՏ}} = 157870 / 0,367 = 430164 \text{ կՎտ},$$

$$B_{\text{ԳՏՏ}} = Q_0 / Q_u^{\text{բ}} = 430164 / 47372 = 9,08 \text{ կգ/վ},$$

$$N_{\text{է}}^{\text{ՇԳՏ}} = N_{\text{է}}^{\text{ԳՏՏ}} + N_{\text{է}}^{\text{ՇՏՏ}} = 157870 + 63300 = 221170 \text{ կՎտ},$$

$$\eta_{\text{է}}^{\text{ՇԳՏ}} = N_{\text{է}}^{\text{ՇԳՏ}} / Q_0 = 221170 / 430164 = 0,5141:$$



Նկ. 5. Տուրբինում գոլորշու ընդարձակման պրոցեսը *i-s* դիագրամի վրա

Պայմանական վառելիքի տեսակարար ծախսը կոնդենսացիոն ռեժիմում բրուտտո.

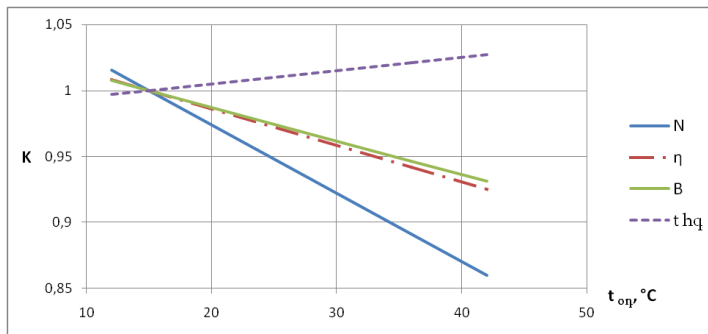
$$b_{\text{պ}}^{\text{ՇԳՏ}} = 122,8 / 0,5141 = 238,86 \text{ գ պ. վ. / (կՎտ} \cdot \text{ժ)}:$$

Հետազոտության արդյունքները: ՇԳՏ-ի հաշվարկային ցուցանիշները կազմել են. էլեկտրական հզորությունը՝ 221,17 ՄՎտ, բացարձակ էլեկտրական օ.գ.գ.-ն՝ 51,4%, պայմանական վառելիքի տեսակարար ծախսը բրուտտո՝ 239 գ պ.վ./ (կՎտ·ժ): Առաջարկվող հաշվարկի մեթոդով որոշված $N_{\text{է}}^{\text{ՇԳՏ}}, N_{\text{է}}^{\text{ԳՏՏ}}, N_{\text{է}}^{\text{ՇՏՏ}}$ արժեքները բավականին մեծ ճշտությամբ համադրելի են աղ. 1-ում բերված համապատասխան ցուցանիշներին, հետևաբար՝ առաջարկվող հաշվարկի մեթոդը կարելի է կիրառել ՇԳՏ-ի աշխատանքային ցուցանիշների և արտաքին օդի պարամետրերի կախվածությունն ուսումնասիրելու համար:

Հաշվարկը կատարվել է արտաքին օդի $t_{\text{օդ}} = 12...42^{\circ}\text{C}$ ջերմաստիճանների տիրույթում: $t_{\text{օդ}}$ -ից ՇԳՏ-ի հզորության N , օ.գ.գ.-ի և վառելիքի ծախսի B հարաբերական արժեքների կախվածությունը ներկայացված է նկ.6-ում: Նկարում K գործակիցը

պարամետրերից յուրաքանչյուրի դեպքում, տվյալ $t_{ոդ}$ ջերմաստիճանում, հավասար է դրա՝ 15°C -ին համապատասխան արժեքի հարաբերությանը, օրինակ, հզորության համար՝ $K = \bar{N} = N_{t_{ոդ}} / N_{15^{\circ}\text{C}}$:

Ինչպես երևում է նկարից, էներգաբլոկի զարգացրած հզորությունը խիստ կախված է արտաքին օդի ջերմաստիճանից: Դիտարկվող ջերմաստիճանային միջակայքում այն նվազում է 15,3%-ով: Նույն տիրույթում օ.գ.գ.-ն նվազում է 8,2%-ով (հարաբերական՝ 12°C -ում դիտարկվող պարամետրերի համեմատ): Դրա հետևանքով աճում է վառելիքի տեսակարար ծախսը, թեև ԳՏՏ-ի այրման խուց տրվող բնական գազի ծախսը կրճատվում է 7,6%-ով:



Նկ.6. ՇԳՏ-ի հիմնական պարամետրերի հարաբերական արժեքների կախվածությունը արտաքին օդի ջերմաստիճանից

15°C -ից բարձր ջերմաստիճանային տիրույթում ՇԳՏ-ի հզորության նվազումը պայմանավորված է ոչ միայն մթնոլորտային օդի ջերմաստիճանից ԳՏՏ-ի հզորության կախվածությամբ, այլև ՇՏՏ-ի հզորության նվազմամբ: Վերջինս տեղի է ունենում՝ պայմանավորված կոնդենսատոր տրվող հովացնող ջրի ջերմաստիճանի և կոնդենսացման ճնշման բարձրացմամբ (աղ. 4), ինչի հետևանքով նվազում է ՇՏՏ-ում ջերմանկումը, միաժամանակ՝ նաև գազերի հետ ՕԿ տրվող ջերմության քանակությունը, թեև աճում է դրանց ջերմաստիճանը (աղ. 2): Քանի որ ԿԳՏ-ից հետո, որն ՕԿ-ի տաքացման վերջին մակերևույթն է ըստ գազերի հոսքի, գազերի ջերմաստիճանը կախված է ՕԿ մուտքում կոնդենսատի ջերմաստիճանից, ուստի $3,8^{\circ}\text{C}$ -ով աճում է արտանետվող ծխագազերի ջերմաստիճանը t_{hq} :

Եզրակացություն: Երբ արտաքին օդի ջերմաստիճանն աճում է 12-ից մինչև 36°C , ԳՏՏ-ի հզորությունը նվազում է 25,3 ՄՎտ-ով, իսկ ՇԳՏ-ինը՝ 27,1 ՄՎտ-ով: Ջերմաստիճանի աճին զուգահեռ ավելանում է 1 կՎտ/ժ էլեկտրաէներգիայի արտադրության համար պայմանական վառելիքի տեսակարար ծախսը՝ 239 գ պ.վ./կՎտ-ժ-ից հասնելով 36°C -ում մինչև 255,7 գ պ.վ./կՎտ-ժ: Այս հանգամանքներով պայմանավորված՝ առաջ է գալիս ԳՏՏ-ից առաջ օդի ջերմաստիճանի կարգավորման խնդիրը:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Сводный отчет** о мониторинге "Дорожной карты по ключевым экологическим вопросам объединения электроэнергетических рынков ЕС и СНГ" за 2011-2012 гг. (в части СНГ) / Электроэнергетический Совет СНГ. Протокол № 46 от 24 октября 2014 года. - 58 с.
2. **Оганесян Л.С., Хачатрян Р.Г.** Влияние природно-климатических условий на работу газотурбинных установок Армянской энергосистемы // Вестник НПУА. Электротехника, Энергетика. – 2015. – №2. – С. 49-61.
3. **Радин Ю.А., Гомболевский В.И., Чертков А.И., Воронов Е.О.** Особенности эксплуатационных режимов парогазовой установки типа ПГУ-230 Минской ТЭЦ-3 // Тезисы докл. конф. "Новейшие научные достижения" - 2012. Технические науки. http://www.rusnauka.com/9_NND_2012/Tecnic/5_105676.doc.htm
4. **Оганесян Л.С., Хачатрян Р.Г.** Разработка методики расчета параметров газовой турбины GT13E2 MXL установленной на ЕрТЭЦ при переменных режимах работы // Вестник НПУА: Электротехника, Энергетика. – 2016. – №2. – С. 36-45.
5. **Качан С.А.** Расчет тепловой схемы утилизационных парогазовых установок: Методическое пособие по дипломному проектированию. - Минск: БНТУ, 2007. - 130с.
6. **Трухний А.Д., Петрунин С.В.** Расчет тепловых схем парогазовых установок утилизационного типа: Метод. пособие по курсу "Энергетические установки". – М.: МЭИ, 2001. – 24 с.
7. **Костюк А.Г., Фролов В.В., Булкин А.Е., Трухний А.Д.** Паровые и газовые турбины для электростанций: Учебник для вузов. - 3-е изд., перераб. и доп. / Под ред. А.Г. Костюка. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 556 с.

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 20.09.2016:

Л.С. ОГАНЕСЯН, Р.Г. ХАЧАТРЯН

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЕРЕВАНСКОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ С КОМБИНИРОВАННЫМ ПАРОГАЗОВЫМ ЦИКЛОМ

Определены основные показатели энергоблока с комбинированным циклом с двухконтурным котлом-утилизатором в диапазоне температур наружного воздуха 12...42°C. Исследованы диапазон и характер их изменения.

Ключевые слова: парогазовая установка, котёл-утилизатор, удельный расход топлива, развиваемая мощность.

L.S. HOVNANNISYAN, R.G. KHACHATRYAN

THE IMPACT OF OUTDOOR AIR PARAMETERS ON THE PERFORMANCE INDICATORS OF YEREVAN COMBINED CYCLE POWER PLANT

The key parameters of the combined-cycle plant with dual pressure heat recovery steam generator are determined in the outdoor air temperature range of 12...42°C. The range and nature of their changes are studied.

Keywords: combined-cycle plant, heat recovery boiler, specific fuel consumption, power output.

Ծ.Ս. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ, Ս.Ա. ՄԻՐԱԴԵՂՅԱՆ, Ռ.Գ. ԿԻՐԱԿՈՍՅԱՆ

**ՀԵՌԱՀԱՂՈՐԴԱԿՑԱԿԱՆ ՑԱՆՑԵՐՈՒՄ ՄԵՔԵՆԱՑԱԿԱՆ ՌԻՍՈՒՑՄԱՆ
ՄԻՋՈՑՈՎ ԱՆՈՄԱԼԻԱՆԵՐԻ ՀԱՅՏՆԱԲԵՐՄԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ՆԱԽԱԳԾՈՒՄԸ**

Հեռահաղորդակցական ցանցերի աշխատանքի խափանումը մեծ վնաս է հասցնում հեռահաղորդակցական ծառայություններ մատուցող ընկերություններին: Խափանումների հայտնաբերման և շտկման համար նախատեսված համակարգերը նպաստում են այդ ծախսերի կրճատմանը: Աշխատանքում ներկայացված է հեռահաղորդակցական ցանցերում անոմալիաների հայտնաբերման համակարգ, որի աշխատանքը հիմնված է մեքենայական ուսուցման համակարգերի վրա:

Առանցքային բառեր. հեռահաղորդակցական ցանց, մեքենայական ուսուցում, անոմալիաների հայտնաբերում, արհեստական նեյրոնային ցանցեր, հենապոնային վեկտորային մեթոդ, մշտադիտարկման համակարգեր:

Ներածություն: Հեռահաղորդակցական ցանցերը շարունակ բարդանում են, ինչն ունի մի շարք պատճառներ: Դրանցից է նոր տեխնոլոգիաների, արձանագրությունների ստեղծումը, հեռահաղորդակցական ցանցի թողունակության, հասանելիության և անվտանգության մակարդակի ավելացման նպատակով վերջինիս բոլոր մակարդակների բարելավումը և այլն: Պատճառներից մեկն էլ արձանագրությունների և բարելավումների մի քանի տեսակ եղանակների առկայությունն է: Կան բազմաթիվ այլ պատճառներ, որոնցից են հեռահաղորդակցական ցանցի օգտատերերի քանակի ավելացումը, հաղորդվող տվյալների արժեքի և թողունակության մեծացումը:

Նման պայմաններում կտրուկ մեծանում է հեռահաղորդակցական ցանցով անցնող թրաֆիկը: Ցանցի օպերատորների համար դժվարանում է հաղորդվող յուրաքանչյուր փաթեթի հսկումը: Դրան զուգահեռ հեռահաղորդակցական ցանցերի վրա կատարվող գրոհները շատանում են, և դրանց իրականացման եղանակները գնալով բարդանում են:

Հաղորդակցական մեքենայությունների հսկման ասոցացիայի (Communications Fraud Control Association, CFCA) կատարած հետազոտությունները ցույց են տալիս, որ միայն 2015 թ.-ին հեռահաղորդակցական մեքենայությունների պատճառով տարբեր կազմակերպությունների և անհատների հասցվել է 38.1 միլիարդ ԱՄՆ դոլարի վնաս [1]:

Նման դեպքերից խուսափելու համար անհրաժեշտ է մշակել մեխանիզմներ, որոնք թույլ կտան հայտնաբերել հեռահաղորդակցական ցանցերում տեղի ունեցող անոմալիաները և ձեռնարկել կանխարգելիչ կամ վերականգնողական գործողություններ: Վերջին ժամանակներում հեռահաղորդակցական ցանցերում անոմալիաների հայտնաբերումը լայնորեն քննարկվում է գիտական և առևտրային շրջանակներում: Անոմալիաների հայտնաբերումն ուղղված է հեռահաղորդակցային ցանցերի անվտանգության, հասանելիության, ծառայության որակի բարձրացմանը՝ վիրուսային ծրագրերի հայտնաբերման համար:

Հեռահաղորդակցական ցանցերում անոմալիան կարելի է ներկայացնել որպես իրադարձություն, որն առանձնանում է ցանցի բնականոն աշխատանքից:

Քանի որ հեռահաղորդակցական ցանցի բնականոն վարքի նկարագրման մոդել գոյություն չունի, ուստի շատ դժվար է մշակել անոմալիաների հայտնաբերման մեխանիզմ: Այդ իսկ պատճառով հեռահաղորդակցական ցանցերում անոմալիաների հայտնաբերման համար կիրառվում է առանց մոդելի մոտեցումը: Առանց մոդելի մոտեցումները դասակարգվում են ըստ անոմալիայի հայտնաբերման մեխանիզմի ճշտության:

Հեռահաղորդակցական ցանցերում անոմալիաների հայտնաբերման մեխանիզմները կարելի դասակարգել երկու հիմնական խմբի [2].

- սիգնատուրայի վրա հիմնված,
- վիճակագրության վրա հիմնված:

Սիգնատուրայի վրա հիմնված եղանակները չեն կարող հայտնաբերել այն անոմալիաները, որոնք առաջանում են նոր ստեղծված խոցելիությունների հիման վրա, կամ եթե դրանք պայմանավորված են հարձակումներով, որոնց նմանը նախկինում չի կատարվել: Ի տարբերություն այդ անոմալիաների հայտնաբերմանը՝ վիճակագրության վրա հիմնված եղանակները թույլ են տալիս հայտնաբերել նման շեղումները: Բացի այդ նման եղանակով հնարավոր է ուսումնասիրել հեռահաղորդակցական ցանցի վարքը և անոմալիաների հայտնաբերման համար կիրառել մեքենայական ուսուցման եղանակներ [2, 3]:

Խնդրի դրվածքը: Հեռահաղորդակցական ցանցերի բնականոն աշխատանքի և ծառայության որակի անհրաժեշտ մակարդակի ապահովման համար պետք է ունենալ տեղեկություն ոչ միայն ցանցի առկա վիճակի մասին, այլև կարողանալ այն կանխատեսել: Արդիական է այնպիսի համակարգի մշակումը, որը թույլ կտա հեռահաղորդակցական ցանցերում ավտոմատ կերպով հայտնաբերել անոմալիաների առաջացումը և հնարավորության դեպքում ձեռնարկել կանխարգելիչ միջոցներ: Անոմալիաների հայտնաբերման համար մեքենայական ուսուցման համակարգի ներդրումը թույլ կտա ոչ միայն հայտնաբերել հայտնի պատճառներով առաջացող

անումալիաները, այլև այնպիսիք, որոնց առաջացման պատճառները նախկինում հայտնի չեն եղել:

Հեռահաղորդակցական ցանցերում անումալիաների հայտնաբերման առաջարկվող եղանակի կիրառման համար անհրաժեշտ է.

- մեքենայական ուսուցման համակարգերի միջոցով ստանալ բնականոն աշխատող ցանցի բնութագրերը,
- կատարել հեռահաղորդակցական ցանցի մշտադիտարկում,
- մշտադիտարկման արդյունքում ստացված տվյալների հիման վրա հայտնաբերել անումալիաները,
- հնարավորության դեպքում ձեռնարկել կանխարգելիչ միջոցներ:

Մեքենայական ուսուցման եղանակները: Մեքենայական ուսուցումը թույլ է տալիս մշակել ալգորիթմներ, որոնք հնարավորություն են տալիս տվյալների ուսումնասիրության հիման վրա սովորել և կատարել կանխատեսումներ: Այդպիսի ալգորիթմներն աշխատանքի համար մուտքային տվյալների հիման վրա կառուցում են մոդել, որով էլ կատարում են կանխատեսումները: Մեքենայական ուսուցման խնդիրները բաժանվում են երեք դասի.

• Ուսուցչով ուսուցում. տրվում են մուտքային տվյալներ և ակնկալվող ելքային տվյալները: Համակարգը դրանց վերլուծության միջոցով որոշում է կանոնները, որոնցով մուտքային տվյալները վերափոխվում են ելքայինի:

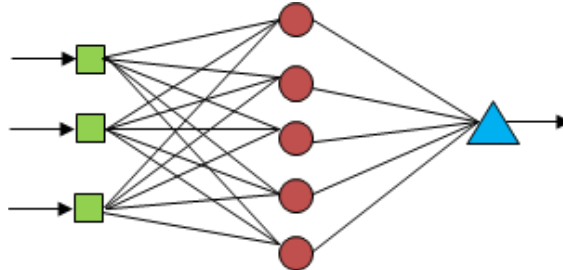
• Առանց ուսուցչի ուսուցում. տրվում են միայն մուտքային տվյալներ: Համակարգն ինքնուրույն պետք է խմբավորի այդ տվյալները:

• Ուսուցում օգնությամբ. ամեն նախադեպի համար կա «իրավիճակ – ընդունված որոշում» գույգ: Համակարգը փոխազդում է դինամիկ միջավայրի հետ և պետք է կատարի որոշակի գործողություններ: Նման համակարգերի օրինակներ են մեքենայի վարումը կամ խաղ խաղալու ուսուցանումը, երբ վերջինս կատարվում է հակառակորդի հետ խաղալով:

Կան մեքենայական ուսուցման բազմաթիվ համակարգեր: Հետազոտությունները ցույց են տալիս, որ հեռահաղորդակցական ցանցերում անումալիաների հայտնաբերման համար առավել արդյունավետ եղանակներ են արհեստական նեյրոնային ցանցերը և հենասյունային վեկտորների մեթոդը (ՀՎՄ):

Արհեստական նեյրոնային ցանցերի հիմքում ընկած է կենդանի օրգանիզմի նեյրոնային բջիջների կազմակերպման սկզբունքը: Ցանցի ուսուցման գործընթացը սկսելու համար մուտքային տվյալները ձևափոխվում են այնպես, որ հնարավոր լինի դրանք տալ ցանցի մուտքին: Ուսուցման ընթացքում ցանցը որոշակի հերթականությամբ դիտում է մուտքային տվյալները: Մուտքային տվյալները մշակվում են ըստ մուտքին տրված հերթականության կամ ընտրվում են պատահանակության սկզբունքով:

քով: Ուսուցման փուլը կարող է լինել ինչպես ուսուցչով, այնպես էլ առանց ուսուցչի: Պարզ արհեստական նեյրոնային ցանցի սխեման ներկայացված է նկ.1-ում:



Նկ. 1. Պարզ արհեստական նեյրոնային ցանցի սխեման

Նկ.1-ում քառակուսիներով ներկայացված են մուտքային նեյրոնները, եռանկյուններով՝ ելքայինը, իսկ օղակներով՝ գաղտնիները:

ՀՎՄ-ն դասվում է ուսուցչով ուսուցման համակարգերի դասին: Այն օգտագործվում է դասակարգման խնդիրների լուծման համար: Պատկանում է գծային դասակարգիչների խմբին: ՀՎՄ-ն ունի մի շարք ուշագրավ հնարավորություններ, որոնցից են այլ դասակարգիչների համեմատ ընդհանրացման լավ հնարավորությունները:

Ունենալով $(x_i, y_i), i = 1, \dots, n$ մուտքային զույգը, որտեղ $x_i \in R_m$ և $y \in \{1, -1\}^n$, ՀՎՄ-ն պահանջում է (1)-(3) օպտիմալացման խնդրի լուծումը.

Նպատակային ֆունկցիա՝

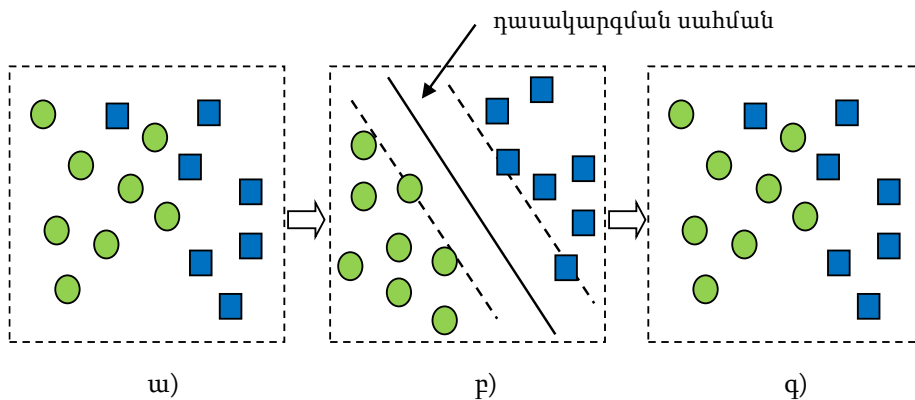
$$\min_{\omega, b, \mu} \frac{1}{2} w^T w + C \sum_{i=1}^1 \mu_i : \quad (1)$$

Սահմանափակումներ՝

$$y_i (w^T \theta(x_i) + b) \geq 1 - \mu_i, \quad (2)$$

$$\mu_i \geq 0:$$

Այստեղ x_i ուսուցողական վեկտորները θ ֆունկցիայի միջոցով արտապատկերված են տարածական ավելի մեծ տարածության վրա: b -ն ցույց է տալիս տարբերակող հիպերգծի շեղումը նախնականից: μ_i -ն՝ շեղումը սահմանափակումներից: C -ն օգտագործողի կողմից տրվող կարգավորող պարամետր է, որով կառավարվում է կետի գծից եղած հեռավորության ճշտությունը: ՀՎՄ-ով ոչ գծային բաժանման օրինակը ներկայացված է նկ.2-ում:



Նկ. 2. ՀՎՄ-ով ոչ գծային բաժանում՝ ա) մուտքային տվյալներ, բ) արտապատկերում տարածական մեծ տարածության վրա, գ) հետադարձ արտապատկերում

Հետազոտությունները ցույց են տալիս [4, 5], որ անոմալիաների հայտնաբերման համար ՀՎՄ-ները տալիս են ավելի բարձր արդյունք, սակայն եթե համեմատվում է հայտնաբերման ճշտությունը, ապա արհեստական նեյրոնային ցանցերն ունեն ավելի բարձր ճշտություն: Տվյալ աշխատանքում կիրառվել է ՀՎՄ-ն:

Անոմալիաների հայտնաբերման համակարգի նախագծումը: Հեռահաղորդակցական ցանցերում անոմալիաների հայտնաբերման համար անհրաժեշտ է այդ ցանցերում կատարել մշտադիտարկում: Մշտադիտարկմամբ ստացված արդյունքների վերլուծության հիման վրա կարելի է հայտնաբերել խափանումներ, ծանրաբեռնված հանգույցներ և այլն: Սակայն մինչ անոմալիաների հայտնաբերումը պետք է հեռահաղորդակցական ցանցի համար որոշվեն մշտադիտարկվող պարամետրերի արժեքները ցանցի աշխատանքի բնականոն ռեժիմի համար: Անոմալիայի հայտնաբերման դեպքում անհրաժեշտ է հեռահաղորդակցական ցանցում կատարել անհրաժեշտ միջամտություններ: Անոմալիաների հայտնաբերման ժամանակ հեռահաղորդակցական ցանցի օպերատիվ կառավարման համար կարելի է կիրառել [6]-ում մշակված եղանակը:

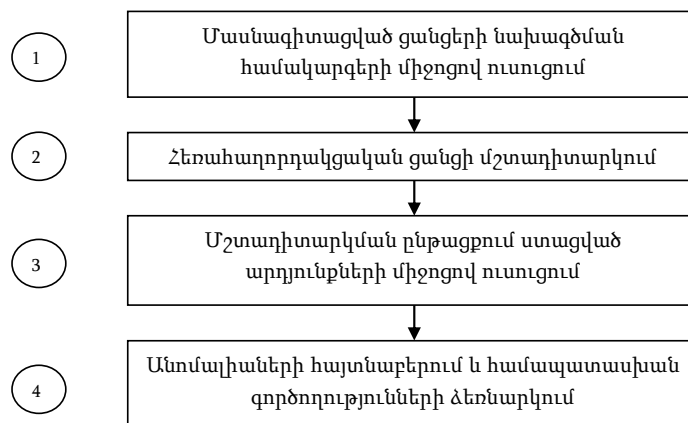
Այս համակարգում մեքենայական ուսուցման մասն ունի կարևոր նշանակություն, քանի որ դրա ճշտությունից է կախված ողջ համակարգի աշխատանքի արդյունավետությունը: Համակարգի ուսուցման համար կարելի է կիրառել երկու եղանակ.

1. ուսուցում ցանցի աշխատանքի ընթացքում,
2. նախնական ուսուցում մոդելավորման համակարգերի կիրառմամբ:

Եթե նախագծվող համակարգում կիրառվի միայն 1-ին եղանակը, ապա հեռահաղորդակցական ցանցի աշխատանքի ընթացքում անոմալիաների հայտնաբերման գործընթացը բավականին երկար կտևի և կլինի ոչ արդյունավետ: Ուստի պետք է կի-

բառվի նաև 2-րդ մոտեցումը: Տվյալ դեպքում մասնագիտացված ցանցերի նախագծման գործիքամիջոցներով, ինչպիսին է, օրինակ, [7]-ում ներկայացվածը, կառուցվում է հեռահաղորդակցական ցանցի մոդելը, մոդելի վրա կատարվում է տարբեր իրավիճակների սիմուլյացիա, և ստացված արդյունքները տրվում են մեքենայական ուսուցման համակարգին որպես մուտք: Դա զգալիորեն արագացնում է ուսուցման ընթացքը և թույլ է տալիս, որ համակարգն արագորեն հայտնաբերի անոմալիաները: Հեռահաղորդակցական ցանցի շահագործման ընթացքում կիրառվում է նաև 1-ին մոտեցումը, ինչը մեծացնում է ճշտությունը և թույլ տալիս հայտնաբերել դեպքեր, որոնք չէին ուսուցանվել մոդելավորման համակարգերի միջոցով:

Ելնելով վերը շարադրվածից, կատարվող քայլերի հերթականությունը կարելի է ներկայացնել հետևյալ կերպ (նկ.3):



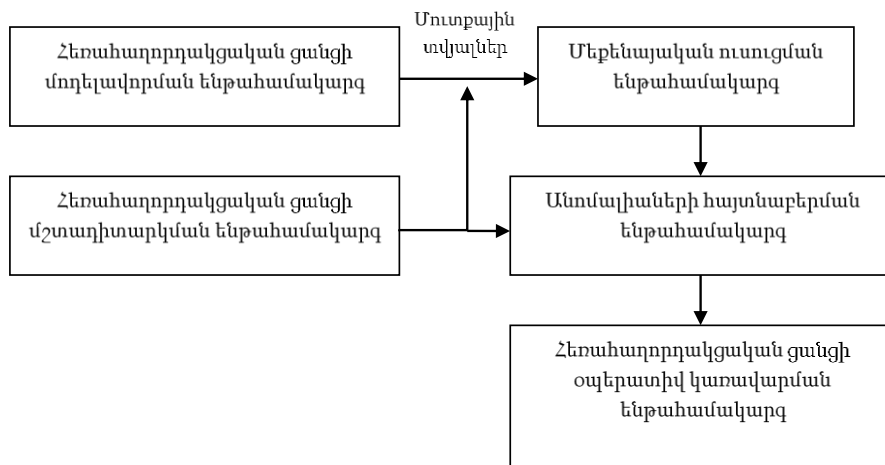
Նկ. 3. Անոմալիաների հայտնաբերման քայլերի հաջորդականությունը

Հեռահաղորդակցական ցանցերում մեքանայական ուսուցման միջոցով անոմալիաների հայտնաբերման նախագծվող համակարգի ընդհանրացված ճարտարապետությունը ներկայացված է նկ. 4-ում:

Համակարգը բաղկացած է հետևյալ 5 ենթահամակարգերից.

1. հեռահաղորդակցական ցանցի մոդելավորման ենթահամակարգ,
2. հեռահաղորդակցական ցանցի մշտադիտարկման ենթահամակարգ,
3. մեքենայական ուսուցման ենթահամակարգ,
4. անոմալիաների հայտնաբերման ենթահամակարգ,
5. հեռահաղորդակցական ցանցի օպերատիվ կառավարման ենթահամակարգ:

Ենթահամակարգերի գործառնությունները հետևյալն են: Մոդելավորման ենթահամակարգը թույլ է տալիս մասնագիտացված գործիքամիջոցների կիրառմամբ ստեղծել հեռահաղորդակցական ցանցի մոդելը և այդ մոդելի վրա իրականացնել տարբեր իրավիճակների սիմուլյացիա ու արդյունքների հավաքագրում:



Նկ. 4. Հեռահաղորդակցական ցանցերում մեքենայական ուսուցման միջոցով անոմալիաների հայտնաբերման համակարգի ճարտարապետությունը

Մշտադիտարկման ենթահամակարգը նախատեսված է շահագործման հանձնված հեռահաղորդակցական ցանցի դիտարկվող պարամետրերի ստացման համար: Այս և մոդելավորման ենթահամակարգերից ստացված արդյունքերը փոխանցվում են անոմալիաների հայտնաբերման ենթահամակարգին, որը մշակելով ստացված արդյունքները՝ ՀՎՄ-ի միջոցով հայտնաբերում է անոմալիաներ և այդ մասին տեղեկացնում օպերատիվ կառավարման ենթահամակարգին: Օպերատիվ կառավարման ենթահամակարգի միջոցով կատարվում են տվյալ իրավիճակին համապատասխանող քայլեր, և վերականգնվում է հեռահաղորդակցական ցանցի բնականոն աշխատանքը:

Եզրակացություն: Ուսումնասիրվել է հեռահաղորդակցական ցանցերում անոմալիաների հայտնաբերման համար մեքենայական ուսուցման համակարգերի կիրառելիությունը: Դիտարկվել են տվյալ խնդրի լուծման համար կիրառելի մեքենայական ուսուցման համակարգերը՝ արհեստական նեյրոնային ցանցերը և հենասյունային վեկտորների մեթոդը (ՀՄՎ): Մշակվել են հեռահաղորդակցական ցանցերում մեքենայական ուսուցման միջոցով անոմալիաների հայտնաբերման համար անհրաժեշտ քայլերը, և դրա հիման վրա նախագծվել է անոմալիաների հայտնաբերման համակարգի ճարտարապետությունը:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. <http://cfca.org/fraudlosssurvey/2015.pdf>
2. **Chandola V., Banerjee A. and Kumar V.** Anomaly detection: A survey // *ACM Comput. Surv.* - July 2009. - Vol. 41. - P. 15:1–15:58.
3. **Garcia-Teodoro P., Daz-Verdejo J., Maci-Fernandez G. and Vazquez E.** Anomaly-based network intrusion detection: Techniques, systems and challenges // *Computers & Security*. -2009.- Vol. 28, no. 12.- P. 18–28.

4. **Sinclair C., Pierce L. and Matzner S.** An application of machine learning to network intrusion detection // Proceedings of the 15th Annual Computer Security Applications Conference. Ser. ACSAC 99. - Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 1999.- P. 371–377.
5. IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security.- November, 2008.- Vol.8, No.11.
6. **Կիրակոսյան Գ.Տ., Հովհաննիսյան Ծ.Ս., Միրադեղյան Ս.Ա.** Հեռահաղորդակցական ցանցերի օպերատիվ կառավարման եղանակի մշակում //Հայաստանի ճարտարագիտական ակադեմիայի Լրաբեր. - 2015.- Հատոր 12, № 4. - էջ 718-722:
7. **Միրադեղյան Ս.Ա., Կիրակոսյան Ռ.Գ.** Մասնագիտացված քոմփյուտերային ցանցերի կառուցվածքի նախագծման ավտոմատացված գործիքային միջոցի մշակում // ՀՀ ԳԱԱ և ՀՊՃՀ Տեղեկագիր. Տեխնիկական գիտությունների սերիա. - 2014. - Հատոր 67, № 2. - էջ 155-164:

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 20.09.2016:

Շ.Տ. ՕԳԱՆՆԻՏՅԱՆ, Տ.Ա. ՏԻՐԱԴԵԳՅԱՆ, Ր.Գ. ԿԻՐԱԿՕՏՅԱՆ
ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ АНОМАЛИЙ В
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЯХ С ПОМОЩЬЮ МАШИННОГО
ОБУЧЕНИЯ

Сбой работы телекоммуникационных сетей наносит большие убытки компаниям, предлагающим телекоммуникационные услуги. Системы, предназначенные для обнаружения и исправления сбоев, способствуют снижению этих затрат. В работе представлена система обнаружения аномалий в телекоммуникационных сетях, работа которой основана на системах машинного обучения.

Ключевые слова: телекоммуникационная сеть, машинное обучение, обнаружение аномалий, искусственные нейронные сети, метод опорных векторов, системы мониторинга.

Ts.S. HOVHANNISYAN, S.A. SIRADEGHYAN, R.G. KIRAKOSSIAN
DESIGN OF A SYSTEM FOR ANOMALY DETECTION IN
TELECOMMUNICATION NETWORKS BY MACHINE LEARNING

The operation failure of telecommunication networks causing heavy losses to companies providing telecommunication services. Systems designed for detecting and fixing failures help to reduce these costs. An anomaly detection system for telecommunication networks is given the operation of which is based on machine learning systems.

Keywords: telecommunication network, machine learning, anomaly detection, artificial neural networks, support vector machine, monitoring systems.

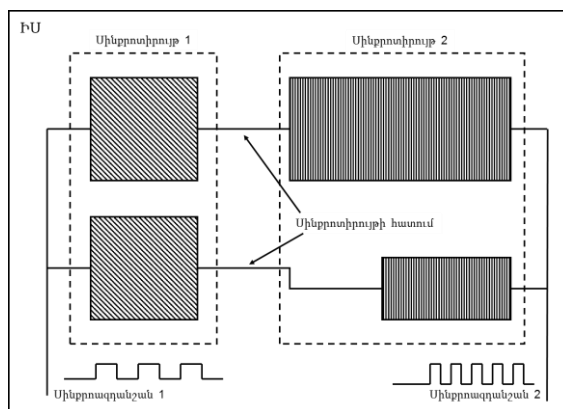
Վ.Շ. ՄԵԼԻՔՅԱՆ, Տ.Ռ. ԽԱԺԱԿՅԱՆ, Տ.Ա. ՀԱԽՎԵՐԴՅԱՆ, Ս.Հ. ՄԱՆՈՒԿՅԱՆ

ՏԱՐԲԵՐ ՀԱՃԱԽԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐՈՎ ՏԱԿՏԱՎՈՐՎՈՂ ԹՎԱՅԻՆ
ՍԽԵՄԱՆԵՐԻ ՀԱՄԱՁԱՅՆԵՑՄԱՆ ԵՂԱՆԱԿ

Առաջարկվում է տարբեր հաճախականություններով տակտավորվող թվային սխեմաների համաձայնեցման եղանակ, որը հնարավորություն է ընձեռում ընդունող սինքրոտիզմի մոտող ազդանշանի մետաստաբիլ վիճակը հայտնաբերել և բնականոն վիճակը վերականգնել: Ի տարբերություն համաձայնեցման այլ եղանակների՝ այս դեպքում մուտք-էլք հապաղումն ավելի փոքր է, և օգտագործվում են համեմատաբար քիչ քանակով փականներ: Սույն եղանակը, համաձայնեցումը միայն ցածր հաճախականային տիրույթից բարձր իրականացնելու հաշվին, առանց համաձայնեցման արձանագրության իրականացման, բացառում է մետաստաբիլության առաջացումը:

Առանցքային բառեր. տակտային ազդանշան, մետաստաբիլություն, սինքրոտիզմ, համաձայնեցում:

Ներածություն: Ժամանակակից ինտեգրալ սխեմաների (ԻՍ) տարբեր բաղկացուցիչ մասեր կարող են տակտավորվել տարբեր հաճախականություն ունեցող տակտային ազդանշաններով՝ սինքրոազդանշաններով (նկ. 1) [1]: Միննույն հաճախականությամբ տակտավորվող սխեմաները կազմում են սինքրոտիզմ (նկ. 1): Սինքրոտիզմների միջև տեղի է ունենում ազդանշանների անընդհատ փոխանակում: Ազդանշանի անցումը մի սինքրոտիզմից մյուսը ընդունված է անվանել սինքրոտիզմի հատում (ՍՀ) [1, 2]:



Նկ. 1. Սինքրոտիզմների միջև տվյալների փոխանակումը

Միևնայում լարումների և ջերմաստիճանի տատանումները հանգեցնում են հաղորդակցվող սինքրոտիքային տակտային ազդանշանների՝ միմյանց նկատմամբ փուլային շեղումների [1]: Այդ շեղումները կարող են հանգեցնել նրան, որ ՍՀ կատարող ազդանշանի փոխանջատումն ընդունվի ստացող տրիգերի հաստատման ժամանակից ուշ կամ պահպանման ժամանակից շուտ՝ տրիգերի ելքում առաջացնելով տրամաբանական ցածր և բարձր մակարդակներից տարբերվող անորոշ արժեք [1]: Դա կարող է հանգեցնել փոխանցվող երկուական կարգերի կորստի՝ խափանելով ԻՄ-ի հաջորդող բաղկացուցիչների բնականոն աշխատանքը [1]: ՍՀ-ի ժամանակ, ընդունող սինքրոտիքային ազդանշանի անորոշ արժեքից խուսափելու նպատակով, կատարում են ուղարկող և ընդունող սինքրոտիքային համաձայնեցում՝ օգտագործելով տրիգերային համաձայնեցուցիչներ և արձանագրության իրագործմամբ համաձայնեցման եղանակներ (ԱԲՀԵ) [1]: Համաձայնեցման միջոցները տեղադրվում են ուղարկող և ընդունող սինքրոտիքային միջև: Դրանք ապահովում են ազդանշանի՝ տրիգերի մուտքին անփոփոխ լինելը վերջինիս սինքրոազդանշանի ճակատից առնվազն հաստատման ժամանակ առաջ և ճակատից հետո՝ պահպանման ժամանակի ընթացքում:

Մետաստաբիլություն: Մետաստաբիլությունը հավանականային երևույթ է [1], որի առաջացման դեպքում տրիգերի ելքն ընդունում է անորոշ արժեք՝ հայտնվելով մետաստաբիլ վիճակում: Դա տեղի է ունենում այն դեպքում, եթե տրիգերի մուտքը փոխանջատվել է տրիգերի հաստատման և/կամ պահպանման ժամանակներից ուշ կամ շուտ, ինչի դեպքում ճիշտ տրամաբանական արժեքի հաստատումը տեղի կունենա ուշացումով: Մետաստաբիլությունը բնութագրվում է մի քանի մեծություններով՝

- տվյալ տակտային ազդանշանի դեպքում տրիգերի ելքում մետաստաբիլ վիճակի առաջացման P հավանականություն,
- կայունացման t_g ժամանակ, որի ընթացքում տրիգերի մետաստաբիլ ելքը պետք է ընդունի որևէ տրամաբանական արժեք, որպեսզի հաջորդող տրիգերի ելքը ևս չհայտնվի մետաստաբիլ վիճակում,
- $T_{մետ}$ պարբերություն, որը տվյալ տրիգերի ելքում յուրաքանչյուր երկու իրար հաջորդող մետաստաբիլ վիճակների միջև ընկած ժամանակահատվածների միջին թվաբանականն է:

$$P = f_{SU} T_0 e^{-t_g/\tau}, \quad (1)$$

$$t_g = T_{SU} - t_{հապ} - t_h, \quad (2)$$

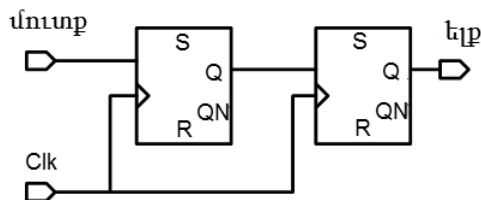
$$T_{մետ} = \frac{e^{t_g/\tau}}{f_{տգ} f_{SU} T_0}: \quad (3)$$

(1)-(3)-ում [1] t_h -ն տրիգերի հաստատման ժամանակն է, f_{su} -ն՝ մուտքային ազդանշանի հաճախականությունը, f_{su} -ն՝ ընդունող տրիգերի տակտավորման հաճախականությունը, T_0 -ն՝ տակտային ազդանշանի ճակատի շուրջը այն ժամանակային միջակայքը, որի ընթացքում ազդանշանի փոխանջատումը հանգեցնում է տրիգերի ելքի մետաստաբիլ վիճակի: τ -ն բնութագրում է տրիգերի ելքի՝ մետաստաբիլ վիճակից դուրս գալու արագությունը: Այն որոշվում է հետևյալ կերպ [1]՝

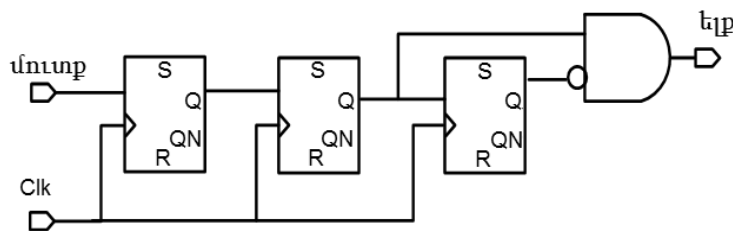
$$\tau = \frac{t_2 - t_1}{\ln\left(\frac{\Delta V_2}{\Delta V_1}\right)}, \quad (4)$$

որտեղ ΔV_1 -ը և ΔV_2 -ը, համապատասխանաբար, t_1 և t_2 պահերին մետաստաբիլ ազդանշանի և դրա շրջված արժեքի տարբերություններն են: Այդ տարբերությունները մետաստաբիլ վիճակում մոտ են զրոյին, իսկ բնականոն վիճակում՝ սնուցման լարման արժեքին:

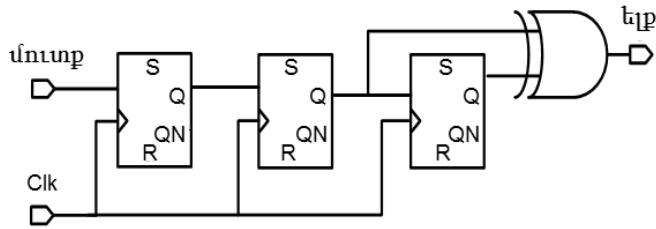
Համաձայնեցուցիչներ: Դասական համաձայնեցուցիչները [3] ներկայացնում են իրար հաջորդաբար միացված տրիգերներ, որոնց միջև չկան համակցային տարրեր [3]: Դրանց հիմնական նպատակն է կանխել մետաստաբիլ ազդանշանի տարածումը առաջին տրիգերից դեպի համաձայնեցուցիչի ելք և ապա՝ ընդունող սինքրոտիզացիայի մուտք: Համաձայնեցուցիչները [4] երեք հիմնական տեսակ են՝ մակարդակային (նկ. 2) [4], ճակատ հայտնաբերող (նկ. 3) [4] և պուլսային (նկ. 4) [4]:



Նկ. 2. Մակարդակային համաձայնեցուցիչը. կիրառվում է միակարգ ազդանշանների համաձայնեցման նպատակով



Նկ. 3. Ճակատ գրանցող համաձայնեցուցիչը. կիրառվում է դրական կամ բացասական ճակատների գրանցման նպատակով



Նկ. 4. Պուլսային համաձայնեցուցիչը. կիրառվում է պուլսային ազդանշանների համաձայնեցման նպատակով

Համաձայնեցուցիչների համար (1)-ը և (3)-ը ընդունում են ստորև բերված տեսքը [5], որտեղ N -ը համաձայնեցուցիչում տրիգերների քանակն է՝

$$P = f_{SU} T_0 e^{-Nt/\tau}, \quad (5)$$

$$T_{սեւ} = \frac{e^{Nt/\tau}}{f_{սդ} f_{SU} T_0} : \quad (6)$$

Համաձայնեցուցիչների հիմնական թերություններն են.

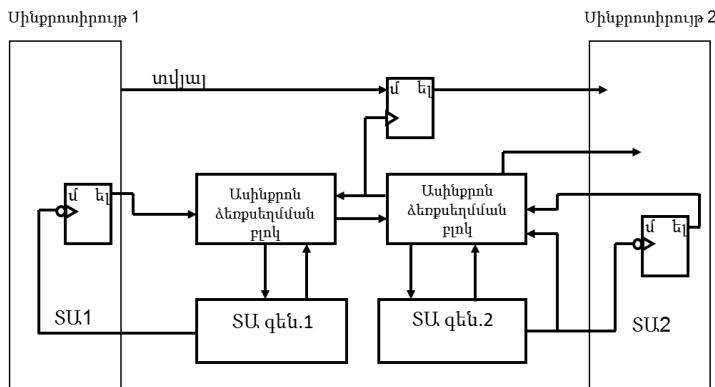
- Հապաղման՝ տակտային պարբերության պատիկին հավասար լինելը: (5)-ից և (6)-ից հետևում է, որ համաձայնեցուցիչի ելքում մետաստաբիլ վիճակի առաջացման հավանականությունը կարելի է նվազեցնել՝ մեծացնելով դրանում եղած տրիգերների քանակը: Սակայն այդ դեպքում հապաղումը մեծանում է տակտային պարբերության պատիկների չափով:

- Ընդունող սինքրոտիզացիոն տակտային հաճախականության մեծացմանը զուգընթաց աճում է մետաստաբիլության հավանականությունը:

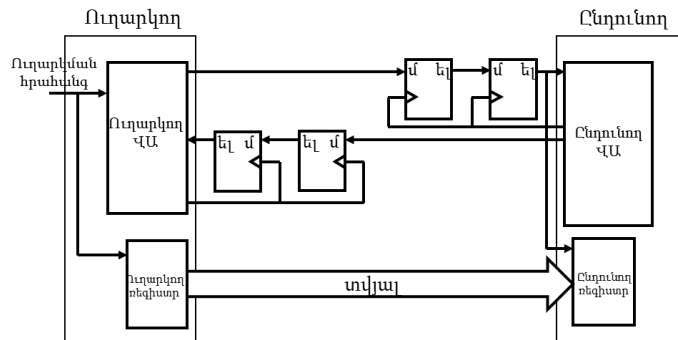
- Բազմակարգ ազդանշանների աղավաղումը: Վերջիններիս համաձայնեցման ժամանակ առանձին երկուական կարգերի մետաստաբիլ վիճակում հայտնվելը հանգեցնում է դրանց՝ մյուս կարգերի նկատմամբ ուշացման և, հետևաբար, ազդանշանի աղավաղման:

- Սինքրոտիզացիոնների միջև ավելացվող հավելյալ մակերեսը:

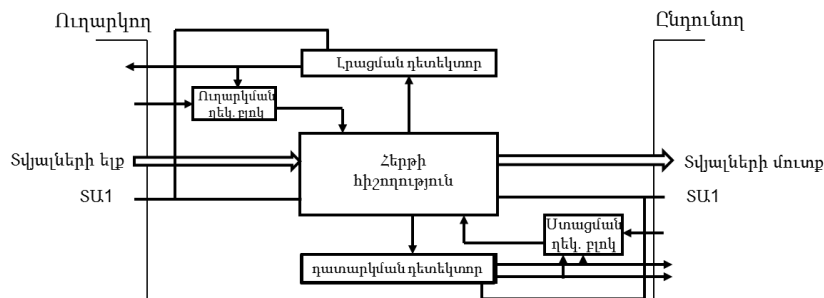
Արձանագրության իրագործմամբ համաձայնեցման եղանակներ: Տարբերում են ԱԻՀԵ-ների հետևյալ հիմնական տեսակները՝ սինքրոազդանշանի ընդհատմամբ (նկ. 5) [6], սահմանային համաձայնեցմամբ (նկ. 6) [6] և հերթի վրա հիմնված (նկ. 7) [6]:



Նկ. 5. Սինքրոտազդանշանի ընդհատմամբ համաձայնեցման եղանակը



Նկ. 6. Սահմանային համաձայնեցմամբ եղանակը



Նկ. 7. Հերթի վրա հիմնված համաձայնեցման եղանակը

Նկ. 5 – 7–ի ԱԻՀԵ–ները [6], իրականացնելով տարբեր արձանագրություններ, տվյալները փոխանցում են՝ կատարելով, համապատասխանաբար, սինքրոտազդանշանների ընդհատում, արձանագրության հրահանգի համաձայնեցում և տվյալների բուֆերացում: Դրանցից յուրաքանչյուրն ունի թերություններ:

- Սինքրոագղանշանի ընդհատմամբ եղանակի դեպքում արագագործությունը նվազում է, քանի որ այն ընդհատում է ամբողջ համակարգի սինքրոագղանշանը՝ դադարեցնելով կարգերի բոլոր փոխանակումները [6]:

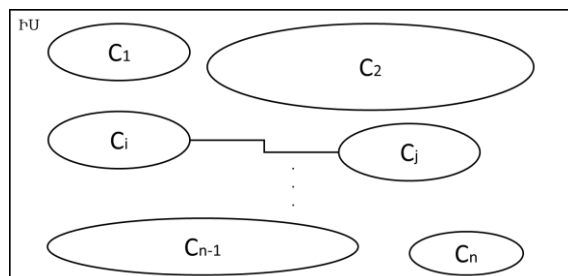
- Սահմանային համաձայնեցմամբ եղանակի (ՄՀԵ) մուտք-ելք հապաղումը կազմում է 2...3 ընդունող տիրույթի տակտային հաճախականություն, սակայն հաջորդ աղանշանի փոխանցումը հնարավոր է իրականացնել 8...12 տակտային պարբերություն հետո, ինչն էապես նվազեցնում է ԻՄ-ի արագագործությունը [6]:

- Հերթի վրա հիմնված եղանակի դեպքում հապաղման՝ 3...4 պարբերությանը հավասար լինելը, ընդունող և ուղարկող սինքրոագղանշանների հաճախականությունների հարաբերությունների սահմանափակումը և հերթի՝ հիշողության աճին զուգընթաց մեծացող մակերեսը [6]:

Այս թերությունների պատճառով դիտարկված եղանակները կիրառելի չեն մեծ արագագործություն պահանջող ԻՄ-ներում և կարող են համաձայնեցնել միայն կոնկրետ և սահմանափակ հաճախականային հարաբերությամբ սինքրոտիրույթներ: Նշվածը հաշվի առնելով՝ անհրաժեշտություն է առաջանում մշակելու համաձայնեցման այնպիսի եղանակ, որը [6]-ում նկարագրված եղանակների համեմատ կապահովի ավելի փոքր համաձայնեցման հապաղում, կիրառելի կլինի բարձր արագագործությամբ ԻՄ-ներում, չի իրագործի համաձայնեցման արձանագրություն և կհամաձայնեցնի կամայական հաճախականային հարաբերություն ունեցող սինքրոտիրույթներ: Իհարկե, այս եղանակի դեպքում համաձայնեցումը հնարավոր կլինի, եթե ուղարկող սինքրոտիրույթը տակտավորվում է ավելի փոքր հաճախականությամբ սինքրոագղանշանով, քան ստացողը:

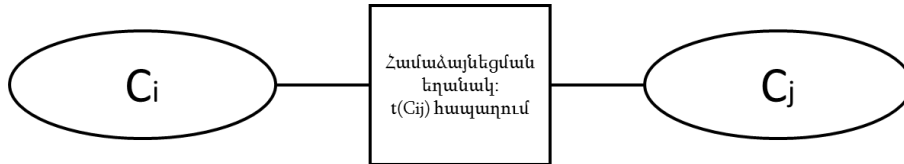
Խնդրի դրվածքը: Դիտարկվում է ԻՄ, որն ունի n հատ սինքրոտիրույթ (նկ. 8): Դիցուք տվյալներն են՝

- $C_1, C_2, \dots, C_n$ իրար նկատմամբ ասինքրոն սինքրոտիրույթներ են,
- C_i և C_j հաղորդակցվող սինքրոտիրույթներից առաջինը տվյալներ ուղարկող տիրույթն է, իսկ երկրորդը՝ ստացողը,
- $C_i \neq C_j \in \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$:



Նկ. 8. n հատ սինքրոտիրույթ ունեցող ԻՄ

Ցանկացած համաձայնեցման եղանակ (ՀԵ), որով C_i և C_j սինքրոտիզացիաները կհամաձայնեցվեն, վերջիններիս միջև ավելացնում է որոշակի $t(C_{ij})$ հապաղում (նկ. 9):



Նկ. 9. Սինքրոտիզացիաների համաձայնեցումը

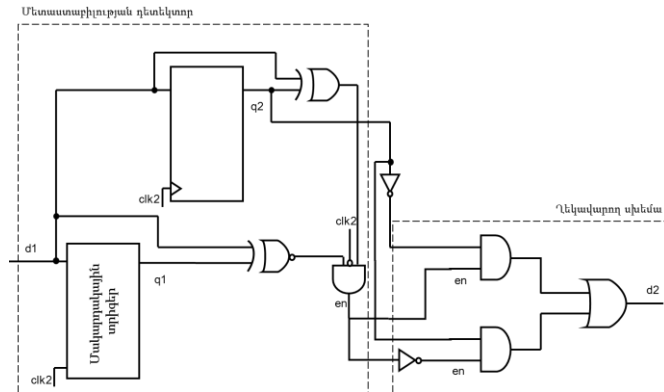
Անհրաժեշտ է մշակել համաձայնեցման եղանակ, որը չի իրագործում համաձայնեցման արձանագրություն և բավարարում է հետևյալ պայմանները՝

$$T_{\text{ընդունող}} \leq t(C_{ij}) \leq 2T_{\text{ընդունող}} - t_h, \quad (7)$$

$$t(C_{ij}) \approx t_{\text{մետ}}, \text{ երբ } \forall \frac{T_{\text{ընդունող}}}{T_{\text{ուղարկող}}} < 1, \quad (8)$$

որտեղ $T_{\text{ընդունող}}$ -ը և $T_{\text{ուղարկող}}$ -ը, համապատասխանաբար, ընդունող և ուղարկող սինքրոտիզացիաների տակտավորող ազդանշանների պարբերություններն են, $t(C_{ij})$ -ն՝ համաձայնեցման եղանակի մուտք-ելք հապաղումը, երբ դրանով անցնող ազդանշանը բնականոն տրամաբանական վիճակում է, իսկ $t_{\text{մետ}}$ -ը՝ այդ նույն հապաղումը, երբ ազդանշանը մետաստաբիլ վիճակում է:

Մետաստաբիլության հայտնաբերմամբ համաձայնեցման եղանակը: Առաջարկվում է համաձայնեցման եղանակ, որը հայտնաբերում է մետաստաբիլության հետևանք հանդիսացող տվյալային կարգի կորուստը և վերականգնում է այն: (7)-ում գրված պայմանն իրականացնելու համար դեպի ընդունող սինքրոտիզացիայի մուտք ազդանշանի անցումը տեղի է ունենում միայն մեկ տրիգերով: Տրիգերի ելքում մետաստաբիլ վիճակի հետևանքով տեղի ունեցած կարգի կորուստը գրանցելու և վերականգնելու նպատակով տրիգերի ելքին ավելացվել է համակցային սխեմա, որի հապաղումը փոքր է մեկ տակտային պարբերությունից: Դրա շնորհիվ, ի տարբերություն համաձայնեցման մյուս միջոցների, մետաստաբիլ և բնականոն վիճակներում առաջարկվող եղանակի մուտք-ելք հապաղումները գործնականորեն նույնն են, ինչով ապահովվում է (8) պայմանը: Անփոփոխ հապաղումը բացառում է բազմակարգ ազդանշանի աղավաղումը, նույնիսկ եթե որոշ կարգեր մետաստաբիլ վիճակում են հայտնվել: Առաջարկվող եղանակի պարզությունն այն է, որ չի իրականացվում համաձայնեցման որևէ արձանագրություն: Մշակված համաձայնեցման եղանակն իրագործվում է հետևյալ կառուցվածքով (նկ. 10):



Նկ. 10. Մետաստաբիլության հայտնաբերմամբ և վերականգնմամբ համաձայնեցման եղանակը

Նկ. 10 – ում q2 տրիգերի նպատակն է հավանական մետաստաբիլ վիճակի էկրանավորումը ԻՄ-ի ընդունող սինքրոտիզացիոն տրիգերի մուտքից: q2-ին միացված ԲԱՑԱՌՈՂ ԿԱՄ տարրը գրանցելու է տրիգերի մուտքի և ելքի միջև տարբերությունը, որը կարող է լինել հետևյալ երկու դեպքերից մեկում.

- Մուտքային ազդանշանը փոփոխվել է, սակայն ընդունող սինքրոազդանշանի ճակատը դեռ տեղի չի ունեցել:

- Մուտքային ազդանշանը փոփոխվել է, ընդունող սինքրոազդանշանի ճակատը արդեն տեղի է ունեցել, սակայն q2 տրիգերի ելքը չի փոխանջատվել: Սա կարող է տեղի ունենալ միայն այն դեպքում, երբ տրիգերի ելքը հայտնվել է մետաստաբիլ վիճակում:

Վերոհիշյալ երկու դեպքերը միմյանցից տարանջատելու համար մշակված միջոցը պարունակում է մակարդակով ղեկավարվող q1 տրիգեր: Վերջինիս մուտքի ու ելքի հավասարության դեպքում կարելի է միարժեքորեն ասել, որ ընդունող սինքրոազդանշանի դրական ճակատը արդեն տեղի է ունեցել: ԵՎ տարրի միջոցով հայտնաբերվում է q2-ի ելքում կարգի կորստի դեպքը, և en ազդանշանը ընդունում է տրամաբանական 1 արժեքը: Կորսված երկուական կարգը վերականգնվում է՝ ղեկավարող սխեմայի d2 ելքին փոխանցելով q2-ին միացված շրջիչի ելքը:

Նկ.10-ում պատկերված համաձայնեցման եղանակի մուտքին հնարավոր են հետևյալ դեպքերը. 1) մուտքային ազդանշանն ունի նույն արժեքը, ինչ նախորդ պարբերության ժամանակ, 2) մուտքային ազդանշանը փոխանջատվում է:

1) Նախորդ և ներկա պարբերությունների ժամանակ ՀԵ-ի մուտքին տրվում է տրամաբանական 0 արժեք: Այդ դեպքում q2 տրիգերի ելքին միացված ԲԱՑԱՌՈՂ ԿԱՄ տարրի ելքը գրո է, իսկ q1 տրիգերի ԲԱՑԱՌՈՂ ԿԱՄ-ՈՉ տարրի ելքը՝ տրամաբանական 1: Այդ դեպքում en ազդանշանն ընդունում է տրամաբանական 0 արժեք,

ինչը նշանակում է, որ կարգի կորուստ տեղի չի ունեցել: $e_n = 0$, հետևաբար՝ $d_2 = q_2$, իսկ d_1-d_2 հապաղումը՝

$$t_{d_1-d_2} = T_{SU} + t_{q_2} + t_{կոմբ} : \quad (9)$$

2) Տեղի է ունեցել փոխանջատում.

ա) q_2 -ի ելքը նորմալ փոխանջատվում է: Այդ դեպքում q_2 -ին միացված ԲԱՑԱՌՈՂ ԿԱՄ տարրի ելքը տրամաբանական զրո է, հետևաբար՝ $e_n = 0$ և $d_2 = q_2$, իսկ d_1-d_2 հապաղումը կրկին որոշվում է (9)-ով,

բ) q_2 -ի ելքը մետաստաբիլ է, և տեղի է ունեցել կարգի կորուստ: Քանի որ q_2 -ը չի փոխանջատվել, ուստի դրան միացված ԲԱՑԱՌՈՂ ԿԱՄ տարրի ելքը տրամաբանական մեկ է: Մակարդակով դեկավարվող տրիգերի ելքը արդեն հավասարվել է մուտքին. ԲԱՑԱՌՈՂ ԿԱՄ-ՈՉ տարրի ելքը տրամաբանական 1 է: $e_n = 1$, հետևաբար՝ $d_2 = !q_2$, իսկ d_1-d_2 հապաղումը՝

$$t_{d_1-d_2} = T_{SU} + t_{կոմբ} : \quad (10)$$

Մետաստաբիլության առաջացման դեպքում ՀԵ-ի հապաղումը փոքր է բնականոն դեպքի հապաղումից q_2 տրիգերի հապաղման չափով, քանի որ ազդանշանը ոչ թե տարածվում է q_2 տրիգերով, այլ ձևավորվում է համակցային տրամաբանության միջոցով:

Վերևում քննարկված դեպքերից ակնհայտ է, որ ի տարբերություն նկ. 5 – 7-ում պատկերված ԱԻՀԵ-ների՝ մշակված ՀԵ-ն ապահովելու է ազդանշանի տարածման ավելի փոքր հապաղում, որը բնականոն և մետաստաբիլ ազդանշանների դեպքերում տարբերվում է ընդամենը տրիգերի հապաղման չափով:

Ի տարբերություն համաձայնեցման այլ եղանակների՝ առաջարկվող ՀԵ-ն չի ձգտում նվազեցնել մետաստաբիլ վիճակի առաջացման հավանականությունը, այլ վերականգնում է մետաստաբիլության առաջացրած կորուստները:

Առաջարկված համաձայնեցման եղանակի արդյունավետության գնահատման նպատակով կատարվել է սխեմայի մոդելավորում 28 նս/տեխնոլոգիական գործընթացի համար՝ օգտագործելով HSPICE ծրագրային միջոցը: Որպես ուղարկող և ստացող սինքրոտիքություններ օգտագործվել են 330 ՄՀց-ից մինչև 2000 ՄՀց հաճախականությամբ աշխատող տրիգերներ, որոնց տակտային ազդանշանների հաճախականությունների հարաբերությունը փոփոխվել է մեկից մինչև 6 արժեքները: Մշակված ՀԵ-ի աշխատանքը ստուգվել է սինքրոտիքությունների միջև կարգերի՝ փոքր հաճախականությամբ սինքրոտիքությունից մեծ հաճախականությամբ սինքրոտիքության փոխանակությամբ՝ ընդունող սինքրոտիքության մուտքում ապահովելով բնականոն և մետաստաբիլ վիճակներ: Մոդելավորման արդյունքներն ընդհանրացված են աղ. 1-ում:

Մոդելավորման արդյունքները

Ուղարկող սինքրոտիբություն (ՄՀԳ)	Ստացող սինքրոտիբություն (ՄՀԳ)	Պարբ. (նվ)	ՀԵ-ի հապաղում (նվ)	ՀԵ-ի հապաղում մետաստաբիության դեպքում (նվ)	%
330	467	2,14	2,24	2,23	0,44
330	568	1,76	1,86	1,84	1
330	735	1,36	1,46	1,45	0,6
330	870	1,15	1,25	1,24	0,8
330	1064	0,94	1,04	1,03	0,9
330	1408	0,71	0,809	0,808	0,12
330	1724	0,58	0,675	0,67	0,74
330	2080	0,48	0,578	0,575	0,52

Ստացված արդյունքները ցույց են տալիս, որ մշակված միջոցի q2 տրիգերի էլքում բնականոն և մետաստաբիլ վիճակներում դրա հապաղումը, ընդունող տարբեր հաճախականությունների դեպքում, առավելագույնը տարբերվում է 1% - ով:

Արդյունքներից երևում է նաև, որ մետաստաբիլ վիճակում ազդանշանի հապաղումը նշված տոկոսով փոքր է, քան բնականոն վիճակում հապաղումը: Դա բացատրվում է նրանով, որ մետաստաբիլությունից վերականգնված ազդանշանը չի անցնում տրիգերի միջով, այլ ձևավորվում է բացառապես համակցային սխեմայի միջոցով:

Առաջարկվող ՀԵ-ն վերոհիշյալ ԱԻՀԵ-ների համեմատ ունի ավելի փոքր մուտք-էլք հապաղում՝ 1 տակտային պարբերության չափով: Երկուական կարգերի յուրաքանչյուր հաջորդ փոխանցումը կարող է տեղի ունենալ նախորդից մեկ տակտային պարբերություն հետո: Այս եղանակի կիրառման դեպքում ընդունող սինքրոազդանշանի հաճախականության և ուղարկող սինքրոազդանշանի հաճախականության հարաբերությունը կարող է լինել կամայական՝ ի տարբերություն հերթի վրա հիմնված ՀԵ-ի, որի դեպքում այդ հարաբերությունը կարող է հավասար լինել առավելագույնը երեքի:

Աղ. 2-ում ընդհանրացված են հիշատակված համաձայնեցման եղանակների հապաղումները, որտեղից երևում է առաջարկվող եղանակի առավելությունը:

Առաջարկվող ՀԵ-ի հապաղումների և հայտնի եղանակների համեմատությունը

Ուղարկող սինքրոտիզմ (ՄՀԳ)	Ստացող սինքրոտիզմ (ՄՀԳ)	Առաջարկվող եղանակ (նվ)	ՄՀ եղանակ (նվ)		Հերթահեն եղանակ (նվ)	
			Մին.	Մաքս.	Մին.	Մաքս.
330	467	2,24	4,28	6,42	6,42	8,56
330	568	1,86	3,52	5,28	5,28	7,04
330	735	1,46	2,72	4,08	4,08	5,44
330	870	1,25	2,3	3,45	3,45	4,6
330	1064	1,04	1,88	2,82	2,82	3,76
330	1408	0,809	1,42	2,13	2,13	2,84
330	1724	0,675	1,16	1,74	1,74	2,32
330	2080	0,578	0,96	1,44	1,44	1,92

Մշակված ՀԵ-ի թերությունն այն է, որ ուղարկող սինքրոտիզմի հաճախականությունը չի կարող լինել ավելի մեծ, քան ընդունողինը: Այս հանգամանքը առաջարկվող համաձայնեցման միջոցի սահմանափակումն է: Նշված սահմանափակման հաշվին, սակայն, առաջարկված ՀԵ-ով ազդանշանի տարածման հապաղումը առնվազն 2, առավելագույնը 4 անգամ փոքր է այլ եղանակների դեպքում հապաղումներից:

Եզրակացություն: Առաջարկվել է տարբեր հաճախականություններով տակտավորվող թվային սխեմաների համաձայնեցման եղանակ, որը համաձայնեցնում է ցածր հաճախականությամբ սինքրոտիզմի բարձրի հետ կամայական հաճախականային հարաբերությունների դեպքում: Այս եղանակի թերությունն այն է, որ այն կիրառելի է, եթե ուղարկող սինքրոտիզմի տակտավորման հաճախականությունը փոքր է ընդունող սինքրոտիզմին: Ապահովելով բնականոն և մետաստաբիլ ազդանշանների հապաղումների առավելագույնը 1% տարբերություն՝ առաջարկված միջոցը կիրառվում է ինչպես միակարգ, այնպես էլ բազմակարգ ազդանշանների համաձայնեցման նպատակով՝ բացառելով ազդանշանի աղավաղումը: Այն, բաղկացած լինելով ընդամենը 9 տարրից, ԻՄ-ում ավելացնում է ավելի քիչ մակերես, քան համաձայնեցման այլ եղանակները, և ցուցաբերում է դրանցից 2.4 անգամ փոքր համաձայնեցման հապաղում: Նվազագույն հապաղումը պայմանավորված է մետաստաբիլության հետևանքով ազդանշանի կորուստը արձանագրելու և համակցային տրամաբանությամբ վերականգնելու հատկությամբ: Առաջարկված ՀԵ-ն որևէ կախում չունի տեխնոլոգիական գործընթացից, և հետևաբար՝ այն սինթեզելի է կամայական տեխնոլոգիական գործընթացի դեպքում:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Ginosar R.** Metastability and synchronizers: A tutorial // IEEE Design and Test of Computers. – September, 2011. – Vol. 28, No. 5. – P. 23-35.
2. **Cummings C.E.** Clock domain crossing (CDC) design & verification techniques using SystemVerilog // Synopsys User Group (SNUG).- September 2008. – Boston, USA, 2008.

3. **Hatture S., Dhage S.** Multi-clock domain synchronizers // In Computation of Power, Energy Information and Commuincation (ICCPEIC).- April 2015. – P. 403-408.
4. Quantitative analysis of state-of-the-art synchronizers: clock domain crossing perspective / **N. Sharif, N. Ramzan, F.K. Lodhi, et al** // International Conference Emerging Technologies (ICET).- September, 2011. – P. 1-6.
5. **Chong A.B.** Product Level MTBF Calculation // 5th International Conference on Intelligent Systems, Modelling and Simulation. – January, 2014. – P. 749-754
6. **Al-bayati Z.** Design and Verification of Clock Domain Crossing Interfaces: Doctoral dissertation.- Concordia University Montréal, Québec, Canada. 2012.

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան, Երևանի պետական համալսարան: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 20.10.2016:

В.Ш. МЕЛИКЯН, Т.Р. ХАЖАКЯН, Т.А. АХВЕРДЯН, С.А. МАНУКЯН

МЕТОД СИНХРОНИЗАЦИИ ЦИФРОВЫХ СХЕМ С РАЗНЫМИ ТАКТОВЫМИ ЧАСТОТАМИ

Предложен метод синхронизации цифровых схем с разными тактовыми частотами, который обладает возможностью детектирования метастабильности и восстановления нормального значения сигнала в принимающей синхрообласти. В отличие от других методов синхронизации, предложенный метод имеет меньшее запаздывание и использует меньшее количество элементов. За счет того, что синхронизация возможна лишь от синхрообласти с меньшей тактовой частотой к синхрообласти с большей, предложенный метод исключает возникновение метастабильности, не используя протоколы синхронизации.

Ключевые слова: тактовый сигнал, метастабильность, синхрообласть, синхронизация.

V.SH. MELIKYAN, T.R. KHAZHAKYAN, T.A. HAKHVERDYAN, S.H. MANUKYAN

A METHOD OF SYNCHRONIZATION OF DIGITAL CIRCUITS WITH DIFFERENT CLOCK FREQUENCIES

A method of synchronization of digital circuits that have different clock frequencies is proposed. The method has properties of detecting the metastable state of a signal in the receiver domain and recovering its normal state. Compared to other methods of synchronization the proposed one has a less delay and a smaller number of logic elements. Due to being able to implement synchronization only from the clock domain with lower frequency to the one with higher, the proposed method excludes the occurrence of metastability by not implementing synchronization protocols.

Keywords: clock signal, metastability, clock domain, synchronization.

Ս.Խ. ԽՈՒՂԱՎԵՐԴՅԱՆ, Մ.Գ. ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ, Տ.Ս. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ,
Ն.Բ. ՄԵՀՐԱԲՅԱՆ

ՍՊԵԿՏՐԱԼՈՒՍԱԶՈՓԱԿԱՆ ՀՆԱՐԱՎՈՐՈՒԹՅԱՄԲ ՄԻԼԻՑԻՈՒՄՍՅԻՆ
ԵՐԿԱՐԳԵԼՔ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔ

Հետազոտվել են ուղղաձիգ տեղաբաշխված սիլիցիումային երկարգելք $TiSi_2 - n - Si - p - Sz$ կառուցվածքի սպեկտրային ընտրողական զգայնության հնարավորությունները: Հետազոտվող կառուցվածքի հիման վրա պատրաստվել է փորձանմուշ: Մոդելավորվել են դրանում էլեկտրոնային գործընթացները: Լուսային վոլտամպերային բնութագրի թվային տվյալների օգտագործմամբ ստացվել է քսենոնային լամպի ինտենսիվությունների սպեկտրային բաշխվածությունը: Շատ փոքր (մի քանի μm) մթնային հոսանքները հնարավորություն են տալիս իրականացնել փոքր ինտենսիվությամբ էլեկտրամագնիսական ճառագայթների սպեկտրային վերլուծություն:

Առանցքային բառեր. սպեկտրային բաշխվածություն, ճառագայթի ինտենսիվություն, օպտիկական միջավայր, մոդելավորում:

Ներածություն: Վերջին տասնամյակում նկատելի է տարբեր միջավայրերում իրավիճակները հեռավերլուծելու հնարավորություն ընձեռող և դյուրօգտագործելի տվիչների պահանջարկի աճը: Դրանք անհրաժեշտ տեղեկություն են տալիս հետազոտվող միջավայրի բաղադրության մասին և լուծում անվտանգության տեսակետից կարևոր նույնականացման խնդիրներ [1-3]: Այդ նպատակով կատարվում են հետազոտություններ՝ լուսազտիչների, պրիզմայի, դիֆրակցիոն ցանցի, ինչպես նաև բարձր ճշտությամբ մեխանիկական հարմարանքների օգտագործումը [4-6] սպեկտրային վերլուծության սարքերում բացառելու ուղղությամբ:

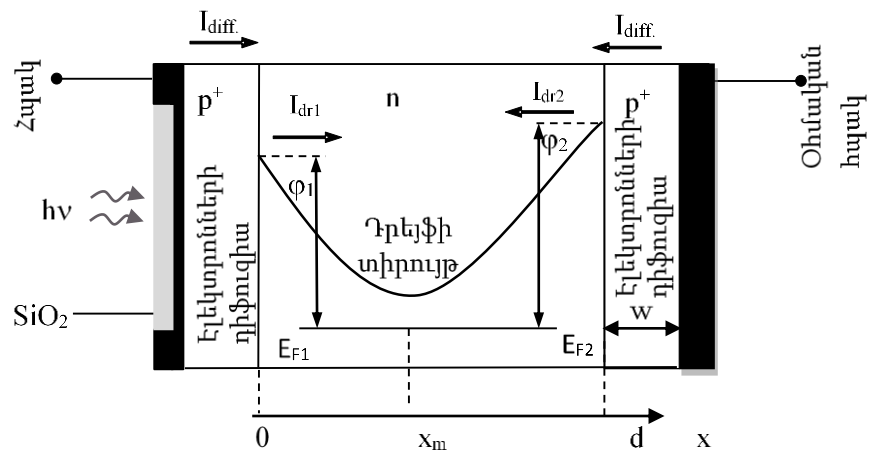
Բարձր ճշտությամբ սպեկտրային վերլուծություն իրականացնելու գրավիչ ուղղություն է հատուկ մշակված կիսահաղորդչային կառուցվածքների ֆունկցիոնալ հնարավորությունների օգտագործումը:

Հայտնի են աշխատանքներ բազմազան ֆոտոընդունիչների վերաբերյալ [7-15], որոնցում օգտագործվում են բազմաշերտ կառուցվածքներ կամ բազայի տարբեր հաստությամբ ակտիվ շերտերի կասկադաձև շարք: Ճառագայթի առանձին ալիքների ներթափանցման տարբեր խորությունները դրանցում ապահովում են ֆոտոհաղորդականության տարբեր չափեր: Չափման արդյունքի մաթեմատիկական մշակումը տալիս է տեղեկություն ինտենսիվության սպեկտրային բաշխվածության մասին:

Սակայն բարձր ճշտությամբ գրանցելու համար այդ կառուցվածքները պահանջում են կլանման պայմանների նույնականություն և նանոչափային ճշտությամբ բազմաշերտ կառուցվածքների ստեղծման անհրաժեշտություն: Ստացման բարդ տեխնոլոգիան և արտաքին լարմամբ սպեկտրային զգայնության ղեկավարման հնարավորության բացակայությունը դժվարացնում են դրանց պատրաստման և օգտագործման հնարավորությունները: Նման թերությունները վերացնող կիսահաղորդչային սպեկտրային վերլուծության սարքի ստեղծումը դառնում է հրատապ, հատկապես հեռավերլուծությունում, որտեղ պահանջվում է էժան, արագագործ, դաշտային պայմաններում պիտանի, սպեկտրային բարձր զգայնությամբ սարք:

1. Հետազոտվող օբյեկտը: Հետազոտվում է $p^+ - n - p^+$ սիլիցիումային կառուցվածք (նկ. 1), որը կարելի է պատրաստել ինտեգրալ սխեմայի ստացման տեխնոլոգիական ցիկլի ընթացքում:

n - բազան գրավված է հանդիպակաց արգելքների աղքատացած շերտերով (նկ. 1): Ընդհանուր հոսանքն արգելքներում ստեղծված հոսանքների տարբերությունն է: Այդ կառուցվածքի էներգետիկ գոտիական դիագրամում առաջանում է աղքատացած շերտերի հպման x_m կետ: Այդտեղ էլեկտրոնի պոտենցիալ էներգիան ունի նվազագույն արժեք: Այն կախված է արտաքին լարման բևեռականությունից և շարժվում է դեպի լույսի կլանման մակերևույթը, երբ մերձակերկությանին հպակն ուղիղ է շեղված, իսկ թիկունքայինը՝ հակառակը (նկ. 1): Ճառագայթի հիմնական կլանման միջավայրերն աղքատացած շերտերն են: Թիկունքային արգելքի հակառակ շեղման պայմաններում ֆոտոհոսանքը հիմնականում կապմանավորվի դրանով: Ալիքները, կախված իրենց երկարությունից և ինտենսիվությունից, ունեն ներթափանցման տարբեր խորություններ:



Նկ. 1. $p^+ - n - p^+$ կառուցվածքը և հոսանքների ուղղությունները

Դեպի մակերևույթ (դեպի նկ. 1-ի "0"-ն) x_m -ի տեղափոխումը լայնացնում է թիկունքային արգելքի աղքատացած շերտը և ավելացնում նրանում կլանվող ալիքների թիվը: Ձախ մակերևույթի p^+ բարձր հաղորդականությամբ բարակ շերտը և նրա վրա լարման անկումը կարելի է անտեսել: Դա թույլ կտա "0" կետը վերցնել որպես մակերևույթ և չափել ֆոտոհոսանքը, որը կպարունակի տեղեկություն կլանվող ալիքների ինտենսիվության և ալիքի երկարության մասին: Դա կարելի է ստանալ համապատասխան ալգորիթմի միջոցով, որի մշակման համար օգտագործվել են x_m -ը, V լարումը, կլանման α գործակիցը և ալիքի F ինտենսիվությունը միմյանց կապող մաթեմատիկական արտահայտությունը [16]՝

$$\sum_{i,j} I_{Ph} \ i, j = S q \sum_{i,j} F(\lambda_i) \left(1 - 2e^{\alpha_i x_{mj}} + \frac{e^{-\alpha_i d}}{1 + \alpha_i w} \right), \quad (1)$$

որտեղ ($i = 1, 2, 3, \dots$) – ը փոխվում է ինտեգրալ հոսքում ճառագայթի ալիքի երկարությունը փոխելիս, իսկ ($j = 1, 2, 3, \dots$) – ը փոխվում է շեղման լարումը փոխելիս, $F_0(\lambda_i)$ - ն λ_i երկարությամբ ընկնող ալիքի ֆոտոնների լրիվ հոսքն է:

Ընդունելով, որ բազան գրավված է արգելքների աղքատացած շերտերով (նկ. 1), դրանում x_m - ի պոտենցիալի բաշխվածությունը որոշվում է դաշտի V պոտենցիալով և այդ դաշտը ստեղծող տարածական լիցքերի N_d խտությամբ [16]՝

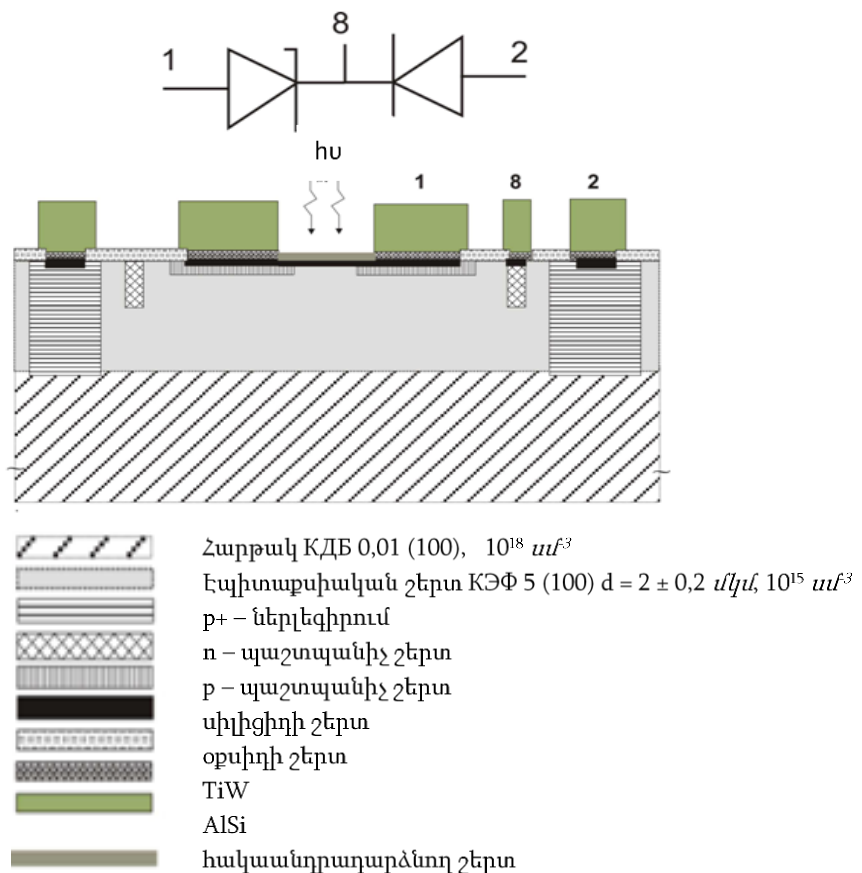
$$x_m = \frac{d}{2} - \frac{\varepsilon_0 \varepsilon (\Delta \varphi_b + qV)}{q^2 N_d d}, \quad (2)$$

որտեղ $\Delta \varphi = \varphi_2 - \varphi_1$, N_d - ն դոնորների խտությունն է, ε - ը՝ նյութի դիէլեկտրիկ թափանցելիությունը, ε_0 - ն՝ վակուումի դիէլեկտրիկ թափանցելիությունը, q - ն՝ էլեկտրոնի լիցքը: Բնչպես երևում է նկ. 2-ից, $x_m(V)$ կախվածությունն ունի գծային տեսք:

Հետազոտվել են պատենավորված ֆոտոդետեկտորի փորձնական նմուշներ, որոնց կառուցվածքի կտրվածքը բերված է նկ. 2- ում: $d = 2$ մկմ հաստությամբ բազան հանդիպակաց կողմերից շրջապատված է սիլիցիդային և $p - n$ անցումային արգելքներով: Կառուցվածքի ելքերը միացված են պատյանի 1, 8, 2 ելքերին, որոնք համապատասխանում են ներդիրի սխեմատիկական պատկերի նույնանուն ելքերին:

Նկ. 2-ում կառուցվածքի ո բազան ֆոսֆորով լեգիրված էպիտաքսիական շերտ է՝ խառնուրդների $N_d = 10^{15}$ սմ⁻³ խտությամբ: p^+ - հարթակը լեգիրված է բորով, ունի խառնուրդների 10^{18} սմ⁻³ խտություն: Խառնուրդները սենյակի ջերմաստիճանում իոնացված են և իրենցով պայմանավորում են համապատասխան տիրույթում հիմնական լիցքակիրների խտությունները՝ n_n - ը և p_p - ն: Միլիցիումի սեփական լից-

քերի խտությունը՝ $n_i = 1,6 \cdot 10^{10} \text{ սմ}^{-3}$ է, ջերմային kT/q էներգիան սենյակի ջերմաստիճանում 0,026 էՎ է, Ti – ի ստեղծած PtSi սիլիցիդային արգելքի բարձրությունը՝ $\phi_{\text{PtSi}} = \phi_{\text{PtSi}} - \phi_{\text{nSi}} = 0,84$ էՎ է, իսկ p-n անցման պոտենցիալ արգելքի բարձրությունը կազմում է $\phi_{p-n} = (kT/q) \ln(p_p \cdot n_n / n_i) = 0,76$ էՎ [17]: Այսպիսով, հանդիպակաց պոտենցիալ արգելքների տարբերությունը $\Delta\phi_k = 0,84 - 0,76 = 0,08$ էՎ է:



Նկ. 2. Ֆոտոդետեկտորային կառուցվածքի կտրվածքը

Ունենալով վերը նշված տվյալները, սիլիցիումի $\varepsilon = 12$ և վակուումի $\varepsilon_0 = 8,86 \cdot 10^{-14} \text{ Ֆ/սմ}$ դիէլեկտրիկական թափանցելիությունները, բազայում խառնուրդի խտությունը և էլեկտրոնի լիցքը, նաև հաշվի առնելով, որ բազայի դիմադրությունը եզրային շերտերի համեմատ շատ մեծ է, կարելի է ընդունել, որ արգելքների տարածական լիցքերը տեղաբաշխված են բազայում, և դրանց լայնությունները կարելի է որոշել հետևյալ կերպ [17]՝

$$d_{\text{PISI}} = \sqrt{\frac{2\varepsilon_0 \varphi_{\kappa}}{q^2 N_d}} = 1,056 \text{ մկմ}, d_{p-n} = \sqrt{\frac{2\varepsilon_0 \varphi_{\kappa}}{q^2 N_d}} = 1 \text{ մկմ}:$$

Կառուցվածքի բազայի լայնությունը $d = 2 \pm 0,2$ մկմ է (նկ. 2), իսկ պոտենցիալ արգելքների գումարային լայնությունը՝ 1,893 մկմ: Հետևաբար՝ բազան համարյա գրավված է հանդիպակաց արգելքներով: Արտաքին լարումը հիմնականում ընկնում է բազայում պոտենցիալ արգելքների վրա, և դրանց հպման x_m կետի դիրքը (նկ. 1) կարելի է դեկավարել արտաքին լարմամբ:

2. Հետազոտման արդյունքները: Աղյուսակում բերված է փորձերի ընթացքում օգտագործված քսենոնային լամպի ճառագայթի սպեկտրային պարամետրերը:

Աղյուսակ

Քսենոնային լամպի ճառագայթի սպեկտրային պարամետրերը

Ալիքի երկարությունը, նմ	Ֆոտոնի էներգիան՝ $h\nu$, էՎ	Հզորություն, մկՎտ	Մակերեսին քվանտների թիվը՝ F_0 , $\text{քվ}/\text{սմ}^2 \cdot \text{վ}$	Կլանման գործակիցը՝ α , սմ^{-1}
300	4,14	11,84	1,787E+13	$1,73 \cdot 10^6$
350	3,54	59,6	1,052E+14	$1,04 \cdot 10^6$
400	3,1	274,4	5,532E+14	$9,52 \cdot 10^4$
450	2,7	382	8,843E+14	$2,55 \cdot 10^4$
500	2,5	391,4	9,785E+14	$1,11 \cdot 10^4$
550	2,26	371	1,026E+15	$6,39 \cdot 10^3$
600	2,06	359,2	1,09E+15	$4,14 \cdot 10^3$
650	1,91	320,3	1,048E+15	$2,81 \cdot 10^3$
700	1,77	245	8,651E+14	$1,90 \cdot 10^3$
750	1,65	216,2	8,189E+14	$1,30 \cdot 10^3$
800	1,55	186,3	7,512E+14	$8,50 \cdot 10^2$
850	1,55	123,9	4,996E+14	$5,35 \cdot 10^2$
900	1,4	847,6	3,784E+15	$3,06 \cdot 10^2$
950	1,3	841,9	4,048E+15	$1,57 \cdot 10^2$
1000	1,24	870,9	4,39E+15	$6,40 \cdot 10^1$

Դրանց չափումներն իրականացվել են օպտիկական հզորության «Thorlabs PM100» մակնիշի չափիչ սարքով: Աստիճանավորման ժամանակ օգտագործվել է S120A մակնիշի ֆոտոդիոդ, որի սպեկտրային միջակայքը 400...1000 նմ է: Դրա պատճառով 400 նմ-ից փոքր 2 արժեքները՝ 300 և 350 նմ-երը, կարելի է ընդունել սխալի

համեմատաբար մեծ չափաբաժնով: Որակական գնահատականներում դա կարելի է ընդունել որպես ոչ կրիտիկական: Սպեկտրային չափման ժամանակ օգտագործվող դիֆրակցիոն ցանցն ապահովել է $\Delta\lambda = 10$ նսպեկտրային ճշտություն:

$p^+ - n - p^+$ սիլիցիումային կառուցվածքի (նկ. 2) ընտրողական սպեկտրային զգայնությունը բացահայտելու համար օգտագործվել է աշխատանք [18] –ում բերված ալգորիթմը: Դրանում կլանման գործակցի, ֆոտոհոսանքի և լուսազգայուն մակերևույթին ընկնող քվանտների ինտենսիվության համապատասխան արտահայտությունները, հետազոտվող կառուցվածքի համար, ստացվել են հետևյալ կերպ: Մակերևույթից մինչև x_m կետ (նկ. 1) կլանվող քվանտներն ապահովում են մակերևութային արգելքի ֆոտոհոսանք: Որոշակի ալիքի, նրա կլանման գործակցի և կիրառվող արտաքին լարման համար այն ունի հետևյալ տեսքը՝

$$I_1 = qSF_{01}(1 - e^{-\alpha_1 x_{m1}}) ,$$

իսկ թիկունքային արգելքի ստեղծած ֆոտոհոսանքը՝

$$I_2 = qSF_{01}(e^{-\alpha_1 x_{m1}} - e^{-\alpha_1 d}) :$$

Մեկ ալիքով պայմանավորված ընդհանուր ֆոտոհոսանքը այդ երկու ֆոտոհոսանքների տարբերությունն է և ունի հետևյալ տեսքը՝

$$I = I_1 - I_2 = qSF_{01}(1 - 2e^{-\alpha_1 x_{m1}} + e^{-\alpha_1 d}) :$$

Թիկունքային p^+ տիրույթում դիֆուզիոն հոսանքը հաշվի առնելիս կավելանա լրացուցիչ բաղադրիչ, և ճառագայթի ինտեգրալ հոսքի բոլոր ալիքների ստեղծած գումարային ֆոտոհոսանքը կորոշվի (1) արտահայտությամբ, իսկ մեկ ալիքի ստեղծած ֆոտոհոսանքը կլինի՝

$$I_{Ph\ i,j} = S qF(\lambda_i) \left(1 - 2e^{\alpha_i x_{mj}} + \frac{e^{-\alpha_i d}}{1 + \alpha_i w} \right) : \quad (3)$$

Եթե x_m խորությունը համապատասխանում է ճառագայթի ինտեգրալ հոսքից առավել ներթափանցող ալիքին, ապա լարման շատ փոքր փոփոխությունը կհամապատասխանի (2) արտահայտությամբ տրվող x_m -ի այնպիսի փոփոխության, որի սահմաններում կկլանվի միայն այդ ալիքը: Ունենալով փոփոխվող հոսանքի և x_m -ի արժեքները՝ կարելի է որոշել ալիքի կլանման α գործակիցը հետևյալ արտահայտությամբ [18]՝

$$\alpha_i = \frac{1}{\Delta x} \ln \frac{I_2}{I_1},$$

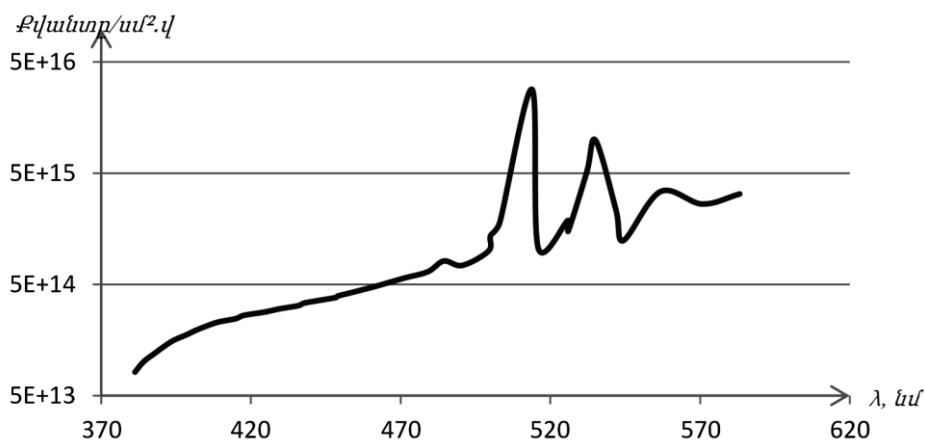
որտեղ $\Delta x = x_{m1} - x_{m2}$:

Այնուհետև (3) արտահայտությամբ կարելի է որոշել ֆոտոդետեկտորի լուսազգայուն մակերեսին ընկնող տվյալ ալիքի ինտենսիվությունը՝

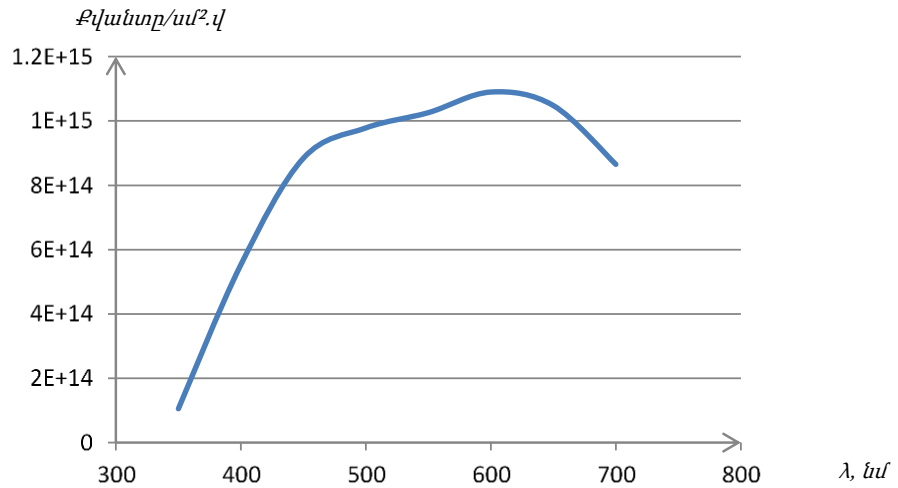
$$F_{0i} = \frac{I_i}{q S \left(1 - 2e^{-\alpha_i x_{mj}} + \frac{e^{-\alpha_i d}}{1 + \alpha_i w} \right)},$$

և փոփոխվող լարման, և x_m -ի համար այդ ալիքի ստեղծած ֆոտոհոսանքը: Վերջինս, հանելով յուրաքանչյուր լարման համար փորձով ստացված գումարային ֆոտոհոսանքից, կունենանք նոր ֆոտոհոսանքների շարք, առանց որոշված ալիքի ներդրած ֆոտոհոսանքի: Այժմ լարման նոր, շատ փոքր փոփոխությունը իր չափով x_m -ը կտեղափոխի դեպի մակերևույթ և գրանցման միջավայր կներառի ըստ ներթափանցման խորության հաջորդ ալիքը: Դա թույլ կտա որոշել հաջորդ ալիքի ինտենսիվությունն ու երկարությունը: Այս կերպ քայլերը հաջորդաբար կրկնելով՝ կարելի է ստանալ ճառագայթի ինտենսիվության սպեկտրային կախվածությունը:

Նկ. 2-ում պատկերված կառուցվածքի փորձնական ՎԱԲ-ի տվյալները հաշվի առնելով՝ վերը նկարագրած ալգորիթմով ստացվել է քսենոնային լամպի ճառագայթի ինտենսիվության սպեկտրային բաշխվածությունը, որը բերված է նկ. 3-ում: Այն որոշակի մոտավորությամբ համապատասխանում է աղ. 1-ում բերված տվյալներով կառուցված նկ. 4-ի նույնանուն կախվածությանը:



Նկ. 3. Քսենոնային լամպի ճառագայթի ինտենսիվության սպեկտրային բաշխվածությունը



Նկ. 4. «Thorlabs PM100» մակնիշի չափիչ սարքով չափված քսենոնային լամպի ճառագայթի ինտենսիվության սպեկտրային բաշխվածությունը

Նկ. 3 –ում առկա մաքսիմումները, որոնք բացակայում են նկ. 4-ում, հետևանք են ալիքի երկարության առավել փոքր քայլերով փոփոխության և ավելի մոտ են քսենոնային լամպի անձնագրային տվյալներին [19]: Հետագայում աղմուկների նվազեցումը, կառուցվածքի կատարելագործումը կհանգեցնեն ճշտության բարձրացմանը:

Եզրակացություն.

1. Հետազոտվել են փորձնական նմուշներ, և ցույց է տրվել, որ դրանց բազայում առկա պոտենցիալ արգելքների՝ արտաքին լարմամբ մեկը մյուսի հաշվին փոփոխության շնորհիվ կարելի է հասնել սպեկտրային ընտրողական զգայնության:

2. Մշակված ալգորիթմի կիրառմամբ ստացվել է քսենոնային լամպի ինտենսիվության սպեկտրային բաշխվածությունը, որը որոշակի մոտավորությամբ կրկնում է էտալոնային բաշխվածությունը:

3. Բարձր ճշտության կարելի է հասնել՝ ունենալով կառուցվածք, որում արգելքների հպման կետը կհամընկնի ճառագայթի ամենախոր ներթափանցող ալիքի ներթափանցման խորությանը:

Հեղինակները շնորհակալություն են հայտնում “RD ALFA Microelectronics” ընկերությանը ֆոտոդետեկտորների նմուշների պատրաստմանը աջակցելու համար:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Peng J., Hongbo X., Zhiye He and Zheming W.** Design of a Water Environment Monitoring System Based on Wireless Sensor Networks // *Sensors*.-2009.-9.-P. 6411-6434.
2. **Normatov P.I., Armstrong R., Normatov I.Sh., Narzullov N.** Monitoring extreme water factors and studying the anthropogenic load of industrial objects on water quality in the Zeravshan River basin // *Russian Meteorology and Hydrology*.-2015.-40.-P. 347-354.
3. <http://augsignals.com/products-services/water-quality-monitoring/>
4. **Pshinko G.N., Kobets S.A., Puzyrnayain L.N.** Concentration of U(VI) on a complexing sorbent for its determination by the spectrophotometric method // *Journal of Water Chemistry and Technology*.-2013.- 35.-P. 145-151.
5. https://people.phys.ethz.chandrealu/ASSP10_Presentations/Optical%20Spectroscopy%20Techniques%20-%20Runar%20Sandnes.pdf
6. <http://www.dissercat.com/content/razrabotka-i-primenenie-distantionnykh-spektrometricheskikh-metodov-issledovaniya-prirodnkh>
7. Patent US 20130285187 A1. Photo cell devices and methods for spectrometric applications / **Th. Kautzsch**.- 2013.
8. Patent US 8916873 B2. Photodetector with controllable Spectral response / **Th. Kautzsch**.- 2014.
9. Patent DE 102013207801 A1. Photo cell devices and methods for spectroscopic applications / **Th. Kautzsch**.- 2012.
10. Patent US 8916873 B2. Photodetector with controllable spectral response/ **Ch. Jan, P. Daniel, S.T. Man, N. Univ.** - 2005.
11. **Nataša G., Novel A.** Type of Tri-Colour Light-Emitting-Diode-Based Spectrometric Detector for Low-Budget Flow-Injection Analysis // *Sensors*.-2007.- 7.-P. 166-184.
12. Improved selectivity from a wavelength addressable device for wireless stimulation of neural tissue.doi: 10.3389/fneng.2014.00005 / **Ç.S. Elif, S.F. David, G. Mutlu, et al** // *Front Neuroeng*.- 2014.- P. 1-12.
13. **Nader M.K. and Fereydoon N.** Filterless Si-Based Ultraviolet-Selective Photodetectors. Spire Corp. for Stennis Space Center.- Mississippi, Refer to SSC-00072.- 2004.
14. **Vanyushin I.V., Gergel V.A., Zimoglyad V.A., Tishin Yu.I.** Adjusting the Spectral Response of Silicon Photodiodes by Additional Dopant Implantation // *Russian Microelectronics*.-2005.-34.-P. 155–159.
15. Boron Distribution Profiling in Asymmetrical n⁺-p Silicon Photodiodes and New Creation Concept of Selectively Sensitive Photoelements for Megapixel Color Photoreceivers / **V.A. Gergel, A.V. Lependin, Y.I. Tishin**, et al // *Proc. SPIE*.- 2006.-6260.
16. **Khudaverdyan S.Kh., Dokholyan J.G., Khudaverdyan A.S., Grigoryan K.H.** Spectrophotometric filterless photo-detector // *Journal of Physics D: Applied Physics*.- 2007.-24.-P. 7669-7674.

17. **Sze S.** Physics of semiconductor devices.- 2nd edn. - Wiley-Interscience, New York, 1981.- 450 p.
18. New Model of Spectral Analysis of Integral Flux of Radiation / **S.Kh. Khudaverdyan, M.G. Khachatryan, D.S. Khudaverdyan, et al** // NATO Science for Peace and Security Series B: Physics and Biophysics, Springer 2013.-2013.- Series B: Physics and Biophysics.-P. 261-269.
19. https://en.wikipedia.org/wiki/Xenon_arc_lamp

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 24.09.2016:

С.Х. ХУДАВЕРДЯН, М.Г. ХАЧАТРЯН, Т.С. ОГАНЕСЯН, Н.Б. МЕГРАБЯН

КРЕМНИЕВАЯ СТРУКТУРА С ДВОЙНЫМ БАРЬЕРОМ И СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИМИ СПОСОБНОСТЯМИ

Исследованы возможности спектральной селективной чувствительности вертикально расположенной двухбарьерной кремниевой $TiSi_2 - n - Si - p - Si$ структуры. На основе изученной структуры изготовлен образец и проведено моделирование проходящих в нем электронных процессов. Используя цифровые данные световой вольт-амперной характеристики, получено спектральное распределение интенсивности ксеноновой лампы. Очень маленькие (несколько nA) темновые токи позволяют проводить спектральный анализ электромагнитного излучения малой интенсивностью.

Ключевые слова: спектральное распределение, интенсивность луча, оптическая среда, моделирование.

S.KH. KHUDAVERDYAN, M.G. KHACHATRYAN, T.S. HOVHANNISYAN, N.B. MEHRABYAN

A DOUBLE-BARRIER SILICON STRUCTURE WITH SPECTROPHOTOMETRIC ABILITIES

The possibilities of the spectral selective sensitivity of a double barrier silicon $TiSi_2 - n - Si - p - Si$ structure placed vertically are investigated. A sample was produced based on the researched structure, and simulation of the electronic processes going on in it is carried out. Using the digital data of the light volt-ampere characteristics, the spectral distribution of the xenon lamp intensities is obtained. Very small (several nA) dark currents allow to carry out the spectral analysis of low-intensity electromagnetic radiation.

Keywords: spectral distribution, ray intensity, optical environment, simulation.

А.Г. АРУТЮНЯН, Л.Л. МХИТАРЯН

РАЗМЕЩЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КОМБИНАЦИОННЫХ СХЕМ С УЧЕТОМ ВАЖНОСТИ ЦЕПЕЙ

Предложен метод начального размещения логических ячеек комбинационных схем, основанный на предварительной оценке временных характеристик цепей и резервов времени задержки каждой цепи. Резервы времени цепей комбинационных схем в дальнейшем используются в качестве меры важности цепей, на основе чего производится размещение элементов схемы.

Ключевые слова: размещение элементов интегральных схем, комбинационная схема, задержка сигнала, резерв времени, критический путь.

Введение. В последовательных цифровых схемах обобщенный тракт обработки информации при его синхронной организации представляется совокупностью комбинационных схем (КС) и элементов памяти (триггеров, регистров). При этом выходы элементов памяти являются источниками информации для КС. В тракте обработки данных КС имеются маршруты распространения сигналов от первичных входов к конечным выходам, составленные из разного количества последовательно включенных логических элементов и цепей связи между ними. При этом задержки сигналов в КС оказывают существенное влияние на период следования тактовых синхроимпульсов, минимальное значение которого ($T_{\min}$) определяется как время распространения сигналов по самому длинному (критическому) пути в КС $t_{k \max}$ плюс длительность синхроимпульса t_u [1]:

$$T_{\min} = t_{k \max} + t_u. \quad (1)$$

В свою очередь, время распространения сигналов по критическому пути $t_{k \max}$ можно представить следующим образом:

$$t_{k \max} = \sum_{i=1}^n t_{3.p.\varepsilon.i} + \sum_{j=1}^m t_{3.p.\varphi.j}, \quad (2)$$

где $t_{3.p.\varepsilon.i}$ - задержка распространения сигнала i -го логического элемента критического пути; $t_{3.p.\varphi.j}$ - задержка распространения сигнала j -й цепи критического

пути; n и m – соответственно количество логических элементов и цепей критического пути.

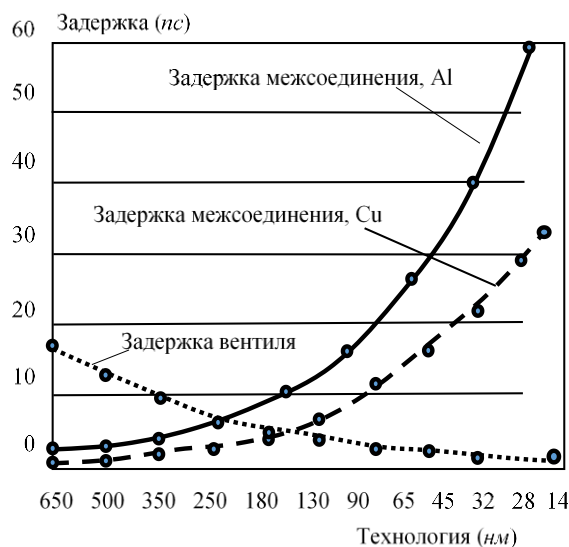


Рис. 1. Эволюция задержек вентиля и межсоединений

Таким образом, как следует из выражений (1) и (2), для повышения быстродействия схемы необходимо уменьшить величину $T_{\min}$. Последнее достигается за счет:

- уменьшения задержки распространения сигнала в логических элементах критического пути $t_{з.р.э}$;
- уменьшения задержки переключения триггера и связанной с ней длительности импульса синхронизации t_u ;
- уменьшения задержки распространения сигнала в цепях критического пути $t_{з.р.ц}$.

Состояние вопроса. На этапе физического проектирования интегральных схем (ИС), когда определены элементная база и тип памяти, основным способом повышения быстродействия может служить уменьшение задержки распространения сигнала в цепях критического пути.

Переход к субмикронным технологиям часто приводит к качественным изменениям влияния различных физических явлений на работу ИС. В частности, если задержки сигнала в вентилях ранее значительно превышали задержки в межсоединениях, то в настоящее время обстоятельство резко изменилось. Например, при технологии 32 нм задержка наиболее применяемых алюминиевых межсое-

динений длиной в 1 мм почти в 200 раз превышает задержку одного вентиля, а для ИС в целом 80...90% задержек приходится на межсоединения (рис.1).

Если иметь в виду, что в среднем линейный размер одной стандартной библиотечной логической ячейки технологии 32 нм составляет порядка 5 мкм, то получается, что задержка в межсоединении между двумя соседними ячейками примерно равна задержке одной ячейки. Следовательно, быстродействие современных цифровых ИС во многом зависит от временных задержек сигнала в межсоединениях. Эти задержки определяются RC-параметрами линий связи, которые, в свою очередь, при определенной технологии в основном зависят от их длин. В первом приближении задержка распространения сигнала в межсоединениях прямо пропорциональна RC-параметрам данной линии связи $T \sim RC$. Как известно, паразитные параметры R и C определяются следующими формулами:

$$R = R_S \frac{\ell}{d} \text{ и } C = \frac{\varepsilon \ell d}{t}, \text{ где } R_S \text{ и } \varepsilon - \text{соответственно удельное поверхностное сопротивление линии связи и диэлектрическая проницаемость двуокиси кремния; } d, \ell \text{ и } t - \text{соответственно ширина и длина линии связи, толщина двуокиси кремния.}$$

При определенной технологии приведенные параметры, кроме длины ℓ , практически не зависят от топологии. Следовательно, можно принять, что задержка распространения сигнала в межсоединении прямо пропорциональна квадрату его длины $T \sim \ell^2$.

Из сказанного можно сделать важный вывод: при размещении ячеек, с целью уменьшения задержки распространения сигнала в цепях критического пути, следует добиться сокращения длин межсоединений, лежащих на критических путях. Это заключение лежит в основе задачи временем направленного размещения ячеек цифровых ИС.

Современные коммерческие системы автоматизированного проектирования (САПР) ИС, как правило, решают задачу размещения в два этапа: начальное размещение, основанное на приближенных быстрых алгоритмах, обеспечивающих хорошие условия для последующего окончательного размещения, и окончательное размещение, основанное на итерационных алгоритмах улучшения результатов начального размещения по тому или иному параметру [2,3]. В то же время следует отметить, что применение итерационных алгоритмов при отсутствии хорошего начального размещения приводит к неоправданно большим затратам компьютерного времени, а в ряде случаев вообще не обеспечивает получения желаемого качества решения.

В алгоритмах начального размещения в качестве критерия размещения используется условие обеспечения минимума ожидаемой суммарной виртуальной

длины межсоединений, согласно которому ожидаемые длины межсоединений между элементами идентифицируются их топологическими расстояниями [3]:

$$f_{\text{св}} = \sum_{i=1}^N \sum_{\substack{j=1 \\ j>i}}^N r_{ij} d_{ij} \rightarrow \min, \quad (3)$$

где r_{ij} – количество связей между i -ым и j -ым элементами; d_{ij} – геометрическое расстояние между i -ым и j -ым элементами; N – количество размещаемых элементов ИС.

Удовлетворение проектных требований по быстродействию, как правило, осуществляется на втором этапе размещения.

Существующие алгоритмы размещения, учитывающие задержки в межсоединениях, могут быть сгруппированы в два класса: основанный на пути и основанный на цепи.

Подход, основанный на пути, непосредственно воздействует на все или подмножество путей “вход-выход” схемы. Так как каждая логическая ячейка подключается к двум или более ячейкам, то управление длинами межсоединений критических путей затрагивает множество других цепей, в результате чего из-за увеличения длин цепей, которые подключены через лежащие на критических путях общие ячейки, может наблюдаться увеличение суммарной длины межсоединений ИС. При этом уменьшение задержки на критических путях может привести к появлению новых критических путей. В настоящее время эта проблема решается путем применения итерационных алгоритмов улучшения размещения с пошаговым уменьшением длин межсоединений критических путей до достижения приемлемых значений задержек.

Основным недостатком метода, основанного на пути, является потребность в больших машинных ресурсах при их реализации. Эти методы применяются на этапе оптимизации размещения, а их эффективность во многом зависит от результатов предварительного начального размещения.

Подход, основанный на цепи, имеет дело с отдельными цепями схемы. При этом, сокращая длины лежащих на критических путях отдельных цепей, можно добиться сокращения суммарных задержек путей. Этот подход более удобен для его применения на этапе начального размещения.

В существующих коммерческих САПР задача учета быстродействия, обусловленная задержками на межсоединениях, решается путем оценки критических путей “вход-выход” проектируемой схемы с дальнейшей минимизацией задержек в этих путях. При этом, как правило, используются итерационные алго-

ритмы размещения, которые предусматривают многократное изменение начального размещения, нацеленное на сокращение задержек критических путей.

Описание метода. Если учесть, что от результатов начального размещения во многом зависят количество итераций на втором этапе и, следовательно, время решения задачи, то становится очевидной важность разработки методов начального размещения элементов ИС, которые совместно с электрической связанностью элементов будут учитывать также быстродействие схемы. С учетом вышесказанного далее рассмотрены вопросы разработки критерия учета задержек цепей, удобного для применения в алгоритмах начального размещения.

С этой целью введем понятие важности цепей с точки зрения обеспечения быстродействия схемы. Определение важности цепей предполагает предварительную оценку реального и требуемого поздних времен формирования сигнала и резервов времени всех цепей схемы. При дальнейшем размещении логических ячеек полученные резервы времени служат мерой важности цепей.

Под реальным поздним временем формирования сигнала для некоторой цепи будем понимать минимальное время, необходимое для формирования правильного сигнала в данной цепи, начиная с момента появления сигнала на основных входах схемы. Это время для некоторой i -й цепи определяется следующим образом:

$$T_{pi} = \begin{cases} T_{0k} & - \text{для } k \in I, \\ \max_{j \in E_1(j,i)} [T_{pj} + t_{(j,i)}] & - \text{для остальных цепей,} \end{cases} \quad (4)$$

где T_{0k} - момент появления сигнала на k -ом основном входе схемы; I - множество основных входов схемы; T_{pj} - реальное позднее время формирования сигнала j -й цепи; $t_{(j,i)}$ - задержка ячейки, для которой j -я цепь является входной, а i -я - выходной; $E_1(j,i)$ - множество входных цепей ячейки, для которой j -я цепь является входной, а i -я - выходной.

Под требуемым поздним временем формирования сигнала для некоторой цепи будем понимать ту максимальную суммарную задержку от основных входов схемы до данной цепи, которая еще не приводит к опозданию сигнала на основных выходах схемы. Для некоторой i -й цепи она определяется следующим образом:

$$T_{mi} = \begin{cases} \max_{i \in O} T_{mi} & - \text{для } i \in O, \\ \min_{j \in E_2(i,j)} [T_{mj} - t_{(i,j)}] & - \text{для остальных цепей,} \end{cases} \quad (5)$$

где O - множество основных выходов схемы; T_{mj} - требуемое позднее время формирования сигнала j -й цепи; $t_{n(j,i)}$ - задержка ячейки, для которой i -я цепь является входной, а j -я - выходной; $E_{2(j,i)}$ - множество входных цепей тех ячеек, для которых i -я цепь является входной.

Под резервом времени i -й цепи будем понимать разность требуемого (T_{mi}) и реального (T_{pi}) времен формирования сигнала в данной цепи:

$$R_i = (T_{mi} - T_{pi}). \quad (6)$$

Так как резерв времени некоторой цепи определяет допустимую задержку сигнала в данной цепи, то с целью управления длинами межсоединений при размещении резервы времени цепей можно использовать в качестве критерия близости элементов. С этой целью в критерий размещения (3) введем некоторый коэффициент важности цепей, связывающих пары элементов, который учитывает резервы времени этих цепей. Такой коэффициент определяется исходя из следующих соображений:

- длины межсоединений должны быть прямо пропорциональными к их резервам времени. С инженерной точки зрения, это означает, что элементы, связанные цепями с меньшими значениями резервов времени, должны размещаться по возможности поближе, и наоборот;
- близость любой пары размещаемых элементов должна быть обратно пропорциональной к их связанности, что следует из условия минимума критерия (3);
- так как резерв времени некоторой цепи определяет допустимую задержку сигнала в данной цепи, то коэффициент важности должен определяться исходя из соображений его обратной пропорциональности к резерву цепи.

Введем понятие среднего резерва времени для множества цепей, связывающих пару элементов. Если множество цепей, связывающих i -й и j -й элементы, обозначить через G_{ij} , а каждый из этих цепей имеет резерв времени R_k ($k \in G_{ij}$), то средний резерв времени множества цепей G_{ij} определится следующим образом:

$$\tilde{R}_k = \frac{1}{r_{ij}} \sum_{k \in G_{ij}} R_k . \quad (7)$$

Исходя из вышесказанного, а также имея в виду, что задержка распространения сигнала в межсоединении прямо пропорциональна квадрату его длины $T \sim \ell^2$, предлагается следующий вид коэффициента важности множества цепей, связывающих i -й и j -й элементы:

$$\lambda_{ij} = \frac{1}{1 + \sqrt{\tilde{R}_k}} \text{ для } k \in G_{ij} . \quad (8)$$

Тогда критерий размещения по минимуму суммарной длины связей (3) с учетом задержки сигнала в цепях примет вид

$$f_{cs} = \sum_{i=1}^N \sum_{\substack{j=1 \\ j > i}}^N \lambda_{ij} r_{ij} d_{ij} \rightarrow \min . \quad (9)$$

Практическая реализация и результаты. На основе вышеизложенного метода разработан простейший алгоритм последовательного размещения, который реализован в виде программного инструмента начального размещения логических ячеек цифровых схем. Разработанный алгоритм основан на матрице смежности и рекурсивном повторении следующей основной процедуры. На очередную ближайшую свободную позицию размещается ячейка, имеющая минимальное значение функции претендентности β , которая определяется как разница между связанностями данной i -й ячейки с еще не размещенными и уже размещенными ячейками, что соответствует условию

$$\beta_i = \min_{i \in E_n} \left(\sum_{j \in E_n} \lambda_{ij} r_{ij} - \sum_{j \in E_p} \lambda_{ij} r_{ij} \right), \quad (10)$$

где E_n и E_p – множество неразмещенных и размещенных ячеек соответственно.

Эффективность разработанного алгоритма проверена на тестовых схемах.

Для простоты рассмотрим пример размещения ячеек тестовой логической схемы, приведенной на рис. 2.

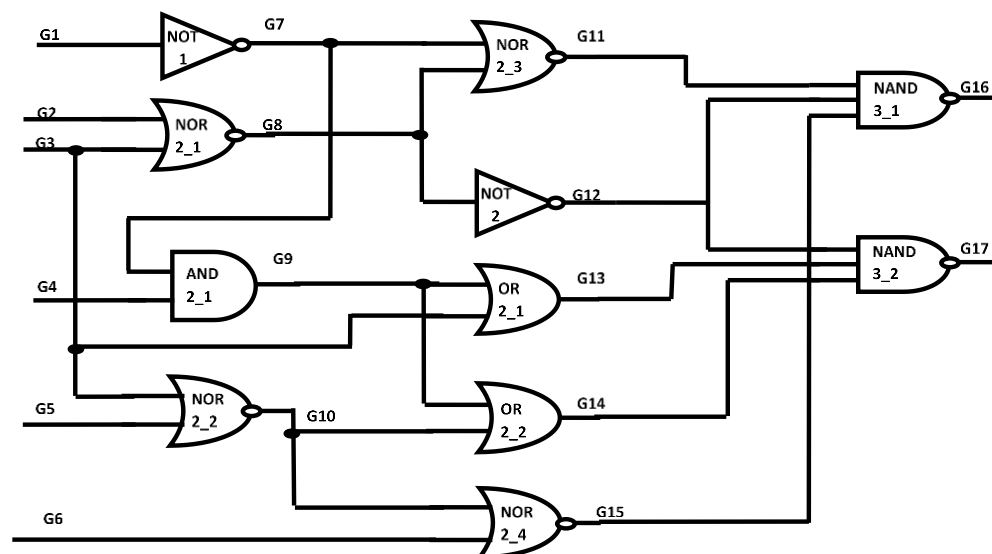


Рис. 2. Тестовая логическая схема

Параметры логических ячеек выбраны из библиотеки стандартных ячеек, разработанной в учебном департаменте компании “Синописис Армения” [4]. В табл. 1 приведены задержки и топологические размеры логических ячеек тестовой схемы для указанной библиотеки.

Таблица 1

Задержки и топологические длины логических ячеек тестовой схемы

Тип ячейки	NOT1, NOT2	NOR2x1, NOR2x2, NOR2x3, NOR2x4	AND 2x1	OR 2x1	NAND 3x1
Задержка (нс)	39	64	85	85	130
Длина (мкм)	2,24	2,24	3,2	2,88	4,16
Площадь (мкм ²)	6,45	6,45	7.37	7.37	11.98

С целью сравнения результатов размещения произведено размещение элементов тестовой схемы как предложенным методом, так и инструментом физического синтеза IC Compiler компании Синописис (рис. 3). На рис. 3а пунктирными линиями показаны критические цепи.

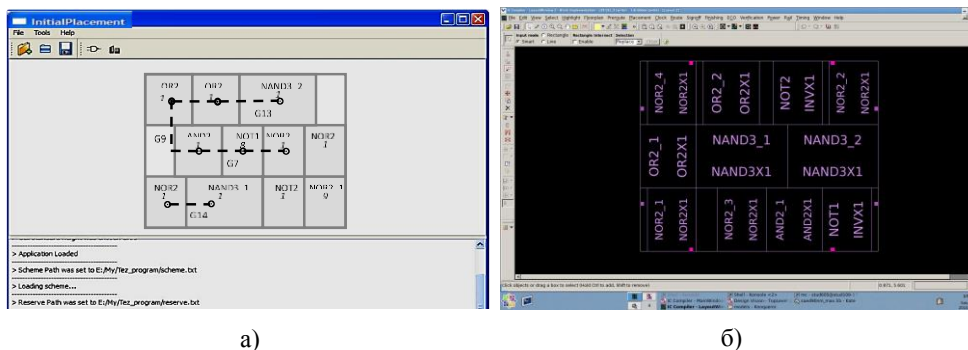


Рис. 3. Размещение ячеек тестовой схемы:

а - с помощью предложенного метода, б - с помощью IC Compiler

Для тестовой схемы значения резерва времени цепей, определенные с помощью формул (4), (5) и (6), и их длины при размещении по разработанному алгоритму и по IC Compiler приведены в табл. 2. Длины цепей оценены расстояниями центров соответствующих ячеек.

Как видно из таблицы, при использовании предложенного метода длины критических цепей с нулевым резервом времени можно сократить от 4 до 50%. При этом имеет место увеличение длин не критических цепей. В рассматриваемом примере наблюдается также сокращение суммарной длины связей.

Таблица 2

Резервы времени и длины цепей

Номер цепи	G ₇	G ₉	G ₁₃	G ₁₄	G ₃	G ₁₀	G ₈	G ₁₁	G ₁₂	G ₁₅	Сум- марная длина
Резерв (нс)	0	0	0	0	69	69	90	90	90	90	-
Длина (мкм)	4,6	5,4	6,2	3,7	14,2	14,4	5,1	6,1	11,5	3,2	74,6
Длина (мкм) (ICC)	4,8	11,5	7,5	7,5	14,2	8,3	11,5	2,9	7,0	6,1	81,4

Сравнительные результаты вариантов размещения ряда более сложных тестовых схем показали большую эффективность применения предлагаемого подхода.

Заключение. Предложен метод размещения элементов комбинационных схем с учетом важности цепей. Предложенный метод ориентирован для применения на этапе начального размещения логических ячеек цифровых ИС. Апробация метода для размещения ячеек ряда тестовых схем показала высокую эффек-

тивность по минимизации длин критических цепей и относительной взвешенности длин остальных цепей. Предлагаемый метод может быть внедрен в существующие средства САПР в виде подсистемы начального размещения стандартных ячеек, а полученные результаты могут служить стартовым размещением для дальнейшей оптимизации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Угрюмов Е.П.** Цифровая схемотехника: Учеб. пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. - СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 544 с.
2. **Sherwani N.** Algorithms for VLSI Physical Design Automation. Intel Corporation. - Kluwer Academic Publishers, 2007.- 572 p.
3. **Gerez S.** Algorithms for VLSI design Automation. - John Wiley & Sons, Chichester, 1998.- 326 p.
4. Digital Standard Cell Library//SAED_EDK90_CORE DATABOOK: © 2008 SYNOPSYS ARMENIA Educational Department.- Yerevan, 2008. – 96 p.

Национальный политехнический университет Армении. Материал поступил в редакцию 04.07.2016.

Ա.Գ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ, Լ.Լ. ՄԽԻԹԱՐՅԱՆ

ՀԱՄԱԿՑԱԿԱՆ ՄԽԵՄԱՆԵՐԻ ՏԱՐԲԵՐԻ ՏԵՂԱԲԱՇԽՈՒՄԸ ՇՂԹԱՆԵՐԻ ԿԱՐԵՎՈՐՈՒԹՅԱՆ ՀԱՇՎԱՌՄԱՄԲ

Առաջարկված է համակցական սխեմաների տրամաբանական բջիջների սկզբնական տեղաբաշխման մեթոդ՝ հիմնված շղթաների ժամանակային բնութագրերի և յուրաքանչյուր շղթայի ժամանակային հապաղման պահուստի նախնական գնահատման վրա: Համակցական սխեմայի շղթաների ժամանակային հապաղման պահուստները հետագայում օգտագործվում են որպես շղթաների կարևորության չափ, որի հիման վրա կատարվում է սխեմայի տարրերի տեղաբաշխումը:

Առանցքային բառեր. ինտեգրալ սխեմաների տարրերի տեղաբաշխում, համակցական սխեմա, ազդանշանի հապաղում, ժամանակի պահուստ, որոշիչ ճանապարհ:

A.G. HARUTYUNYAN, L.L. MKHITARYAN

PLACEMENT OF COMPONENTS OF COMBINATIONAL CIRCUITS GIVEN THE IMPORTANCE OF NETS

A method of initial placement of logic cells of combinational circuits based on the preliminary assessment of timing characteristics of nets and slack of timing delay of each net is proposed. The slack of nets of combinational circuits are then used as a measure of the importance of nets, on the basis of which placement of circuit elements is carried out.

Keywords: placement of integrated circuits elements, combinational circuit, signal delay, slack, critical path.

М.С. АЗОЯН

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ УМНОЖИТЕЛЕЙ И АВТОГЕНЕРАТОРОВ
ГАРМОНИК СВЕРХВЫСОКИХ ЧАСТОТ**

В настоящее время в связи с развитием телекоммуникации появилась потребность в создании надежных и малогабаритных приборов сверхвысоких частот (СВЧ) с широкими функциональными возможностями. Указанные приборы особенно востребованы для создания авиационных, космических, СВЧ телекоммуникационных систем связи. В последние годы основой создания систем связи на СВЧ стали новые поколения приборов и устройств на твердом теле, выполняющие функции фильтрации, генерирования и усиления колебаний, стабилизации частоты, формирования и обработки сигналов. На основе применения твердотельных устройств (ТТУ) стали возможны: повышение КПД, скорости перестройки приемопередающей аппаратуры; снижение себестоимости серийного производства средств связи и расходов при их эксплуатации. Разработка современной аппаратуры связи требует решения проблем комплексного использования ТТУ в процессе создания активных фазированных антенных решеток, модернизации находящихся в эксплуатации средств связи и замены устаревших приборов и устройств более современными и эффективными.

Ключевые слова: твердотельные устройства, полосковые приборы, автогенератор гармоник, преобразователь, умножитель.

Введение. Наряду с развитием классических методов теории преобразования СВЧ сигналов на параметрических диодах создаются новые практические методы анализа, синтеза и расчёта разных вариантов [1,2]. Для расчета преобразователей СВЧ за основу принимаются экспериментально снятые вольт-амперные и вольт-кулоновые характеристики (ВАХ и ВКХ) нелинейного элемента. Задачи решаются путем определения нескольких производных от этих характеристик в рабочей точке, значения которых являются исходными.

Следует отметить, что работы по этой методике проводились для умножителей [3] и делителей [4] сигналов СВЧ, между тем эта методика может быть применена и для других систем СВЧ [5].

Разработке общей теории преобразования сигналов СВЧ посвящено достаточно много работ, результаты которых упрощают процесс анализа и расчёта, а также повышают точность и надежность преобразовательной системы [6].

Разработка транзисторных параметрических умножителей (ТПУ) и автогенераторов (ТАГ) СВЧ. На основе теоретических работ [4,7] были разработаны и исследованы действующие макеты миниатюрных полосковых ТПУ и ТАГ на германиевых СВЧ транзисторах ГТ329А, ГТ330Д, ГТ612 и ГТ330Ж. Предварительный расчет, результаты которого для удвоителей частоты 0,5 ГГц представлены в виде графиков на рис. 1, показал, что умножители на транзисторах ГТ330Д в этом диапазоне частот гораздо менее эффективны, чем на транзисторах ГТ329А, что также подтвердилось при обследовании экспериментальных макетов ТПУ и ТАГ.

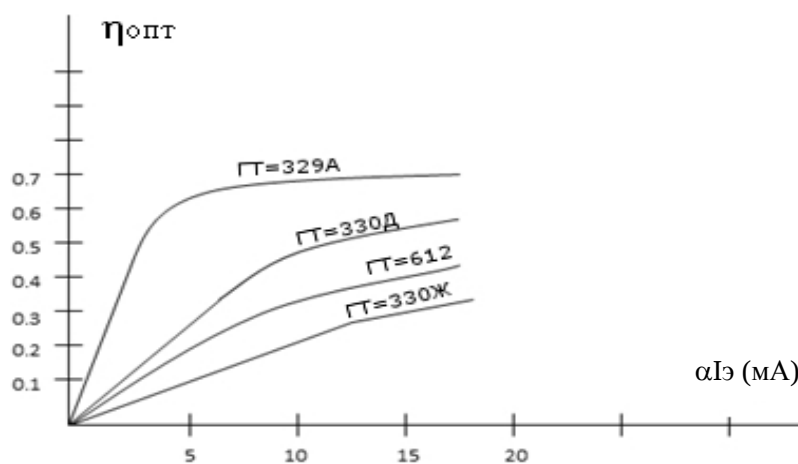


Рис. 1. Расчетные характеристики коллекторной цепи

Экспериментальные макеты были выполнены на полосковых симметричных линиях. В качестве диэлектрика использовались платы титанированного полистирола марки ПТ-3. Макеты помещались в плоские прямоугольные дюралюминиевые корпуса. Вводы и выводы энергии сигналов осуществлялись через коаксиально-полосковые переходы (КПП), волновое сопротивление которых выбрано по стандарту (50 Ом). Питание макетов обеспечивал стабилизированный источник с плавной регулировкой напряжения от 0 до 30 В.

На рис. 2 и 3 показаны схемы полосковых ТАГ на транзисторах ГТ329А и ГТ330Д.

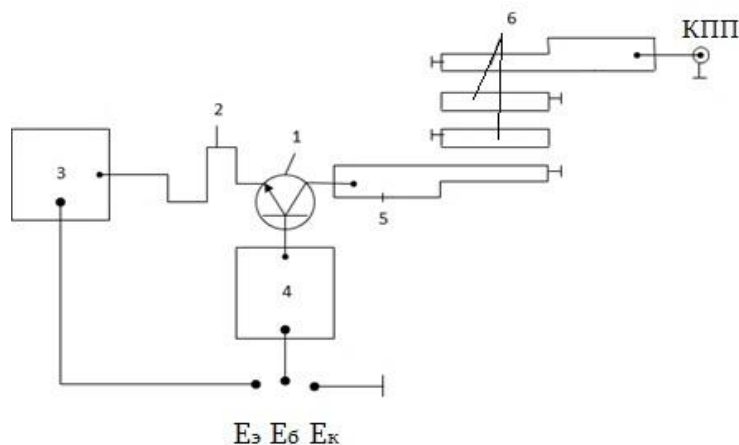


Рис. 2. Схема макета ТАГ №1

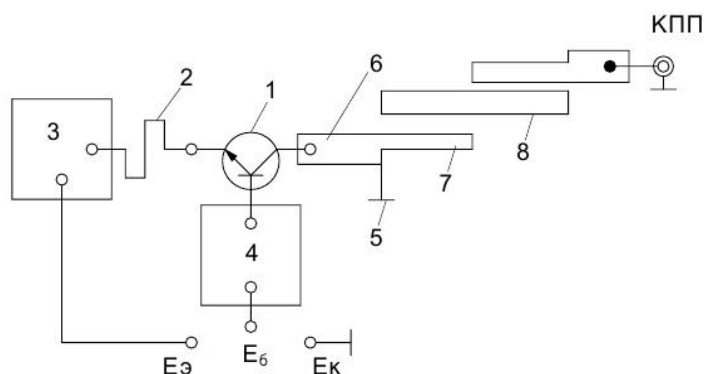


Рис. 3. Схема макета ТАГ №2

ТАГ №1, схема которого изображена на рис. 2, состоит из транзистора 1, к эмиттеру которого подсоединен дроссель 2 с емкостью 3. К базе транзистора присоединена блокировочная емкость 4. С резонатором 5 связаны резонаторы 6, образующие фильтр гармоник. Таким образом, автогенератор гармоник эквивалентен автогенератору основной частоты с общей базой, состоящему из элементов 1-5, и последовательно с ним включенному умножителю на нелинейной емкости коллекторного перехода, состоящему из элементов 1,4,5,6.

Автогенератор, изображенный на рис. 3, отличается тем, что резонатор 5 в коллекторной цепи заземлен индуктивным штырем 5. При этом отрезок линии 6 образует резонансный контур основной частоты генератора, а разомкнутый отрезок линии 7, связанный с основным контуром генератора индуктивным штырем 5, образует четвертьволновой направленный ответвитель, через который возбуждается резонатор 8.

Если вблизи заземляющего индуктивного штыря 5 находится узел СВЧ поля основной частоты и гармоники, то на разомкнутом конце отрезка линии 7 возникает пучность СВЧ поля выделяемой гармоники, так как разомкнутый конец линии 7 расположен на расстоянии, примерно равном четверти длины волны выделяемой гармоники от короткозамкнутой индуктивности 5. В этом случае выполняется условие возбуждения резонатора гармоники 8, с которого затем ее сигнал снимается через КПП.

Результаты экспериментального исследования генераторов второй гармоники ТАГ1 и ТАГ2 показаны соответственно на рис. 4 и 5, где нанесены семейства зависимостей выходной мощности и частоты $f_{\text{вых}}$ от напряжения на коллекторе при различных токах через эмиттерный переход транзистора. Как видно из рисунков, выходной мощности, отдаваемой описываемыми ТАГ, достаточно для питания смесителей нескольких приемных каналов. Значения напряжений и токов при этом значительно ниже допустимых для этого типа транзистора, что обеспечивает высокую надежность описываемых макетов. Энергетические и частотные характеристики двух вариантов сняты экспериментально.

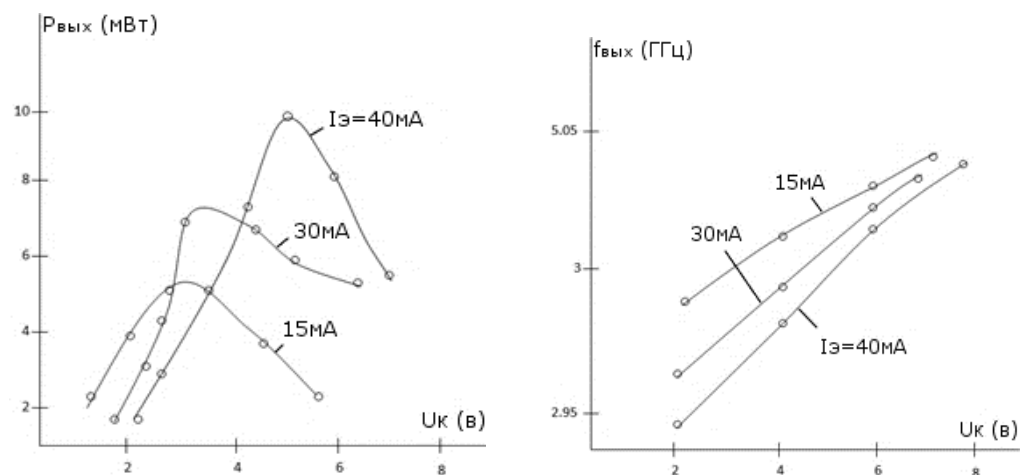


Рис. 4. Экспериментальные характеристики ТАГ №1

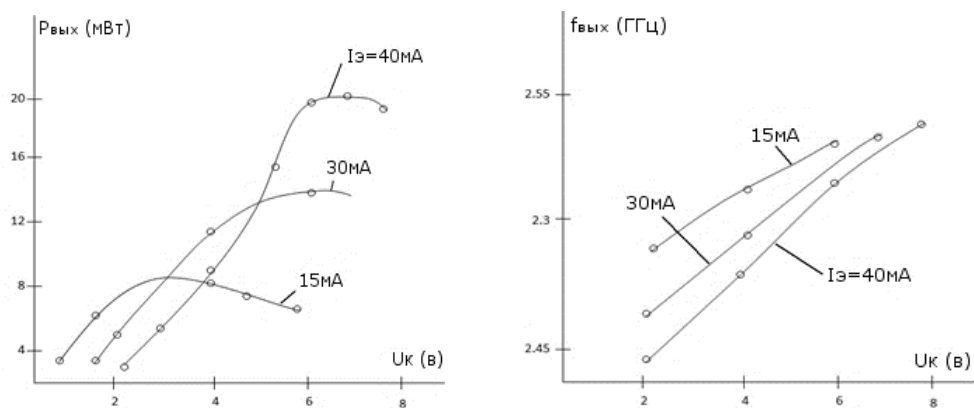


Рис. 5. Экспериментальные характеристики ТАГ №2

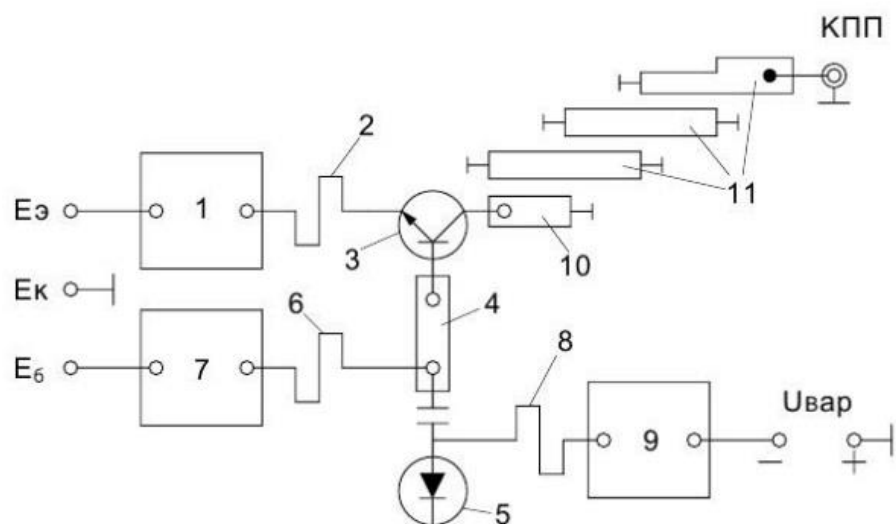


Рис. 6. ТАГ с электронной перестройкой частоты

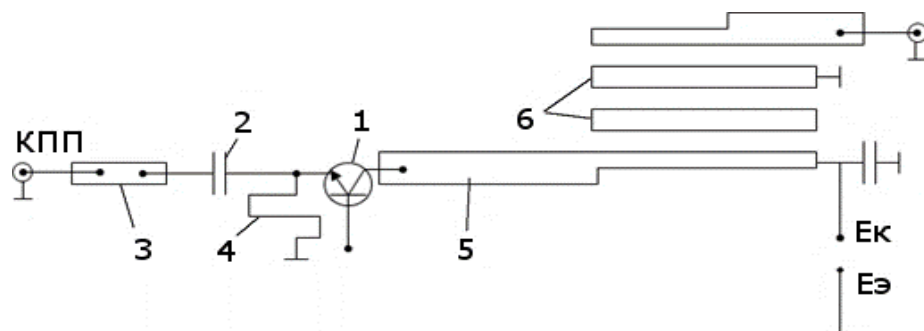


Рис. 7. Схема макета ТИУ №1

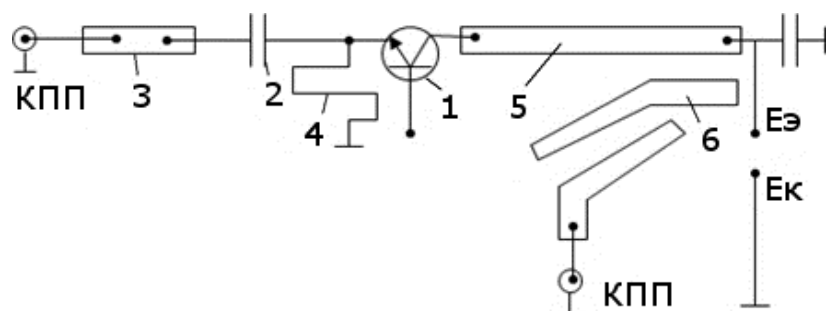


Рис. 8. Схема макета ТПУ №2

Особый интерес представляют ТАГ с электронной перестройкой частоты, которые могут быть использованы в перестраиваемых СВЧ приемниках и в системах с фазовой автоподстройкой частоты (ФАПЧ). На рис. 6 изображена схема ТАГ с электронной перестройкой частоты. Главным его отличительным признаком является наличие в цепи коллектора транзистора 3 полоскового фильтра гармоник 11, относительная полоса прозрачности которого равна полосе электронной перестройки автогенератора, образованного элементами 1...10. Назначение элементов схемы: 1-2, 6-7, 8-9 - цепи питания, отрезок линии, 4 - индуктивность цепи базы, 5 - варикап для перестройки. Описываемый ТАГ эквивалентен автогенератору основной частоты с электронной перестройкой, выполненному по схеме с общим коллектором, и последовательно с ним включенному широкополосному умножителю на коллекторной емкости транзистора.

Схематическое изображение конструкции макета 1 ТПУ дано на рис. 7. Устройство коллекторной цепи ТПУ, состоящего из резонаторов 5,6, аналогично устройству коллекторной цепи ТАГ, изображенного на рис. 2. Входной сигнал подается на эмиттерный переход транзистора 1 через разделительную емкость 2 по входной полосковой линии 3. Дроссель 4 соединяет по постоянному току цепь эмиттера и базы, обеспечивая нулевое постоянное смещение на эмиттерном переходе.

Схематическое изображение конструкции макета 2 ТПУ представлено на рис. 8. Назначение и конструкция элементов 1,2,3,4,5 те же, что и у макета 1. Отличаются макеты конструкцией резонансной системы 2, которая образована линией 5 и отрезком полосковой линии 6, являющимся резонатором, настроенным на частоту выделяемой гармоники. Конструктивно резонансная система макета 2 проще, однако она дает на выходе уровень паразитных гармоник несколько больший, чем у макета 1.

Несмотря на то, что такая методика определения проводимости пассивных потерь коллекторного перехода СВЧ транзистора слишком проста, однако полную

величину $r'_B c_k$, представленную в табл. 1 и 2, можно все-таки использовать, если при дальнейшем уточнении разделить ее на составляющие, которые могут быть либо измерены непосредственно, либо определены путем пересчета к известным геометрическим размерам чипа.

Таблица 1

Транзисторы ГТ329 (А, Б, В)						
Справочные параметры	Обозн. (ед.изм.)	Норма групп			Реж. исп.	
		А	Б	В	$U_{кб}(В)$	$f (Гц)$
Постоянная времени цепи обратной связи	$r'_B c_k$ (пс)	15	30	20	5	$3 \cdot 10^6$
Емкость коллектора	c_k (пФ)	2,5	3	3	5	$3 \cdot 10^6$
Сопротивление базы	r'_B (Ом)	6	10	6,75	5	$3 \cdot 10^6$

Таблица 2

Транзисторы ГТ330 (А, Б)					
Справочные параметры	Обозн.(ед.изм.)	Норма групп		Реж. исп.	
		А	Б	$U_{кб}(В)$	$f (Гц)$
Постоянная времени цепи обратной связи	$r'_B c_k$ (пс)	30	50	5	$3 \cdot 10^6$
Емкость коллектора	c_k (пФ)	3	3	5	$3 \cdot 10^6$
Сопротивление базы	r'_B (Ом)	10	16,5	5	$3 \cdot 10^6$

Закключение. В результате исследований спектра выходного колебания ТПУ установлено, что при рассмотренных кратностях умножения уровни входной частоты и паразитных гармоник не превышают – 20 дБ, что достаточно для большинства практических применений.

Полученные результаты показали, что ТПУ и ТАГ можно применять на маломощных транзисторах в качестве простых и миниатюрных гетеродинов приемных и передающих устройств дециметрового диапазона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Азоян М.С.** Вывод основных соотношений для полупроводникового параметрического делителя СВЧ // Вестник ГИУА (Политехник): Информационные технологии, электроника, радиотехника.- 2015.- N1.-С.91-97.
2. **Азоян М.С., Толоманенко А.Ф.** Исследование транзисторного параметрического делителя СВЧ // Докл. на научно-техническом семинаре: “СВЧ элементы и узлы радио-приемных устройств”.- М., май,1977.

3. **Азоян М.С.** Машинный анализ АЧХ микроминиатюрных СВЧ параметрических делителей частоты // Докл. на семинаре “Новое в разработках СВЧ устройств”.- Киев, май 1978.
4. **Мелихов В.С., Кологривов В.А.** Метод анализа и расчета широкополосного преобразователя частоты в режиме сильных гармонических воздействий // Радиотехника.- 1999.- № 1. - С.38-41.
5. **Nicholas A. Estep, Dimitrios L. Jacson Soric and Andrea Alu.** Magnetic free non Reciprocity and isolation based on parametrically modulated coupled-rezonator loops // Nature Physics. -2014.- Macmillan Publishrs Limited.- 1-5.
6. **Уткин Г.М.** Теория двухконтурных параметрических преобразователей и генераторов // Радиотехника и Электроника.- 1960.- №11. – С. 8-13.
7. Твердотельные устройства СВЧ в технике связи / **Л.А. Гасанов и др.**- М.: Радио и связь, 1988. - 288 с.

Национальный политехнический университет Армении. Материал поступил в редакцию 10.10.2016.

Մ.Ս. ԱԶՈՅԱՆ

ԳԵՐԲԱՐՁՐ ՀԱՃԱՆՈՒԹՅԱՄԲ ԿԻՍԱՀԱՂՈՐԴՍՅՈՒՆ ԲԱԶՄԱՊԱՏԿԻՉՆԵՐԻ ԵՎ ՀԱՐՄՈՆԻԿԱՅԻ ԱՎՏՈԳԵՆԵՐԱՏՈՐՆԵՐԻ ՓՈՐՁԱՐԱՐԱԿԱՆ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ

Ներկա ժամանակում հեռահաղորդակցության զարգացման հետևանքով անհրաժեշտություն է առաջացել ստեղծել գործառական լայն հնարավորություններով փոքրաչափ և հուսալի գերբարձր հաճախությամբ (ԳԲՀ) սարքեր: Այդ սարքերը հատկապես անհրաժեշտ են ավիացիոն, տիեզերական և կապի ԳԲՀ հեռահաղորդակցական համակարգերում, որտեղ վերջին տարիներին ստեղծվեցին նոր սերնդի պինդարմային ֆունկցիոնալ գեներատորներ, ուժեղարարներ, հաճախության կայունարարներ, ազդանշանի մշակման և ձևավորման սարքեր: Վերջինների կիրառմամբ բարելավվեց կապի հաղորդող - ընդունող սարքավորման վերակարգավորման արագությունը, մեծացավ դրանց օ.գ.գ.-ն, նվազեցին զանգվածային արտադրության ինքնարժեքը և շահագործման ծախսերը: Ժամանակակից կապի համակարգերի սարքավորումների մշակումը պահանջում է լուծել պինդարմային սարքավորումների կոմպլեքս օգտագործման հիմնախնդիրը ակտիվ փուլավորված անտենային ցանցերի ստեղծման ընթացքում, շահագործման մեջ գտնվող կապի միջոցների արդիականացումը, հնացած սարքավորումների փոխարինումը ժամանակակից, ավելի արդյունավետ տարբերակներով:

Առանցքային բառեր. պինդարմային մշակումներ, շերտային սարքեր, հարմոնիկայի ավտոգեներատոր, ձևափոխիչ, բազմապատկիչ:

M.S. AZOYAN

**EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF SEMICONDUCTOR MULTIPLIERS,
AND MICROWAVE AUTOGENERATORS HARMONICS OF ULTRA - HIGH
FREQUENCIES**

At present, in connection with the development of telecommunication there is a need to create reliable and compact devices of ultrahigh frequencies (UHF) with broad functionality. Therefore, the problem of research and development of both new and well-known instruments with a view to their application in a number of non-conventional microwave systems becomes very urgent. The mentioned devices are especially in demand for creating aviation, aerospace, telecommunication microwave communication systems. In recent years has become a new generation of instruments and devices of solid performing filtering functions of generation and amplification oscillation frequency stabilization, formation and signal processing, basis for creating communication systems at microwave frequencies on the basis of solid-state devices (TTU), an increased efficiency, speed adjustment transceiver equipment; reduce the cost of mass production of communications equipment and costs of their operation have become possible. The development of modern communications equipment requires to solve the problems of complex use of TTU during the creation of the active phased array antennae, upgrading the communication facilities in operation, replacement of obsolete equipment, and making modern appliances more efficient.

Keywords: solid, strip, harmonic autogenerator, converter, multiplier.

С.О. СИМОНЯН

ГИПЕРМАТРИЧНО-БЛОЧНЫЙ ЧИСЛЕННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ
МЕТОД РЕШЕНИЯ ОДНОПАРАМЕТРИЧЕСКИХ КВАДРАТНЫХ
МАТРИЧНЫХ УРАВНЕНИЙ

Предложен гиперматрично-блочный численно-аналитический метод решения однопараметрических квадратных матричных уравнений, основанный на дифференциальных преобразованиях Г.Е. Пухова. Получено условие разрешимости задачи.

Ключевые слова: однопараметрическое квадратное матричное уравнение, редукция задачи, дифференциальные преобразования, гиперматрично-блочный численно-аналитический метод решения, условие разрешимости задачи.

Введение. В работе [1] был предложен спектральный метод решения однопараметрических квадратных матричных уравнений

$$A_0(t) \cdot X^2(t) + A_1(t) \cdot X(t) + A_2(t) = [0] \quad (1)$$

(где $A_0(t)$, $A_1(t)$ и $A_2(t)$ - однопараметрические квадратные матрицы порядка m , а $X(t)$ – неизвестная однопараметрическая квадратная матрица также порядка m , подлежащая определению), основанный на дифференциальных преобразованиях [2] и аппарате кронекеровых произведений матриц [3]. Основное вычислительное затруднение этого метода заключалось в определении нулевых матричных дискрет $X_i(0)$ из алгебраического квадратного матричного уравнения

$$A_0(0) \cdot X^2(0) + A_1(0) \cdot X(0) + A_2(0) = [0], \quad (2)$$

порожденного из (1) в центре аппроксимации $t = t_v$ при целочисленном аргументе $K=0$ [2]. К тому же известно [4-6], что степенное матричное уравнение вида (2) в общем случае имеет $S \leq C_{mm}^n$ корней, где n - степень уравнения, m – порядок матричных коэффициентов, а S – комбинации. Однако в каждом конкретном случае определение истинного количества матриц $X_i(0)$, $i \in S$, удовлетворяющих матричному уравнению (2), связано с выполнением большого объема вычислительных операций с вытекающими отсюда многими отрицательными последствиями. Это обстоятельство обуславливает необходимость поиска других путей

разрешения рассматриваемой проблемы. Одному из таких возможных подходов и посвящена настоящая работа, к рассмотрению которой и перейдем далее.

Математический аппарат. Обозначим

$$X^2(t) = Y(t), \quad (3)$$

при котором квадратное матричное уравнение (1) редуцируется в систему матричных уравнений

$$\begin{cases} A_0(t) \cdot Y(t) + A_1(t) \cdot X(t) + A_2(t) = [0], \\ X^2(t) - Y(t) = [0], \end{cases} \quad (4)$$

или в гиперматрично-блочное представление

$$\begin{bmatrix} A_1(t) & A_0(t) \\ X(t) & -E \end{bmatrix}_{2m \times 2m} \cdot \begin{bmatrix} X(t) \\ Y(t) \end{bmatrix}_{2m \times m} + \begin{bmatrix} A_2(t) \\ 0 \end{bmatrix}_{2m \times m} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}_{2m \times m} \quad (5)$$

(где E – единичная матрица порядка m), откуда

$$\begin{bmatrix} X(t) \\ Y(t) \end{bmatrix}_{2m \times m} = - \begin{bmatrix} A_1(t) & A_0(t) \\ X(t) & -E \end{bmatrix}_{2m \times 2m}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} A_2(t) \\ 0 \end{bmatrix}_{2m \times m}. \quad (6)$$

Естественно, решение (6) гиперматрично-блочной системы (5) можно реализовать согласно соотношению

$$\begin{bmatrix} X(t) \\ Y(t) \end{bmatrix}_{(q+1)} = - \begin{bmatrix} A_1(t) & A_0(t) \\ X(t) & -E \end{bmatrix}_{(q)}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} A_2(t) \\ 0 \end{bmatrix} \quad (7)$$

или эквивалентной (7) итерационной схемы

$$\begin{bmatrix} X(t) \\ Y(t) \end{bmatrix}_{(q+1)} = - \begin{bmatrix} A_1(t) & A_0(t) \\ X(t) & -E \end{bmatrix}_{(q)}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} A_2(t) \\ 0 \end{bmatrix}, \quad (8)$$

полученной из (7) и обладающей намного большими вычислительными возможностями, нежели схема (7) (заметим, что q – номер итерации).

Теперь допустим, что все матрицы, входящие в (5), обладают достаточной степенью гладкости по параметру t , при котором имеют место следующие дифференциальные преобразования:

$$A_0(K) = \frac{H^K}{K!} \cdot \frac{d^K A_0(t)}{dt^K} \Big|_{t=t_v}, \quad K = \overline{0, \infty} \quad \text{---} \quad \chi_0(t, t_v, H, A_0(K), K = \overline{0, \infty}), \quad (9)$$

$$A_1(K) = \frac{H^K}{K!} \cdot \frac{d^K A_1(t)}{dt^K} \Big|_{t=t_v}, \quad K = \overline{0, \infty} \quad \text{---} \quad \chi_1(t, t_v, H, A_1(K), K = \overline{0, \infty}), \quad (10)$$

$$A_2(K) = \frac{H^K}{K!} \cdot \frac{d^K A_2(t)}{dt^K} \Big|_{t=t_v}, \quad K = \overline{0, \infty} \quad \text{---} \quad \chi_2(t, t_v, H, A_2(K), K = \overline{0, \infty}), \quad (11)$$

$$X(K) = \frac{H^K}{K!} \cdot \frac{d^K X(t)}{dt^K} \Big|_{t=t_v}, \quad K = \overline{0, \infty} \quad \text{---} \quad \chi_3(t, t_v, H, X(K), K = \overline{0, \infty}), \quad (12)$$

$$Y(K) = \frac{H^K}{K!} \cdot \frac{d^K Y(t)}{dt^K} \Big|_{t=t_v}, \quad K = \overline{0, \infty} \quad \text{---} \quad \chi_4(t, t_v, H, Y(K), K = \overline{0, \infty}), \quad (13)$$

где $A_0(K)$, $A_1(K)$, $A_2(K)$, $X(K)$ и $Y(K)$ – матричные дискреты порядка m , соответствующие матричным оригиналам $A_0(t)$, $A_1(t)$, $A_2(t)$, $X(t)$ и $Y(t)$; H – масштабная постоянная; $\chi_0(\cdot)$, $\chi_1(\cdot)$, $\chi_2(\cdot)$, $\chi_3(\cdot)$ и $\chi_4(\cdot)$ – матричные функции, восстанавливающие матрицы-оригиналы $A_0(t)$, $A_1(t)$, $A_2(t)$, $X(t)$ и $Y(t)$ [2].

С учетом правил алгебры дифференциальных преобразований гиперматрично-блочную систему (5) из области оригиналов переведем в область дифференциальных изображений. Получим следующую гиперматрично-блочную спектральную модель:

$$\sum_{l=0}^K \left[\begin{array}{c|c} A_1(l) & A_0(l) \\ \hline X(l) & -E \cdot B(l) \end{array} \right]_{2m \times 2m}^{-1} \left[\begin{array}{c} X(K-l) \\ Y(K-l) \end{array} \right]_{2m \times m} + \left[\begin{array}{c} A_2(K) \\ 0 \end{array} \right]_{2m \times m} = \left[\begin{array}{c} 0 \\ 0 \end{array} \right]_{2m \times m}, \quad (14)$$

откуда с учетом тейлоровской единицы $B(l)$ получим:

при $K=0$:

$$\left[\begin{array}{c|c} A_1(0) & A_0(0) \\ \hline X(0) & -E \end{array} \right]_{2m \times 2m} \cdot \left[\begin{array}{c} X(0) \\ Y(0) \end{array} \right]_{2m \times m} + \left[\begin{array}{c} A_2(0) \\ 0 \end{array} \right]_{2m \times m} = D(0) \cdot \left[\begin{array}{c} X(0) \\ Y(0) \end{array} \right]_{2m \times m} + \left[\begin{array}{c} A_2(0) \\ 0 \end{array} \right]_{2m \times m} = \left[\begin{array}{c} 0 \\ 0 \end{array} \right]_{2m \times m},$$

откуда

$$\begin{bmatrix} X(0) \\ Y(0) \end{bmatrix}_{(q+1)} = - \begin{bmatrix} A_1(0) & A_0(t) \\ X(0) & -E \end{bmatrix}_{(q)}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} A_2(0) \\ 0 \end{bmatrix} = -D^{-1}(0) \cdot \begin{bmatrix} A_2(0) \\ 0 \end{bmatrix}, \quad (15)$$

если, конечно, имеет место условие полноранговости гиперматрицы $D(0)$, т.е. условие разрешимости задачи

$$\text{rang } D(0) = 2m; \quad (16)$$

при $K=1$:

$$\begin{bmatrix} A_1(0) & A_0(0) \\ X(0) & -E \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X(1) \\ Y(1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} A_1(1) & A_0(1) \\ X(1) & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X(0) \\ Y(0) \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} A_2(1) \\ 0 \end{bmatrix}$$

или

$$D(0) \cdot \begin{bmatrix} X(1) \\ Y(1) \end{bmatrix} + D(1) \cdot \begin{bmatrix} X(0) \\ Y(0) \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} A_2(1) \\ 0 \end{bmatrix},$$

откуда с учетом условия (16) получим

$$\begin{bmatrix} X(1) \\ Y(1) \end{bmatrix}_{(q+1)} = -D^{-1}(0) \cdot \left[D(1)_{(q)} \cdot \begin{bmatrix} X(0) \\ Y(0) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} A_2(1) \\ 0 \end{bmatrix} \right]. \quad (17)$$

Далее, с целью компактности изложения, обозначим

$$D(l) = \begin{bmatrix} A_1(l) & A_0(l) \\ X(l) & 0 \end{bmatrix}, \quad l \geq \overline{2, K},$$

с учетом которого:

при $K=2$:

$$D(0) \cdot \begin{bmatrix} X(2) \\ Y(2) \end{bmatrix} + D(1) \cdot \begin{bmatrix} X(1) \\ Y(1) \end{bmatrix} + D(2) \cdot \begin{bmatrix} X(0) \\ Y(0) \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} A_2(2) \\ 0 \end{bmatrix},$$

откуда с учетом условия (16):

$$\begin{bmatrix} X(2) \\ Y(2) \end{bmatrix}_{(q+1)} = -D^{-1}(0) \cdot \left[D(1) \cdot \begin{bmatrix} X(1) \\ Y(1) \end{bmatrix} + D(2)_{(q)} \cdot \begin{bmatrix} X(0) \\ Y(0) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} A_2(2) \\ 0 \end{bmatrix} \right]; \quad (18)$$

⋮

при $K=K$:

$$\sum_{l=0}^K D(l) \cdot \begin{bmatrix} X(K-l) \\ Y(K-l) \end{bmatrix} = D(0) \cdot \begin{bmatrix} X(K) \\ Y(K) \end{bmatrix} + \sum_{l=1}^K D(l) \cdot \begin{bmatrix} X(K-l) \\ Y(K-l) \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} A_2(K) \\ 0 \end{bmatrix},$$

откуда с учетом условия (16):

$$\begin{bmatrix} X(K) \\ Y(K) \end{bmatrix}_{(q+1)} = -D^{-1}(0) \cdot \left[\sum_{l=1}^{K-1} D(l) \cdot \begin{bmatrix} X(K-l) \\ Y(K-l) \end{bmatrix} + D(K)_{(q)} \cdot \begin{bmatrix} X(0) \\ Y(0) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} A_2(K) \\ 0 \end{bmatrix} \right]. \quad (19)$$

Замечание 1. Если условие разрешимости задачи (16) при некотором выбираемом центре аппроксимации $t = t_v$ нарушается, то можно оперировать наилучшими приближенными решениями матричных дискрет $\begin{bmatrix} X(l) \\ Y(l) \end{bmatrix}$, $l = \overline{0, K}$,

используя при этом псевдообратную матрицу $D^+(0)$. Однако при такой ситуации, очевидно, намного целесообразнее выбор нового центра аппроксимации $t = t_v$, при котором условие разрешимости задачи (16) будет выполнено и, следовательно, будут определены точные значения матричных дискрет $\begin{bmatrix} X(l) \\ Y(l) \end{bmatrix}$, $l = \overline{0, K}$.

Замечание 2. В результате реализации рекуррентных итерационных схем (15)–(19) будут определены матричные дискреты $X_i(0), \dots, X_i(K)$ и $Y_i(0), \dots, Y_i(K)$, а

затем и решения $\begin{bmatrix} X_i(t) \\ Y_i(t) \end{bmatrix}$, $i \in S$, согласно некоторым обратным дифференциальным преобразованиям – правым частям соотношений (12), (13).

Замечание 3. Рекуррентные соотношения (15)–(19), очевидно, являются явными вычислительными схемами. Однако с целью повышения их вычислительной эффективности можно несколько видоизменить их, прибавляя в их обеих

частях матрицы $\begin{bmatrix} X(l) \\ Y(l) \end{bmatrix}$, $l = \overline{0, K}$, и получить схемы ньютоновского типа, при которых в правых частях этих схем на q -ых шагах итерационных процедур, кроме матриц $X(K)_{(q)}$, будут участвовать и матрицы $Y(K)_{(q)}$. Например, применительно к схеме (19) при этом будем иметь

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} X(K) \\ Y(K) \end{bmatrix}_{(q+1)} &= \frac{1}{2} \cdot \left\{ \begin{bmatrix} X(K) \\ Y(K) \end{bmatrix}_{(q)} - D^{-1}(0) \cdot \left[\sum_{l=1}^{K-1} D(l) \cdot \begin{bmatrix} X(K-l) \\ Y(K-l) \end{bmatrix} + \right. \right. \\ &\left. \left. + D(K)_{(q)} \cdot \begin{bmatrix} X(0) \\ Y(0) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} A_2(K) \\ 0 \end{bmatrix} \right] \right\}. \end{aligned} \quad (20)$$

Модельный пример. В работе [1] был рассмотрен модельный пример

$$\begin{bmatrix} 1 & t \\ 0 & t \end{bmatrix} \cdot X^2(t) + \begin{bmatrix} -1 & -t \\ 0 & -t \end{bmatrix} \cdot X(t) + \begin{bmatrix} (-t^2 + t) & -t^2 \\ 0 & -2t \end{bmatrix} = [0],$$

для которого при $t_v = 1$, $H=1$ предложенным спектральным методом были получены 4 решения нулевых матричных дискрет, среди которых вторая нулевая матричная дискрета:

$$X_2(0) = \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 0 & 2 \end{bmatrix},$$

а последующие матричные дискреты:

$$X_2(1) = \begin{bmatrix} -1 & -1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad X_2(K) = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad \forall K \geq 2.$$

При этом получено следующее точное решение:

$$X_2(t) = \begin{bmatrix} (1-t) & -t \\ 0 & 2 \end{bmatrix}.$$

Теперь рассмотрим решение этого примера, предложенного в настоящей работе гиперматрично-блочным численно-аналитическим методом. Очевидно, что

$$A_0(0) = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad A_1(0) = \begin{bmatrix} -1 & -1 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}, \quad A_2(0) = \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 0 & -2 \end{bmatrix}.$$

При этом динамика определения матриц начальных дискрет $X(0)$ и $Y(0)$ для одного из многочисленных экспериментов при функционировании вычислительной схемы (20) в среде MATLAB при $K=0$ представлена в табл. 1.

Таблица 1

q	$\begin{bmatrix} X(0) \\ Y(0) \end{bmatrix}_{(q)}$	0	$\begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 2 & 5 \\ \hline 20 & 10 \\ 5 & 60 \end{bmatrix}$	5	$\begin{bmatrix} 0,0625 & -0,9687 \\ 0,0625 & 2,0313 \\ \hline 0,6250 & -1,6562 \\ 0,1563 & 5,6875 \end{bmatrix}$
10	$\begin{bmatrix} 0,0020 & -0,9990 \\ 0,0020 & 2,0010 \\ \hline 0,0195 & -1,9893 \\ 0,0049 & 4,0527 \end{bmatrix}$	15	$\begin{bmatrix} 0,0001 & -1,0000 \\ 0,0001 & 2,0000 \\ \hline 0,0006 & -1,9997 \\ 0,0002 & 4,0016 \end{bmatrix}$	20	$\begin{bmatrix} 0,0000 & -1,0000 \\ 0,0000 & 2,0000 \\ \hline 0,0000 & -2,0000 \\ 0,0000 & 4,0000 \end{bmatrix}$

Далее с учетом того, что

$$A_0(1) = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad A_1(1) = \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}, \quad A_2(1) = \begin{bmatrix} -1 & -2 \\ 0 & -2 \end{bmatrix},$$

а

$$X(0) = \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 0 & 2 \end{bmatrix}, \quad Y(0) = \begin{bmatrix} 0 & -2 \\ 0 & 4 \end{bmatrix},$$

динамика определения матричных дискрет $X(1)$ и $Y(1)$ при функционировании вычислительной схемы (20) в среде MATLAB при $K=1$ представлена в табл. 2.

Таблица 2

q	$\begin{bmatrix} X(1) \\ Y(1) \end{bmatrix}_{(q)}$	0	$\begin{bmatrix} 2 & 0 \\ 2 & 2 \\ \hline -3 & -4 \\ 5 & -3 \end{bmatrix}$	4	$\begin{bmatrix} -0,8125 & -0,9375 \\ 0,1250 & 0,1250 \\ \hline -0,1875 & -1,1875 \\ 0,3125 & -0,1875 \end{bmatrix}$
8	$\begin{bmatrix} -0,9883 & -0,9961 \\ 0,0078 & 0,0078 \\ \hline -0,0117 & -1,0117 \\ 0,0195 & -0,0117 \end{bmatrix}$	12	$\begin{bmatrix} -0,9993 & -0,9998 \\ 0,0005 & 0,0005 \\ \hline -0,0007 & -1,0007 \\ 0,0012 & -0,0007 \end{bmatrix}$	16	$\begin{bmatrix} -1,0000 & -1,0000 \\ 0,0000 & 0,0000 \\ \hline 0,0000 & -1,0000 \\ 0,0000 & 0,0000 \end{bmatrix}$

И, наконец, с учетом того, что

$$A_0(2) = [0], \quad A_1(2) = [0], \quad A_2(2) = \begin{bmatrix} -1 & -1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix},$$

а

$$X(1) = \begin{bmatrix} -1 & -1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad Y(1) = \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix},$$

динамика определения матричных дискрет $X(2)$ и $Y(2)$ при функционировании вычислительной схемы (20) в среде MATLAB при $K=2$ представлена в табл. 3.

Таблица 3

q	$\begin{bmatrix} X(2) \\ Y(2) \end{bmatrix}_{(q)}$	0	$\begin{bmatrix} -8 & -6 \\ -8 & 0 \\ -6 & 8 \\ -8 & -9 \end{bmatrix}$	4	$\begin{bmatrix} -0,5000 & -0,3750 \\ -0,5000 & 0,0000 \\ 0,5625 & 1,4375 \\ -0,5000 & -0,5625 \end{bmatrix}$
8	$\begin{bmatrix} -0,0313 & -0,0234 \\ -0,0313 & 0,0000 \\ 0,9727 & 1,0273 \\ -0,0313 & -0,0352 \end{bmatrix}$	13	$\begin{bmatrix} -0,0010 & -0,0002 \\ -0,0010 & -0,0010 \\ 0,9991 & 1,0013 \\ -0,0010 & -0,0021 \end{bmatrix}$	18	$\begin{bmatrix} 0,0000 & 0,0000 \\ 0,0000 & 0,0000 \\ 1,0000 & 1,0000 \\ 0,0000 & 0,0000 \end{bmatrix}$

Таким образом,

$$X(2) = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad Y(2) = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix},$$

а, в чем нетрудно убедиться, матричные дискреты

$$X(K) = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad Y(K) = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad \forall K \geq 3.$$

Следовательно, и при предложенном в настоящей работе методе получим представленное выше точное тейлоровское решение $X_2(t)$.

Закключение. Таким образом, решение однопараметрических квадратных матричных уравнений на основе применения операционного метода дифференциальных преобразований при предложенной редукции сводится к решению рекуррентных гиперматрично-блочных систем алгебраических матричных уравнений, в результате чего определяются матричные дискреты $X(K)$ искомого решения, а также восстановлению решения $X(t)$ применением некоторого обратного дифференциального преобразования в соответствии с (12).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Симонян С.О.** К решению однопараметрических квадратных матричных уравнений // Вестник ИАА. – Т.13, №4. – С. 462-470.
2. **Пухов Г.Е.** Дифференциальные преобразования функций и уравнений. - Киев: Наукова думка, 1984.- 420 с.
3. **Гантмахер Ф.Р.** Теория матриц. - М.: Физматлит, 2010. – 560 с.
4. **Гельфанд С.И.** О числе решений квадратного уравнения // Журнал “Глобус-1”. – 2000. – С. 124-134.
5. **Козлов В.В.** Ограничения квадратичных форм на лагранжевы плоскости, квадратные матричные уравнения и гироскопическая стабилизация // Функциональный анализ и его приложения. – 2005. - Вып. 4, т. 39. – С. 32-47.
6. **Палин В.В.** О разрешимости квадратных матричных уравнений // Вестник Моск. гос. ун-та. Серия 1: Математика, механика. – 2008. - №6. – С. 36-41.

Национальный политехнический университет Армении. Материал поступил в редакцию 08.11.2016.

Մ.Հ. ՄԻՄՈՆՅԱՆ

ՄԻԱՊԱՐԱՄԵՏՐԱԿԱՆ ՔԱՌԱԿՈՒՄԻ ՄԱՏՐԻՑԱՅԻՆ ՀԱՎԱՍԱՐՈՒՄՆԵՐԻ ԼՈՒԾՄԱՆ ՀԻՊԵՐՄԱՏՐԻՑԱ-ԲԼՈԿԱՅԻՆ ԹՎԱ-ԱՆԱԼԻՏԻԿ ՄԵԹՈԴ

Առաջարկվել է միապարամետրական քառակուսի մատրիցային հավասարումների լուծման հիպերմատրիցա-բլոկային թվա-անալիտիկ մեթոդ՝ հիմնված Գ.Ե. Պուխովի դիֆերենցիալ ձևափոխությունների վրա: Մտացվել է խնդրի լուծելիության պայմանը:

Առանցքային բառեր. միապարամետրական քառակուսի մատրիցային հավասարում, խնդրի ռեզոլցիա, դիֆերենցիալ ձևափոխություններ, լուծման հիպերմատրիցա-բլոկային թվա-անալիտիկ մեթոդ, խնդրի լուծելիության պայման:

S.H. SIMONYAN

A HYPER - MATRIX-BLOCK NUMERICAL- ANALYTICAL METHOD FOR SOLVING ONE-PARAMETRIC QUADRATIC MATRIX EQUATIONS

A spectral solving method is proposed for solving one parametric quadratic matrix equation based on G.E. Pukhov's differential transformations. It is shown, that the matrix condition of Gerard-Wyeth takes place for that equations. A model example is considered, which shows the effectency of the method. Conditions of solvability for the problem are obtained.

Keywords: one parametric quadratic matrix equation, reduction tasks, differential transformations, super matrix block-numerical-analytical method of solving, solvability conditions.

Ա.Հ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ

ՆԵՐՂՈՒՄ-ԱՆՈՐՈՇՈՒԹՅՈՒՆ ՀԱՐԱԲԵՐՈՒԹՅՈՒՆԸ
ԿԻԲԵՌԱՆՎՏԱՆԳՈՒԹՅԱՆ ՈԼՈՐՏՈՒՄ

Ներկայացված է անորոշության պայմաններում կիբեռանվտանգության ոլորտում դինամիկ ներդրումային որոշումների կայացման մոդելավորումը՝ Գորդոն-Լոբբի ներդրումային մոդելի ընդլայնմամբ: Ցույց է տրված, որ կիբեռանվտանգության ոլորտում առկա անորոշ միջավայրի հաշվառմամբ՝ տվյալ ոլորտում ներդրումային որոշումների կայացման վրա անորոշության ազդեցության գնահատումը էական նշանակություն ունի: Տարբեր տեսանկյուններից դիտարկված է անորոշության ազդեցությունը ներդրում կատարելու վարքագծի վրա:

Առանցքային բառեր. կիբեռանվտանգություն, իրական օպցիոն, ներդրում, անորոշություն, ներդրում-անորոշություն կապ:

Ներածություն. Կիբեռանվտանգության ոլորտում առկա անորոշության պայմաններում հատկապես կարևոր է ներդրումային արդյունավետ որոշումների կայացումը: Կիբեռանվտանգության ոլորտում ներդրումային որոշումներն ունեն երեք հիմնական հատկանիշներ: Առաջին. հնարավոր սպառնալիքներից բխող միջավայրը անորոշ է: Երկրորդ. կիբեռանվտանգության ոլորտում կատարված ներդրումներն ամբողջությամբ անվերադարձելի են: Երրորդ. կարևոր նշանակություն ունի ներդրում կատարելու որոշման կայացման պատեհաժամությունը: Հարկ է նշել, որ այս համատեքստում, ի տարբերություն այլ ներդրումների, կիբեռանվտանգության ապահովման համար կատարվող ներդրումներից ստացվող եկամուտները դրամական չեն և արտահայտվում են պաշտպանության ենթակա տեղեկատվական համակարգերի խոցելիության մակարդակի նվազեցմամբ [1-3]:

Աշխատանքում ներկայացվում է անորոշության պայմաններում կիբեռանվտանգության ոլորտում դինամիկ ներդրումային որոշումների կայացման մոդելավորումը՝ Գորդոն-Լոբբի ներդրումային մոդելի ընդլայնմամբ: Կիբեռանվտանգության ոլորտում առկա անորոշությամբ պայմանավորված՝ տարբեր տեսանկյուններից դիտարկվում է կիբեռանվտանգության ոլորտում ներդրումային որոշումների կայացման վրա անորոշության ազդեցությունը:

1. Դինամիկ ներդրումային որոշումների կայացման մոդելավորումը՝ Գորդոն-Լոբբի ներդրումային մոդելի ընդլայնմամբ. Կիբեռանվտանգության ոլորտում ներդրումների գնահատման նպատակով առավել հաճախ հիշատակվող մոդելներից է Գոր-

դոն-Լոբբի ներդրումային մոդելը [1, 2], համաձայն որի՝ տեղեկատվական համակարգը բնութագրվում է երեք հիմնական պարամետրերով. առաջին՝ համակարգի խաթարման դեպքում λ դրամական կորուստները, երկրորդ՝ համակարգի խաթարմանն ուղղված սպառնալիքի ξ հավանականությունը, երրորդ՝ համակարգին բնորոշ խոցելիության ν հավանականությունը: Նշվածի հաշվառմամբ համակարգի խաթարմանն ուղղված սպառնալիքի հաջող իրականացման դեպքում սպասվելիք L կորուստները կհաշվենք $L = \xi \lambda$ բանաձևով, իսկ տեղեկատվական համակարգի խոցելիության մակարդակը նվազեցնելու համար կազմակերպության կողմից $z > 0$ դրամական միջոցների ներդրման դեպքում կունենանք ներդրումից հետո համակարգի $S(z, \nu)$ մնացյալ խոցելիության մակարդակը: Այս համատեքստում ներդրումից սպասվելիք եկամուտը, այսինքն՝ ներդրումից սպասվելիք կորուստների նվազեցումը կհաշվենք (1), իսկ սպասվելիք զուտ եկամուտը՝ (2) բանաձևով.

$$EB(z) = [\nu - S(z, \nu)]L, \quad (1)$$

$$ENB(z) = [\nu - S(z, \nu)]L - z, \quad (2)$$

որտեղ $[\nu - S(z, \nu)]$ -ն համակարգի խոցելիության մակարդակի նվազեցումն է:

Կիրառելով տանգուբության ապահովման նպատակով դիտարկենք նաև ներդրումների կատարման համար Գորդենի և Լոբբի կողմից առաջարկվող խոցելիության մակարդակի նվազեցման հետևյալ երկու ֆունկցիաները՝

$$S^I = \frac{\nu}{(az+1)^\gamma} \quad (a > 0, \gamma \in \mathbb{R}), \quad (3)$$

$$S^{II} = \nu^{az+1} \quad (a > 0): \quad (4)$$

Վերը նշվածի հաշվառմամբ կիրառելով տանգուբության ոլորտում ներդրում կատարելու նպատակով օպտիմալ սկզբնաժամկետով համապատասխան դինամիկ որոշման կայացումն ուսումնասիրելու համար ընդլայնենք Գորդոն-Լոբբի վերը դիտարկված մոդելը [1, 2]: Նախ՝ ընդունենք, որ անվտանգության խաթարմանն ուղղված ξ_t սպառնալիքը դրսևորվում է երկրաչափական բրոունյան շարժման նմանությամբ [4].

$$d\xi_t = \mu \xi_t dt + \sigma \xi_t dw_t, \xi(0) = x_0 > 0: \quad (5)$$

Եթե կազմակերպությունը անվտանգության ապահովման նպատակով ներդնի z գումար, ապա ներդրման արդյունքում խոցելիության նվազեցված մակարդակը կլինի $S(z, \nu)$: Հետևաբար, ներդրումից սպասվելիք եկամուտը, այսինքն՝ ներդրումից հետո սպասվելիք կորուստների նվազեցումը կհաշվվի $(\nu - S(z, \nu))\lambda \xi_t$ բանաձևով, որտեղ λ -ն անվտանգության խաթարմամբ պայմանավորված դրամական կորուստներն են, իսկ $(\nu - S(z, \nu))$ -ը՝ կազմակերպության տեղեկատվական համակարգի խոցելիության մակարդակի նվազեցումը: Ընդունենք, որ ν -ն և λ -ն ժամանակից ան-

կախ են, և ներդրումը կատարվում է միայն մեկ անգամ T^* պահին: Ուստի $S(z, v)$ -ն նույնպես ժամանակից անկախ է, իսկ $\pi(t) = (v - S(z, v))\lambda\xi_t$ եկամուտը ստացվում է ստոխաստիկ կերպով՝ վերածվելով երկրաչափական բրոունյան շարժման (հավասարում (5)), այսինքն՝

$$d\pi_t = \mu\pi_t dt + \sigma\pi_t dw_t, \pi(0) = \pi_0 \geq 0, \quad (6)$$

որտեղ $\mu \in R$ -ը շեղման (drift) գործակիցն է, $(\sigma > 0)$ -ը՝ տատանողականության (volatility) պարամետրը, dw_t -ն՝ վեներյան պրոցեսի աճը (փոփոխման քայլ)՝ զրո միջինով ու մեկի հավասար փոփոխականությամբ, $(r \geq 0)$ -ը՝ ոչ ռիսկային տոկոսադրույքը:

Քանի որ կազմակերպությունը ներդրում կատարելու հարցում ունի սպասելու հնարավորություն, ուստի ներդրման այսպիսի հնարավորությունը իրական օպցիոն է, իսկ ավելի ստույգ՝ ամերիկյան անվերջ քոլ օպցիոն [5]: Նշվածի համաձայն՝ ներդրման t պահին կազմակերպությունը կունենա.

$$W(t) = \frac{\pi_t}{r - \mu} - z : \quad (7)$$

Այս համատեքստում ներդրում կատարելու T^* օպտիմալ ժամանակը կարելի է ստանալ հետևյալ արտահայտության միջոցով [6, 7].

$$T^* = \inf\{t \geq t_0 \mid \pi_t \geq \pi^*\} : \quad (8)$$

Սա այն դեպքն է, երբ ներդրումից ստացվող եկամուտը հասնում է π^* օպտիմալ շեմին, որը սահմանվում է հետևյալ կերպ.

$$\pi^* = \frac{\beta}{\beta - 1} - (r - \mu)z, \quad (9)$$

որտեղ

$$\beta = \frac{1}{2} - \frac{\mu}{\sigma^2} + \sqrt{\left(\frac{1}{2} - \frac{\mu}{\sigma^2}\right)^2 + \frac{2r}{\sigma^2}} : \quad (10)$$

Այժմ դիտարկենք կանոնավոր իրական օպցիոնի մոդելը, որի դեպքում նախքան ներդրում կատարելն ակնկալվող ժամանակը հավասար կլինի [8].

$$ET = \begin{cases} 0 & \pi^* \leq \pi_0 \\ \frac{\ln\left(\frac{\pi^*}{\pi_0}\right)}{\mu - \frac{1}{2}\sigma^2} & \pi^* > \pi_0 \wedge \mu - \frac{1}{2}\sigma^2 > 0, \\ \infty & \pi^* > \pi_0 \wedge \mu - \frac{1}{2}\sigma^2 \leq 0: \end{cases} \quad (11)$$

Հետևաբար՝ տրված $\tau > 0$ ժամանակում ներդրում կատարելու հավանականությունը կարելի է ստանալ հետևյալ բանաձևով.

$$P(T^* \leq t_0 + \tau) = \max \left\{ 1, \Phi \left(\frac{\ln(\frac{\pi_0}{\pi^*(\sigma)}) + (\mu - \frac{1}{2}\sigma^2)\tau}{\sigma\sqrt{\tau}} \right) + \left(\frac{\pi^*(\sigma)}{\pi_0} \right)^{\frac{\mu}{\sigma^2} - 1} \Phi \left(\frac{\ln(\frac{\pi_0}{\pi^*(\sigma)}) - (\mu - \frac{1}{2}\sigma^2)\tau}{\sigma\sqrt{\tau}} \right) \right\}, \quad (12)$$

որտեղ Φ -ն ստանդարտ բնականոն բաշխմամբ պայմանավորված տիրույթ է: Վերը նշվածից երևում է, որ նույնիսկ կանոնավոր իրական օպցիոնի դեպքում (12)-ը պարզ բանաձև չէ: Ավելին՝ այն չունի անալիտիկ լուծում, քանի որ Φ -ն կարող է որոշվել միայն թվային կերպով: Ընդսմին՝ ժամանակի յուրաքանչյուր պահին ներդրում կատարելու հավանականությունը կարելի է հաշվել հետևյալ բանաձևով.

$$P(T^* < \infty) = \lim_{\tau \rightarrow \infty} P(T^* \leq t_0 + \tau): \quad (13)$$

2. Անորոշության ազդեցությունը ներդրում կատարելու վարքագծի վրա. Կիբեռանվտանգության ոլորտում առկա մեծ անորոշության հաշվառմամբ՝ տվյալ ոլորտում ներդրումային որոշումների կայացման վրա անորոշության ազդեցության գնահատումը էական նշանակություն ունի: Ուստի՝ կիբեռանվտանգության ոլորտի առանձնահատկությունների հաշվառմամբ դիտարկենք անորոշության ազդեցությունը ներդրում կատարելու վարքագծի վրա:

Այս համատեքստում, եթե տրված $\tau > 0$ ժամանակում ներդրում կատարելու հավանականությունը անորոշությանը զուգահեռ աճում է, ապա կարելի է եզրակացնել, որ աճող անորոշությունն արագացնում է ներդրում կատարելու հնարավորությունը: Հավանականության տեսության համաձայն՝ ներդրումը կարող է կատարվել միայն մեկ անգամ: Ուստի, նախքան τ ժամանակի ավարտը ներդրում կատարելու հավանականությունը հստակորեն սահմանված է: Քանի որ ներդրում կատարելու հավանականությունն ընկած է $[0,1]$ փակ միջակայքում, ապա կարելի է պնդել, որ տրված $\tau > 0$ ժամանակում ներդրում կատարելու հավանականությունը միշտ գոյություն ունի և հաշվելի է: Հետևաբար, նշված խնդրի տվյալ մեկնաբանության համաձայն՝ հնարավոր է չափել կիբեռանվտանգության ոլորտում ներդրում կատարելու հակվածությունը և որոշել ներդրում-անորոշություն հարաբերության նշանը անորոշության յուրաքանչյուր չափաբաժնի համար: Քանի որ հավանականությունը չափելի է, ուստի և հնարավոր է հաշվել ներդրում կատարելու հակվածության մասնակի ածանցյալը անորոշության յուրաքանչյուր չափաբաժնի համար [6-8]:

Նշվածի հաշվառմամբ՝ դիտարկենք այն դեպքը, երբ որոշում կայացնողն ունի կոնկրետ նախագծում $r > 0$ ոչ ռիսկային տոկոսադրույքով դիսկոնտավորելու և t_0 սկզբնական ժամանակում ներդրում կատարելու հնարավորություն, որտեղ ($z > 0$)-ը ներդրման ծախսերն են, իսկ π_t -ն՝ նախագծից ստացվող եկամուտը բոլոր ($t \geq t_0$)-ի համար: Քանի որ որոշում կայացնողը ներդրում կատարելիս ունի սպասելու հնարավորություն, ապա ներդրման հնարավորությունը դառնում է իրական օպցիոն: Հետևաբար՝ անորոշության բացակայության դեպքում որոշում կայացնողի համար

օպտիմալ լուծում է կիբեռանվտանգության ապահովման համար ներդրում կատարել $\overline{T^*}$ ժամանակում, որն արտահայտված է հետևյալ հավասարման միջոցով.

$$e^{-r\overline{T^*}} \left(\int_{\overline{T^*}}^{\infty} \pi(s) e^{-r(s-\overline{T^*})} ds - z \right) = \max_{t \in [t_0, \infty]} \{ e^{-rt} \left(\int_t^{\infty} \pi(s) e^{-r(s-t)} ds - z \right) \} : \quad (14)$$

Ստացվում է, որ $(\overline{T^*} > t_0)$ -ի դեպքում նախքան տրված $(\tau > t_0)$ ժամանակը ներդրում կատարելու հավանականությունը հավասար է զրոյի բոլոր $(\tau < \overline{T^*})$ -ի համար և հավասար է մեկի բոլոր $(\tau > \overline{T^*})$ -ի համար:

Այժմ ենթադրենք, որ դրամական հոսքերը (եկամուտները) անորոշ են, այսինքն՝ դրանք արտահայտված են որոշակի ստոխաստիկ պրոցեսով: Իրական օպցիոնների ոլորտում կատարված հետազոտությունների համաձայն՝ անորոշության պայմաններում արդյունավետ է ներդրում կատարել, երբ π_t -ն հասնում է որոշակի շեմի, որը կախված է ժամանակից: Ուստի՝ անորոշության պայմաններում ներդրում կատարելու օպտիմալ ժամանակը հավասար կլինի.

$$T^* = \inf\{t \geq t_0 \mid \pi_t \geq \pi_t^*\} : \quad (15)$$

Այս պայմաններում, տրված $\tau > 0$ ժամանակում ներդրում կատարելու հավանականությունը կունենա $P(T^* \leq t_0 + \tau)$ տեսքը, որի համար անհրաժեշտաբար գործում է $\forall (\tau > 0), 0 \leq P(T^* \leq t_0 + \tau) \leq 1$ պայմանը: Ուստի՝ եկամուտներում առկա անորոշությունը կարող է միայն մեծացնել նախքան տրված $\tau < \overline{T^*}$ ժամանակը ներդրում կատարելու հավանականությունը, մինչդեռ այն կարող է միայն նվազեցնել նախքան տրված $\tau > \overline{T^*}$ ժամանակը ներդրում կատարելու հավանականությունը:

Այժմ անդրադառնանք նախքան ներդրում կատարելը սպասվող ժամանակի վրա անորոշության ազդեցությանը: Եթե նախքան ներդրում կատարելը սպասվող ժամանակը անորոշությանը զուգընթաց աճում է, ապա կարելի է եզրակացնել, որ անորոշությունը պատճառ է դառնում ներդրում կատարելու հետաձգմանը: Եթե անվերջությունն ընդունենք որպես հավանական արժեք, ապա հավանականության տեսության համաձայն՝ ստացվում է, որ նախքան ներդրում կատարելը սպասվող ժամանակը հստակ որոշված է: Այսպիսով՝ նշված խնդրի տվյալ մեկնաբանությունը հնարավորություն է տալիս չափել ներդրում կատարելու հակվածությունը անորոշության յուրաքանչյուր չափաբաժնի համար: Սակայն նախքան ներդրում կատարելը սպասվող ժամանակի անվերջ լինելը դժվարացնում է քանակական եզրահանգումներ անել: Ավելին՝ կարելի է ասել, որ ներդրում-անորոշություն հարաբերության վերաբերյալ տվյալ մեկնաբանությունը կիրառելի չէ, եթե առկա է դրական հավանականություն, ինչը ցույց է տալիս, որ ներդրումը երբեք չի կատարվի [7, 8]:

Վերը նշվածի հաշվառմամբ՝ դիտարկենք անորոշության ազդեցությունը կիբեռանվտանգության ապահովման համար ներդրում կատարելու վրա: Այս համա-

տեքստում, աճող անորոշության դեպքում, ներդրում կատարելը ուղղակիորեն չի ազդում ներդրման ժամանակի վրա: Մասնավորապես, $\pi^*(\sigma)$ -ն ուղղակիորեն չի օգտագործվում ժամանակի չափման համար, այլ օգտագործվում է անուղղակի կերպով (11), (12) կամ (13) հավասարումների միջոցով: Այնուամենայնիվ, նույնիսկ կանոնավոր իրական օպցիոնի մոդելի դեպքում տրված τ ժամանակում ներդրում կատարելու հավանականությունը, ինչպես նաև նախքան ներդրում կատարելը սպասվող ժամանակը ոչ միայն անուղղակիորեն են կախված անորոշությունից՝ ներդրման π^* կրիտիկական մակարդակի միջոցով, այլ նաև ուղղակիորեն կախված են անորոշությունից: Հետևաբար, միայն ներդրման կրիտիկական մակարդակի վրա անորոշության ազդեցությունը իմանալով՝ չի կարելի պնդել, որ աճող անորոշությունը պատճառ է դառնում ներդրում կատարելու հետաձգմանը: Ուստի տվյալ մեկնաբանությունը թույլ չի տալիս չափել ներդրում կատարելու հակվածությունը, այսինքն՝ որոշել ներդրում-անորոշություն հարաբերության նշանը կամ հաշվել ներդրում կատարելու հավանականության մասնակի ածանցյալը անորոշության նկատմամբ: Ավելին՝ ներդրում կատարելու կրիտիկական մակարդակը ընդհանուր առմամբ կախված է $\pi^*(t)$ ժամանակից, ինչը խնդրահարույց չէր լինի, եթե ներդրում-անորոշություն հարաբերության նշանը նույնը լիներ $\forall t$ -ի համար:

Այժմ դիտարկենք անորոշության ազդեցությունը նախքան ներդրում կատարելը սպասվող ժամանակի վրա կամ՝ վերջավոր ժամանակում ներդրում կատարելու հավանականությունը: Եթե աճող անորոշությունը նվազեցնում է նախքան ներդրում կատարելը սպասվող ժամանակը կամ՝ եթե այն մեծացնում է հավանականությունը վերջավոր ժամանակում ներդրում կատարելու հավանականությունը, ապա կարելի է եզրակացնել, որ անորոշությունը հնարավորություն է տալիս ճշգրտել ներդրում կատարելու պայմանները: Ավելին՝ վերջավոր ժամանակում ներդրում կատարելու հավանականությունը միշտ գոյություն ունի, և այն միակն է: Նույնը վերաբերում է նաև նախքան ներդրում կատարելը սպասվող ժամանակին: Ուստի՝ տվյալ մեկնաբանությունը թույլ է տալիս անորոշության յուրաքանչյուր չափաբաժնի համար չափել ներդրում կատարելու հակվածությունը [7, 8]:

Այս դեպքում պարզ է դառնում, որ աճող անորոշությունը նվազեցնում է ներդրում կատարելու հակվածությունը: Ուստի տվյալ մեկնաբանությունը թույլ է տալիս որոշել ներդրում-անորոշություն հարաբերության նշանը անորոշության յուրաքանչյուր չափաբաժնի համար, և այն կախված չէ որևէ լրացուցիչ պարամետրից: Տվյալ մեկնաբանությունը հնարավորություն է տալիս չափել անորոշության ազդեցությունը ներդրում կատարելու հակվածության վրա երկու տարբեր միավորներով: Նախքան ներդրում կատարելը սպասվող ժամանակը չափվում է ժամանակահատվածներով, մինչդեռ վերջավոր ժամանակում ներդրում կատարելու հավանականու-

թյունը անչափելի է: Ավելին՝ որքան մեծ է նախքան ներդրում կատարելը սպասվող ժամանակը, այնքան փոքր է ներդրում կատարելու հակվածությունը, մինչդեռ որքան մեծ է վերջավոր ժամանակում ներդրում կատարելու հավանականությունը, այնքան մեծ է ներդրում կատարելու հակվածությունը: Ստացվում է, որ ներդրում կատարելու հակվածության մասնակի ածանցյալը անորոշության նկատմամբ հստակ սահմանված չէ: Մասնավորապես, մասնակի ածանցյալը գոյություն չունի, երբ վերջավոր ժամանակում ներդրում կատարելու հավանականությունը հավասար է մեկի, և նախքան ներդրում կատարելը սպասվող ժամանակը անվերջ է, քանի որ դա կանոնավոր իրական օպցիոնի այն դեպքն է, երբ $\sigma = \sqrt{2\mu}$: Ուստի՝ տվյալ մեկնաբանությունը կիրառելիս ներդրում կատարելու հակվածության մասնակի ածանցյալը անորոշության նկատմամբ կարելի է, լավագույն դեպքում, որոշել հատվածային կերպով:

Եզրակացություն. Կիբեռանվտանգության ոլորտում առկա անորոշության պայմաններում ներդրումային որոշումների կայացումը բարդ և ստոխաստիկ գործընթաց է, ուստիս ենթադրում է որոշումների կայացման ավելի ճկուն և կայուն (ոռբաստ) մոդելների մշակում: Այս համատեքստում ներդրումային նախագծերի կառավարման և ներդրումային արդյունավետ որոշումների կայացման դեպքում էական նշանակություն ունի ներդրում կատարելու կրիտիկական մակարդակի, ինչպես նաև նախքան ներդրում կատարելը սպասվող ժամանակի վրա անորոշության ազդեցության գնահատումը:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Gordon L.A., Loeb M.P.** The Economics of Information Security Investment // ACM Transactions on Information and System Security. - 2002. - Vol. 5, N. 4. - P. 438-457.
2. **Gordon L.A., Loeb M.P.** Managing Cybersecurity Resources: A Cost-Benefit Analysis. The McGraw-Hill Homeland Security Series. - 2006. - 224 p.
3. **Գրիգորյան Ա.Հ.** Կիբեռանվտանգության ոլորտում ներդրումների մոդելավորումը մեծ անորոշության պայմաններում // «Հայկական բանակ». - 2016. - Հտ. 88, հմ. 2. - Էջ 97-102:
4. **Karatzas I., Shreve S.E.** Brownian Motion and Stochastic Calculus.- 2nd Ed. 6th Printing. - New York: Springer-Verlag, 1998. – 496 p.
5. **Ting S.H.M., Ewald C.O., Wang W.K.** On the Investment–Uncertainty Relationship in a Real Option Model with Stochastic Volatility // Mathematical Social Sciences. - 2013. - Vol. 66, N. 1. - P. 22–32.
6. **Dixit A.K., Pindyck, R.S.** Investment under Uncertainty. - Princeton: Princeton University Press, 1994. - 476 p.
7. **Sarkar S.** On the Investment-Uncertainty Relationship in a Real Options Model // Journal of Economic Dynamics and Control. – 2000. - Vol. 24, N. 2. - P. 219–225.

8. **Wong K.P.** The Effect of Uncertainty on Investment Timing in a Real Options Model // Journal of Economic Dynamics and Control. - 2007. - Vol. 31, N. 7. - P. 2152–2167.

Ազգային անվտանգության քաղաքականության և տեղեկատվական – հաղորդակցային տեխնոլոգիաների կենտրոն: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 07.11.2016:

Ա.Գ. ГРИГОРЯН

ОТНОШЕНИЕ ИНВЕСТИЦИЯ-НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ В КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ

Представлено моделирование принятия динамических инвестиционных решений для обеспечения кибербезопасности в условиях неопределенности путем расширения инвестиционной модели Гордона-Лоеба. Показано, что, учитывая неопределенность в среде кибербезопасности, существенное значение имеет оценка ее влияния на принятие инвестиционных решений. Рассматривается влияние неопределенности на поведение инвесторов с разных аспектов.

Ключевые слова: кибербезопасность, реальный опцион, инвестиция, неопределенность, отношение инвестиция-неопределенность.

A.H. GRIGORYAN

INVESTMENT-UNCERTAINTY RELATIONSHIP IN CYBERSECURITY

Modeling of dynamic investment decision-making for defining the cybersecurity under ambiguity by expanding the Gordon-Loeb investment model is introduced. It is shown, that given the uncertain environment of cybersecurity, the assessment of the impact of uncertainty on investment decision-making is significant. Different viewpoints regarding the impact of uncertainty on the investment behaviour is presented.

Keywords: cybersecurity, real option, investment, uncertainty, investment-uncertainty relationship.

L.G. KIRAKOSYAN, KH. A. NAZARETYAN

**THE CLOUD SYSTEM DEPLOYMENT AND MANAGEMENT IN
NATIONAL POLYTECHNIC UNIVERSITY OF ARMENIA**

Having a strong cloud system that can both have high performance and be scalable to future needs is very important to any company. These two criteria are not the only ones that should be considered when deploying such a big project. Many different factors should also be considered such as redundancy, reliability, etc. Being one of the largest universities of Armenia and an institution meeting high computing demands, the cloud system has been deployed in National Polytechnic University of Armenia using the latest available technologies (CloudStack for management, Ceph for storage etc.) to meet all the necessary requirements of reliability and high performance.

Keywords: cloud, cloudstack, ceph, reliability, scalability, redundancy, management.

Introduction to cloud computing. The fact that cloud computing has been one of the fastest growing solutions for big companies is given. The reason behind this somewhat new technology's fast growth is not only how it manages to make a given file/storage available anywhere, but also reduces workload on servers by managing those resources [1].

Per the official NIST (National Institution of Standards and Technologies) definition, "cloud computing is a model for enabling ubiquitous, convenient, on-demand network access to a shared pool of configurable computing resources (e.g., networks, servers, storage, applications and services) that can be rapidly provisioned and released with minimal management effort or service provider interaction" [2]. As cloud computing developed, it started to be used for many different reasons: starting from an individual person to big corporations, from educational to scientific purposes.

Many types of cloud computing exist. First, we need to divide these types into two main groups:

- Based on location (cloud models);
- Based on services (cloud service models).

1. **Cloud computing based on its location.** There are four types of cloud computing based on location:

- Public;
- Private;

- Hybrid;
- Community cloud.

Public cloud. The idea behind public cloud is that it is provided by a public company to many customers. That is, the customer does not have physical access to it.

Private cloud. This type of cloud is deployed by a private organization/ customer. Although it is still available from the public network, it is not shared to any other party. Still, the private cloud's servers can be deployed by a public cloud company, with restricted permission only to the given organization/customer.

Hybrid cloud. Hybrid cloud is a combination of a private cloud platform with a public cloud provider. The idea behind this implementation is to put sensitive information on the private cloud, while placing all the other dependent data on to the public cloud. The communication between the two are handled via encrypted channel, thus making sure that all the flowing information is safe. Hybrid also helps to reduce the response time. If all the data were on public network handled by ISP, information flow obviously would be much slower, as it would need to travel longer distances back and forth.

It is often confused how these two clouds work together. One thing that should be clear is that private and public cloud systems are independent from each other in a hybrid cloud. They are interconnected by cloud software. This makes sure that the core purpose of hybrid cloud is intact, which is to separate sensitive data from dependent data, creating faster and more secure workload.

Community cloud. Community cloud's name explains its purpose. This is a cloud that is shared between several organizations/customers. For example, community cloud can be used by country's government for a general electronic document flow.

2. Cloud computing based on its provided services. There are three main types of cloud computing based on provided service:

- IaaS (Infrastructure as a service);
- SaaS (Software as a service);
- PaaS (Platform as a service).

IaaS. Infrastructure as a Service (IaaS) is a way of delivering Cloud Computing infrastructure – servers, storage, network and operating systems – as an on-demand service. Rather than purchasing servers, software, datacenter space or network equipment, clients instead buy those resources as a fully outsourced service on demand [3].

Software as a service is a software licensing and delivery model in which software is licensed on a subscription basis and is centrally hosted [4]. SaaS is typically accessed by users using a thin client via a web browser. SaaS has become a common delivery model for many business applications, including office and

messaging software, payroll processing software, DBMS software, management software, CAD software, development software, gamification-, virtualization, accounting, collaboration, customer relationship management (CRM), management information systems (MIS), enterprise resource planning (ERP), invoicing, human resource management (HRM), talent acquisition, content management (CM), antivirus software, and service desk management.

PaaS. Platform as a Service (PaaS) brings the benefits that SaaS brought for applications, but over to the software development world. PaaS can be defined as a computing platform that allows the creation of applications quickly and easily and without the complexity of buying and maintaining the software and infrastructure underneath it.

Given task: Building IAAS using NPUA resources. As already mentioned, cloud computing is used not only in big companies and corporations, but also in educational and scientific fields. Every educational organization can benefit from deploying a cloud based system to build bigger tasks and implement different technologies. National Polytechnic University of Armenia (NPUA) has a set of new resources (servers, network storages, laboratories with high end computers), which has been decided to be built into cloud based infrastructure as a service to be able to provide new solutions for many different educational and research challenges. Before deploying any cloud based service several factors should be considered first:

- Security;
- Scalability;
- Performance;
- Reliability;
- Management.

To have a cloud based infrastructure as a service in National Polytechnic University of Armenia, which considers all the above-mentioned factors, a set of servers has been deployed. First, to provide security and shield cloud - based network the from the university's local network, a set of VLAN has been created for management, storage, local network and public network. Also, some of this VLAN's are interconnected to provide high performance both for storage network and management. An example of cloud network is given below (Fig. 1).

systems help to resolve this issue. Ceph bypasses this by adding an additional layer, which manages blocks. This layer is called RADOS. The layer itself consists of two components: first of them is the Object Store Device (OSD), where each individual disk belongs to file-system's cluster. When the user needs to write, or read any data, the communication is held by this component. The other component is monitoring component, which handles OSDs. So, the principle is simple: it does not matter how many servers or hard disks are used to store the information. The only thing that the user will see is the interface the data is stored on, and it will always be the same intact one [5].

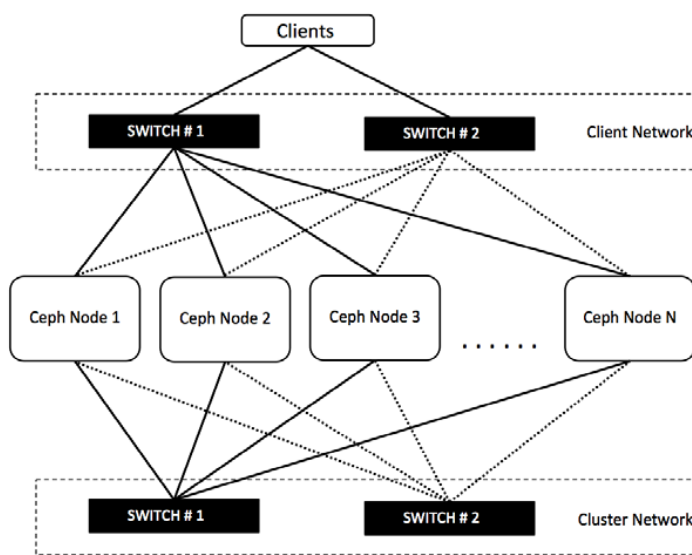


Fig. 2. Ceph object storage system

Besides having its centralized server, Ceph also needs to have its clients installed on the hypervisors for them to be able to write/read on the network storage. As already mentioned, the storage also has its own VLAN to eliminate security problems and most of all to have steady high performance.

To manage cloud services, two types of technologies have been compared: CloudStack and OpenStack. Both CloudStack and OpenStack are open source software platforms for IaaS that offer cloud orchestration architectures used to make the management of cloud computing easier and more efficient [6]. OpenStack uses multiple components for managing different cloud services which requires additional resources. The CloudStack provides a single point of management and it is easier and faster to provision cloud infrastructure with CloudStack.

CloudStack. Initially developed by Cloud.com, CloudStack was purchased by Citrix then later released into the Apache Incubator program. It is now governed by the Apache Software Foundation and supported by Citrix. Since the Apache transition, other vendors have also joined the efforts by enhancing and adding core capabilities to the core software. The first stable version of CloudStack was released in 2013 [7].

1. **Unique Features:** The latest version of CloudStack includes commendable features such as storage independent compute and new security features that enable admins to create security zones across different regions. Its features enable a day-to-day use and resource availability.

2. **Smooth Deployment:** The installation of CloudStack is quite streamlined. In a normal setup, only one VM would run the CloudStack management server while another VM acts as the de facto cloud infrastructure. From a deployment and testing perspective, the whole platform can be deployed on one physical host, which has been used as an advantage for our deployment.

3. **Scalability:** CloudStack has been designed for centralized management and massive scalability; enabling the effective management of numerous geographically distributed servers from a single portal.

4. **Multi Hypervisor support:** The CloudStack software supports multiple hypervisors, which are the following [8]:

- Windows server 2012 R2 (with Hyper-V Role enabled);
- Hyper-V 2012 R2;
- CentOS 6.2 with KVM;
- Red Hat enterprise Linux 6.2 with KVM;
- XenServer 6.0.2 (with Hotfix);
- XenServer versions 5.0, 5.1 and 5.5.

5. **Detailed Documentation**

6. **Interactive Web UI:** CloudStack has a polished and advanced web interface that makes it more user friendly.

Overall, the university's cloud computing system has the following look: Hypervisors, located in the laboratory, connect to the server (which is in server room) via switches, which themselves are connected to the server's switch via optic cable, thus providing a possibility for high bandwidth loads. They read/write information from the storage clusters, configured using Ceph, which provides security and reliability. Storage clusters themselves are configured via Admin node. All cloud services are managed via redundant centralized management server, which itself runs on CloudStack (Fig. 3).

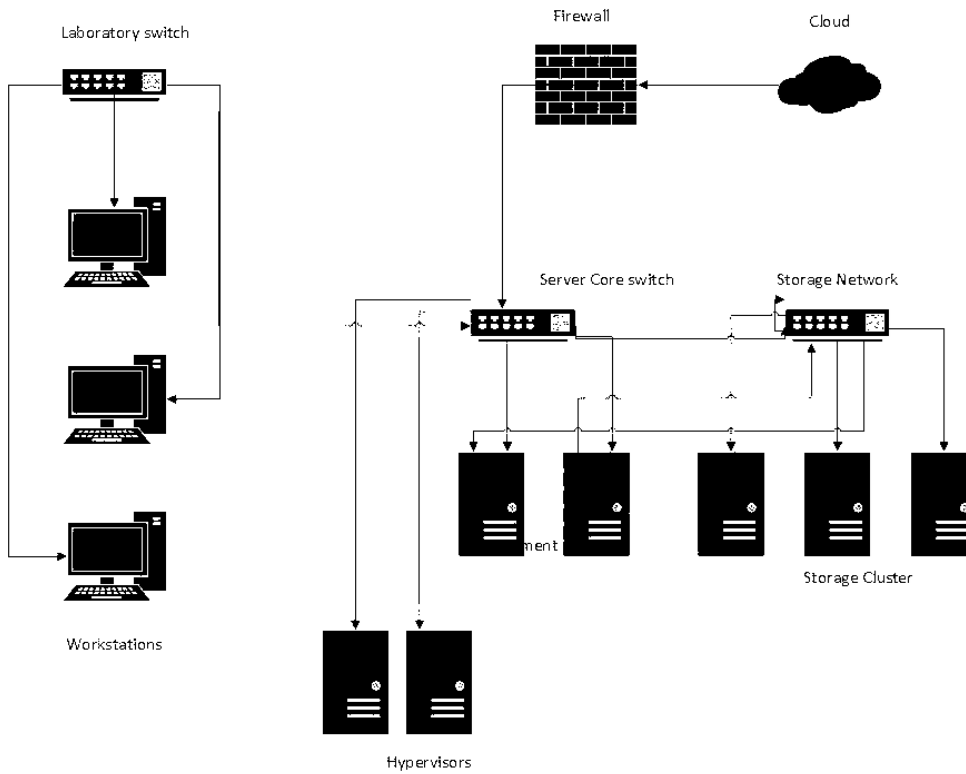


Fig. 3. NPUA cloud infrastructure

This architecture will provide a high performing and scalable system, to provide students and researchers with a place where they can deploy all their developments and run different tests and analytics for their projects.

Conclusion

- Cloud computing is the most popular solution at this moment, thus deploying one is crucial for academic and research projects;
- Cloud computing can provide many different approaches depending on the needs;
- Cloud storages managed with Ceph technology provides high read/write speeds and reliability;
- Cloud computing management is very important to be able to provide service continuity. This has been achieved using CloudStack.

REFERENCES

1. A view of cloud computing / **M. Armbrust, A. Fox, R. Griffith, et al.** Commun ACM.- 2010.- 53(4).- P. 50–58.
2. <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-145/SP800-145.pdf>
3. <http://diversity.net.nz/wp-content/uploads/2011/01/Moving-to-the-Clouds.pdf>
4. http://netforbeginners.about.com/od/s/f/what_is_SaaS_software_as_a_service.htm
5. [https://en.wikipedia.org/wiki/Ceph_\(software\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Ceph_(software))
6. <https://www.getfilecloud.com/blog/2014/02/a-game-of-stacks-openstack-vs-cloudstack/#.Vsr8-Jx96Uk>
7. <https://cloudstack.apache.org/history.html>
8. <http://cloudstack-release-notes.readthedocs.org/en/latest/compat.html>

National Polytechnic University of Armenia. The material is received 03.07.2016.

Լ.Գ. ԿԻՐԱԿՈՍՅԱՆ, Խ.Ա. ՆԱԶԱՐԵԹՅԱՆ

ԱՄՊԱՅԻՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ՏԵՂԱԿԱՅՈՒՄՆ ՈՒ ԿԱՌԱՎԱՐՈՒՄԸ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆՈՒՄ

Յուրաքանչյուր ընկերության համար կարևոր է ունենալ հզոր ամպային համակարգ՝ բարձր թողունակությամբ և ընդլայնման հնարավորությամբ: Բացի դրանցից, կարևորվում են այլ հատկանիշներ ևս, ինչպիսիք են, օրինակ, հուսալիությունը, անխափան աշխատանքը և այլն: Հաշվի առնելով, որ Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանը Հայաստանի ամենախոշոր բուհերց մեկը՝ համակարգչային մեծ ռեսուրսների կարիք ունի, համալսարանում ստեղծվել է ամպային համակարգ՝ կիրառելով նորագույն տեխնոլոգիաները (CloudStack ղեկավարման համար, Ceph տվյալների պահպանման համար և այլն), բավարարելու համար բոլոր անհրաժեշտ պահանջները, ինչպիսիք են հուսալիությունը և բարձր թողունակությունը:

Առանցքային բառեր. ամպ, cloudstack, ceph, հուսալիություն, ընդլայնում, անխափան աշխատանք, կառավարում:

Л.Г. КИРАКОСЯН, Х.А. НАЗАРЕТЯН

РАЗВЁРТЫВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ОБЛАЧНОЙ СИСТЕМОЙ В НАЦИОНАЛЬНОМ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ АРМЕНИИ

Для любой компании важно иметь мощную облачную систему с высокой пропускной способностью и широкими возможностями. Кроме того, важное значение придается таким свойствам, как, например, надежность, безотказная работа и др. Учитывая, что Национальный политехнический университет Армении, являющийся одним из крупнейших вузов Армении, имеет большую потребность в вычислительных ресурсах, в университете была создана облачная система с применением новейших технологий (CloudStack для управления, Ceph для хранения и т.д.) с целью удовлетворения всех необходимых требований, таких как надежность и высокая пропускная способность.

Ключевые слова: облако, CloudStack, Ceph, надежность, масштабируемость, безотказная работа, управление.

ՄԻՀՐԱՆ ՍՏԱԿՅԱՆ
(ծննդյան 75-ամյակի կապակցությամբ)

Լրացավ տեխն. գիտ. դոկտոր, պրոֆեսոր **Միհրան Գրիգորի Ստակյանի** ծննդյան 75-ամյակը:



Միհրան Ստակյանի գիտակցական ամբողջ կյանքն անխզելիորեն կապված է Պոլիտեխնիկականի հետ: 1962թ. ավարտելով բուհը՝ մինչ օրս աշխատում է մեքենագիտության ամբիոնում, անցնելով գիտամանկավարժական գործունեության բոլոր փուլերը՝ ասիստենտից մինչև պրոֆեսոր, ամբիոնի վարիչ, ուսումնական մասի պետ: 1968 թ. պաշտպանել է թեկնածուական, իսկ 1997թ.՝ դոկտորական ատենախոսությունները:

Որպես հմուտ մանկավարժ և հետազոտող՝ Մ. Ստակյանն անընդմեջ դասավանդում է մեքենագիտության բնագավառի ուսումնագիտական և հետազոտական ուղղվածությամբ մի շարք դասընթացներ՝ տասնամյակների ընթացքում դառնալով առաջատար դասախոս մեքենաների նախագծման հիմունքների գծով:

Մ.Գ. Ստակյանի աշխատանքային ողջ գործունեությունը նվիրված է ՀՀ բարձրագույն կրթության գիտակրթական գործընթացների կատարելագործման և տեխնիկական համակարգերի հուսալիության բարձրացման հիմնախնդիրների լուծմանը: Դեռևս անցյալ դարի 90-ական թվականներից նա ակտիվորեն մասնակցել է ՀՀ բարձրագույն մասնագիտական կրթությունը Եվրոպական չափանիշներին համապատասխանեցնելու և Բոլոնիայի գործընթացին համահունչ բազմաստիճան կրթական համակարգ ստեղծելու աշխատանքներին, գործընթաց, որն ԱՊՀ անդամակից երկրներում առաջիններից էր: 1991-98թթ. վարել է Հայաստանի պետական ճարտարագիտական համալսարանի (ՀՊՀՀ) ուսումնամեթոդական վարչության պետի պաշտոնը, իսկ 1998-2000թթ. աշխատանքի է անցել ՀՀ ԿԳ նախարարությունում որպես նախարարի տեղակալ և նույն գործունեությունը ծավալել ՀՀ բուհական համակարգում: Նրա ակտիվ մասնակցությամբ ՀՀ Ազգային Ժողովում քննարկվել և հաստատվել է ՀՀ «Կրթության մասին» օրենքը: Մեծ է նրա ներդրումը նաև ՀՀ «Բարձրագույն և հետբուհական կրթության մասին» օրենքի

ձևակերպման աշխատանքներում: 1998-2001թթ. վարել է ԱՊՀ անդամակից երկրների Միջկառավարական ենթահանձնաժողովի նախագահի պաշտոնը բարձրագույն կրթության բարեփոխման և ինտեգրման հարցերի գծով, և նրա անմիջական մասնակցությամբ մշակվել ու հաստատվել են կրթական փաստաթղթերի համարժեքության և փոխադարձ ճանաչման ՀՀ պայմանագրեր 6 տարբեր պետությունների հետ, ինչպես նաև կրթական համակարգի նորմատիվ-իրավական դաշտը կարգավորող այլ փաստաթղթեր:

Մ.Գ. Ստալյանի աշխատանքային գործունեության հիմնական մասն են կազմում գիտական հետազոտությունները՝ նվիրված ինժեներական կոնստրուկցիաների և սարքավորումների աշխատունակության և տեխնիկական գործընթացների արդյունավետության ուսումնասիրությանը՝ նպատակաուղղված նույն օբյեկտների և երևույթների հուսալիության մակարդակի բարձրացմանը: Դեռևս 1970-ական թվականներին Մ.Գ. Ստալյանը մեքենագիտության ամբիոնում ուսանողներից, ասպիրանտներից և դասախոսներից ձևավորել է հետազոտական խումբ և ստեղծել փորձարարական լաբորատորիա՝ կիրառելով հետազոտությունների կազմակերպման և արդյունքների մշակման արդի միջոցներ: 2005-2012թթ. ղեկավարել է նշված թեմատիկային վերաբերող պետությունների ֆինանսավորմամբ գիտական նախագծեր:

Նրա հետազոտական գործունեությանը բնորոշ է առաջադրվող խնդիրների լուծման համալիր մոտեցումը՝ խնդրի հիմնավորումը, դրա ֆիզիկական և մաթեմատիկական մոդելների մշակումը, գիտափորձի մեթոդաբանության ստեղծումը և իրականացումը, փորձարարական տեխնիկայի, չափիչ-ստուգիչ սարքերի նախագծումը և կատարելագործումը, մաթվիճակագրության ժամանակակից մեթոդներով փորձի արդյունքների մշակումը, խնդրի ծրագրային ապահովումը, կոնստրուկտորական գործունեությունում և արտադրությունում առաջադրվող հաշվարկային մեթոդների և տեխնոլոգիական գործընթացների ներդրումը: Մ. Ստալյանի գիտական հետաքրքրությունների շրջանակում են ծայրահեղ պայմաններում աշխատող հանգույցների և մեքենամասերի հոգնածային դիմադրության և ճաքակայունության հաշվարկային մեթոդների մշակման, հոգնածային լավարկված գիտափորձի մեթոդաբանության ստեղծման, ճաքագոյացման և ճաքազարգացման մեխանիզմների ուսումնասիրման, հոգնածային փորձարկումների և ճաքերի ուսումնասիրման համար անհրաժեշտ սարքավորման նախագծման, գիտափորձի մաթեմատիկական և ծրագրային ապահովման, նոր տեխնոլոգիական գործընթացների մշակման հիմնահարցերը, որոնց լուծմամբ կարելի է հասնել մեքենաշինական արտադրանքի և տրանսպորտային միջոցների նյութատարության նվազեցմանը:

Մ.Գ. Ստալյանը 276 գիտական աշխատությունների հեղինակ (համահեղինակ) է, այդ թվում՝ 11 ՌԴ և ՀՀ արտոնագրեր, 7 մենագրություններ և 26 գիտամեթոդական աշխատանքներ: Նա կազմակերպել է 10 և ելույթներ ունեցել 320-ից ավելի հանրապետական և միջազգային գիտաժողովներում: Նրա գիտական ղեկավարությամբ պաշտպանվել են դիպլոմավորված մասնագետների և բակալավրական 80-ից ավելի ավարտական աշխատանքներ, մագիստրոսական թեզեր, 20 թեկնածուական ատենախոսություններ: Մ. Ստալյանը հանդես է եկել որպես 7 թեկնածուական և 8 դոկտորական ատենախոսու-

թյունների գիտական խորհրդատու և պաշտոնական ընդդիմախոս: 1996 թվականից ՀՀ ԲՈՀ-ի գիտական աստիճաններ շնորհող թ. 032 մասնագիտական խորհրդի անդամ է:

Սկսած 1978 թվականից՝ Մ. Ստակյանը արդյունավետ գործունեություն է ծավալել նաև ՀՀ գիտատեխնիկական հանդեսների և ժողովածուների խմբագրական կազմերում: Այժմ նա երեք գիտատեխնիկական հանդեսների գլխավոր խմբագրի տեղակալ է, երկուսում՝ խմբագրական կազմի անդամ (ՀՀԳԱԱ և ՀԱՊՀ Տեղեկագիր. ՏԳ սերիա հանդեսի խմբագրական կազմի անդամ է 1976թ.-ից, իսկ մինչև 2006թ.-ը եղել է գլխավոր խմբագրի տեղակալ):

Պրոֆ. Մ. Ստակյանը ընդգծված բարյացակամ վերաբերմունք ունի իր գործընկերների և ճարտարագիտական բնագավառի մասնագետների, հատկապես երիտասարդ գիտաշխատողների նկատմամբ, պատրաստ՝ աջակցելու նրանց գիտամեթոդական աշխատանքներում, ներդնելով գիտափորձի կազմակերպման և իրականացման, ինչպես նաև բազմամյա խմբագրական գործունեության իր փորձառությունը: Լինելով ճարտարագիտական լայն մտահորիզոնով գիտնական և միշտ հետևելով իր և հարակից ոլորտների նորություններին՝ նա կարողանում է ճիշտ կողմնորոշվել և լավարկային լուծման տարբերակներ առաջադրել մասնագիտական հիմնախնդիրների լուծման գործընթացներում:

Մ. Ստակյանը Հայաստանի ճարտարագիտական ակադեմիայի (ք. Երևան) և Ուկրաինայի Տեխնոլոգիական ակադեմիայի (ք. Օդեսա) իսկական, իսկ Միջազգային ճարտարագիտական ակադեմիայի (ք. Մոսկվա)՝ թղթակից անդամ է: 1998-2016 թթ. ընթացքում արժանացել է ՀԱՊՀ, ՀՀ ԿԳ նախարարության, ինչպես նաև ՌԴ հետազոտական կազմակերպությունների մի շարք պատվոգրերի և հուշամեդալների:

Պրոֆ. Մ. Ստակյանն իր 75-ամյակն է թևակոխում ստեղծագործական վերելքի պայմաններում և շարունակում է ղեկավարել իր հետազոտական խմբի աշխատանքները՝ դրանում ներգրավելով նորանոր երիտասարդ գիտաշխատողների:

Շնորհավորում ենք Միհրան Գրիգորի Ստակյանին հոբելյանի կապակցությամբ, ցանկանում քաջառողջություն, երկարակեցություն և ստեղծագործական նորանոր հաջողություններ:

**«ՀՀ ԳԱԱ և ՀԱՊՀ Տեղեկագիր.
Տեխնիկական գիտությունների սերիա»
հանդեսի խմբագրական խորհուրդ**

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

ՓԱՆՈՍՅԱՆ Ժ.Ռ., ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ Գ.Պ., ՄԵՎՈՅԱՆ Զ.Ս.

ՈՒՍՈՒՄՆԱՎԱՐԺԱՆՔԱՅԻՆ ԱԿԱՆՆԵՐԻ ՀԵՌԱԿԱՌԱՎԱՐՄԱՆ ՀԱՄԱՊԻՏԱՆԻ ԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵՏ ՀԱՄԱԿԱՐԳ..... 337

ԱՂԲԱԼՅԱՆ Ս.Գ., ՎԱՍԻԼՅԱՆ Գ.Ա., ՄԱՐԳՍՅԱՆ Ա.Ռ.

ՊՂՆՁԻ ՀԻՄՔՈՎ ԴԻՍՊԵՐՍ ԿԱՐԾՐԱՅՈՂ ԵՎ ՊՂՆՁՅԱ ԹԵԼՔԵՐՈՎ ԱՄՐԱՆԱՎՈՐՎԱԾ ՓՈՇԵԿՈՄՊՈԶԻՏԱՅԻՆ ՆՅՈՒԹԵՐԻ ԶԵՐՄԱՅԻՆ ՄՇԱԿՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ..... 344

ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ Գ.Պ., ՓԱՆՈՍՅԱՆ Ժ.Ռ., ՄԵՎՈՅԱՆ Զ.Ս.

ԿԱՐԿՈՒՏԻՑ ՊԱՇՏՊԱՆՎԱԾ ԱՐԵՎԱՅԻՆ ԼՈՒՍԱԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵՏ ՄՈՂՈՒԼԻ ՊԱՏՐԱՍՏՄԱՆ ՆՈՐ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱ..... 354

ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ Լ.Ս., ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ Ռ.Գ.

ԱՐՏԱՔԻՆ ՕԴԻ ՊԱՐԱՄԵՏՐԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ԵՐԵՎԱՆԻ ՀԱՄԱԿՑՎԱԾ ՇՈԳԵԳԱԶԱՅԻՆ ՑԻԿԼՈՎ ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՅԱՆԻ ԷՆԵՐԳԵՏԻԿԱԿԱՆ ՑՈՒՑԱՆԻՇՆԵՐԻ ՎՐԱ..... 363

ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ Ծ.Ս., ՄԻՐԱՂԵՂՅԱՆ Ս.Ա., ԿԻՐԱԿՈՍՅԱՆ Ռ.Գ.

ՀԵՌԱՀԱՂՈՐԴԱԿՑԱԿԱՆ ՑԱՆՑԵՐՈՒՄ ՄԵՔԵՆԱՑԱԿԱՆ ՈՒՍՈՒՑՄԱՆ ՄԻՋՈՑՈՎ ԱՆՈՄԱԼԻԱՆԵՐԻ ՀԱՅՏՆԱԲԵՐՄԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ՆԱԽԱԳԾՈՒՄԸ..... 373

ՄԵԼԻՔՅԱՆ Վ.Շ., ԽԱԺԱԿՅԱՆ Տ.Ռ., ՀԱՆՎԵՐԴՅԱՆ Տ.Ա., ՄԱՆՈՒԿՅԱՆ Ս.Հ.

ՏԱՐԲԵՐ ՀԱՃԱԽԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐՈՎ ՏԱԿՏԱՎՈՐՎՈՂ ԹՎԱՅԻՆ ՄԽԵՄԱՆԵՐԻ ՀԱՄԱԶԱՅՆԵՑՄԱՆ ԵՂԱՆԱԿ..... 381

ԽՈՒԴԱՎԵՐԴՅԱՆ Ս.Խ., ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ Ս.Գ., ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ Տ.Ս.,

ՄԵՀՐԱՔՅԱՆ Ն.Բ.

ՄՊԵԿՏՐԱԼՈՒՄԱԶՈՓԱԿԱՆ ՀՆԱՐԱՎՈՐՈՒԹՅԱՄԲ ՄԻԼԻՑԻՈՒՄԱՅԻՆ ԵՐԿԱՐԳԵԼՔ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔ..... 393

ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ Ա.Գ., ՄԽԻԹԱՐՅԱՆ Լ.Լ.

ՀԱՄԱԿՑԱԿԱՆ ՄԽԵՄԱՆԵՐԻ ՏԱՐԲԵՐԻ ՏԵՂԱԲԱՇԽՈՒՄԸ ՇՂԹԱՆԵՐԻ ԿԱՐԵՎՈՐՈՒԹՅԱՆ ՀԱՇՎԱՌՄԱՄԲ..... 403

ԱԶՈՅԱՆ Ս.Ս.

ԳԵՐԲԱՐՁՐ ՀԱՃԱԽՈՒԹՅԱՄԲ ԿԻՍԱՀԱՂՈՐԴԱՅԻՆ ԲԱԶՄԱՊԱՏԿԻՉՆԵՐԻ ԵՎ ՀԱՐՄՈՆԻԿԱՅԻ ԱՎՏՈԳԵՆԵՐԱՏՈՐՆԵՐԻ ՓՈՐՁԱՐԱՐԱԿԱՆ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ..... 413

ՄԻՍՈՆՅԱՆ Ս.Հ.

ՄԻԱՊԱՐԱՄԵՏՐԱԿԱՆ ՔԱՌԱԿՈՒՄԻ ՄԱՏՐԻՑԱՅԻՆ ՀԱՎԱՍԱՐՈՒՄՆԵՐԻ ԼՈՒԾՄԱՆ ՀԻՊԵՐՄԱՏՐԻՑԱ-ԲԼՈԿԱՅԻՆ ԹՎԱ-ԱՆԱԼԻՏԻԿ ՄԵԹՈԴ..... 422

ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ Ա.Հ.

ՆԵՐԴՐՈՒՄ-ԱՆՈՐՈՇՈՒԹՅՈՒՆ ՀԱՐԱԲԵՐՈՒԹՅՈՒՆԸ ԿԻԲԵՌԱՆՎՏԱՆԳՈՒԹՅԱՆ ՈԼՈՐՏՈՒՄ..... 431

ԿԻՐԱԿՈՍՅԱՆ Լ.Գ., ՆԱԶԱՐԵԹՅԱՆ Խ.Ա.

ԱՄՊԱՅԻՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ՏԵՂԱԿԱՅՈՒՄՆ ՈՒ ԿԱՌԱՎԱՐՈՒՄԸ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆՈՒՄ..... 439

ՄԻՀՐԱՆ ՍՏԱԿՅԱՆ

(ծննդյան 75-ամյակի կապակցությամբ)..... 447

СОДЕРЖАНИЕ

ПАНОСЯН Ж.Р., ВАРДАНЯН Г.П., СЕВОЯН Д.С. ЭФФЕКТИВНАЯ УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНАЯ УНИВЕРСАЛЬНАЯ СИСТЕМА ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ МИНАМИ	337
АГБАЛЯН С.Г., ВАСИЛЯН Г.А., САРКИСЯН А.Р. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДИСПЕРСНО ТВЕРДЕЮЩИХ И АРМИРОВАННЫХ МЕДНЫМИ ВОЛОКНАМИ ПОРОШКОВЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МЕДИ	344
ВАРДАНЯН Г.П., ПАНОСЯН Ж.Р., СЕВОЯН Д.С. НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СОЛНЕЧНОГО СВЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЭФФЕКТИВНОГО МОДУЛЯ, ЗАЩИЩАЮЩЕГО ОТ ГРАДА	354
ОГАНЕСЯН Л.С., ХАЧАТРЯН Р.Г. ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЕРЕВАНСКОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ С КОМБИНИРОВАННЫМ ПАРОГАЗОВЫМ ЦИКЛОМ	363
ОГАННИСЯН Ц.С., СИРАДЕГЯН С.А., КИРАКОСЯН Р.Г. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ АНОМАЛИЙ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЯХ С ПОМОЩЬЮ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	373
МЕЛИКЯН В.Ш., ХАЖАКЯН Т.Р., АХВЕРДЯН Т.А., МАНУКЯН С.А. МЕТОД СИНХРОНИЗАЦИИ ЦИФРОВЫХ СХЕМ С РАЗНЫМИ ТАКТОВЫМИ ЧАСТОТАМИ.....	381
ХУДАВЕРДЯН С.Х., ХАЧАТРЯН М.Г., ОГАНЕСЯН Т.С., МЕГРАБЯН Н.Б. КРЕМНИЕВАЯ СТРУКТУРА С ДВОЙНЫМ БАРЬЕРОМ И СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИМИ СПОСОБНОСТЯМИ.....	393
АРУТЮНЯН А.Г., МХИТАРЯН Л.Л. РАЗМЕЩЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КОМБИНАЦИОННЫХ СХЕМ С УЧЕТОМ ВАЖНОСТИ ЦЕПЕЙ	403
АЗОЯН М.С. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ УМНОЖИТЕЛЕЙ И АВТОГЕНЕРАТОРОВ ГАРМОНИК СВЕРХВЫСОКИХ ЧАСТОТ	413
СИМОНЯН С.О. ГИПЕРМАТРИЧНО-БЛОЧНЫЙ ЧИСЛЕННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД РЕШЕНИЯ ОДНОПАРАМЕТРИЧЕСКИХ КВАДРАТНЫХ МАТРИЧНЫХ УРАВНЕНИЙ	422
ГРИГОРЯН А.Г. ОТНОШЕНИЕ ИНВЕСТИЦИЯ-НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ В КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ	431
КИРАКОСЯН Л.Г., НАЗАРЕТЯН Х.А. РАЗВЁРТЫВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ОБЛАЧНОЙ СИСТЕМОЙ В НАЦИОНАЛЬНОМ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ АРМЕНИИ	439
СТАКЯН М.Г. (к 75-летию со дня рождения).....	447

CONTENTS

PANOSYAN J.R., VARDANYAN G.P., SEVOYAN J.S. AN EFFICIENT ACADEMIC-TRAINING UNIVERSAL SYSTEM FOR A DISTANT CONTROL OF MINES	337
AGHBALYAN S.G., VASILYAN G.A., SARKISYAN A.R. INVESTIGATING THE PROCESSES OF HEAT TREATMENT OF DISPERSIONHARDENING AND FIBER - REINFORCED COPPER POWDER COMPOSITE MATERIALS BASED ON COPPER	344
VARDANYAN G.P., PANOSYAN ZH.R., SEVOYAN J.S. A NEW TECHNOLOGY OF MAKING A SOLAR EFFECTIVE PHOTOVOLTAIC MODULE PROTECING FROM HAIL	354
HOVHANNISYAN L.S., KHACHATRYAN R.G. THE IMPACT OF OUTDOOR AIR PARAMETERS ON THE PERFORMANCE INDICATORS OF YEREVAN COMBINED CYCLE POWER PLANT.....	363
HOVHANNISYAN Ts.S., SIRADEGHYAN S.A., KIRAKOSSIAN R.G. DESIGN OF A SYSTEM FOR ANOMALY DETECTION IN TELECOMMUNICATION NETWORKS BY MACHINE LEARNING	373
MELIKYAN V.SH., KHAZHAKYAN T.R., HAKHVERDYAN T.A., MANUKYAN S.H. A METHOD OF SYNCHRONIZATION OF DIGITAL CIRCUITS WITH DIFFERENT CLOCK FREQUENCIES	381
KHUDAVERDYAN S.KH., KHACHATRYAN M.G., HOVHANNISYAN T.S., MEHRABYAN N.B. A DOUBLE-BARRIER SILICON STRUCTURE WITH SPECTROPHOTOMETRIC ABILITIES	393
HARUTYUNYAN A.G., MKHITARYAN L.L. PLACEMENT OF COMPONENTS OF COMBINATIONAL CIRCUITS GIVEN THE IMPORTANCE OF NETS.....	403
AZOYAN M.S. EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF SEMICONDUCTOR MULTIPLIERS, AND MICROWAVE AUTOGENERATORS HARMONICS OF ULTRA - HIGH FREQUENCIES	413
SIMONYAN S.H. A HYPER MATRIX-BLOCK NUMERICAL- ANALYTICAL METHOD FOR SOLVING ONE-PARAMETERIC QUADRATIC MATRIX EQUATIONS	422
GRIGORYAN A.H. INVESTMENT-UNCERTAINTY RELATIONSHIP IN CYBERSECURITY	431
KIRAKOSYAN L.G., NAZARETYAN KH.A. THE CLOUD SYSTEM DEPLOYMENT AND MANAGEMENT IN NATIONAL POLYTECHNIC UNIVERSITY OF ARMENIA.....	439
STAKYAN M.G. (to the 75th jubilee)	447