

Դ.Մ. ԱԼԵՔՍԱՆՅԱՆ, Դ.Հ. ՀՈՒՍԻԿՅԱՆ

ԻՆՏԵԳՐԱԼ ՄԽԵՄԱՅԻ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԻ ՄԻՆԹԵԶՈՒՄԸ՝ ԸՍՏ ՀԱՐԹԱԿԻ ՄՈՆՏԱԺԱՅԻՆ ԴԱՇՏԻ ՏԱՐԲԵՐԻ ԵՎ ՀԱՂՈՐԴԱՇԵՐՏԵՐԻ ՔԱՆԱԿՆԵՐԻ

Առաջարկվում է արդարացի փոխզիջման մեթոդը, որով որոշվում են ԻՄ-ի հարթակի մոնտաժային դաշտի հաղորդաչերտերի և տարրերի քանակները: Ներկայացված են սինթեզման տարբեր գործնական խնդիրների լուծման օրինակներ՝ մի քանի ցուցանիշներով:

Առանցքային բառեր. ինտեգրալ սխեմա, հարթակ, մոնտաժային դաշտ, հաղորդաչերտերի քանակ:

Ինտեգրալ սխեմայի (ԻՄ) կոնստրուկցիայի նախագծման վաղ փուլերում, երբ դեռևս գաղափար չունենք կառուցվածքի մասին, անհրաժեշտ են նախագծվող ԻՄ-ի հարթակի մոնտաժային դաշտի հաղորդաչերտերի միջին քանակը գնահատելու մոտավոր մեթոդներ [1-5]: Ինչպես և կարելի էր սպասել, գնահատման նախնական մեթոդները սկզբում նպատակաուղղված էին ստուգելու այս կամ այն կառուցվածքի նախագծային լուծումները՝ ֆիզիկական իրագործելիության տեսանկյունից:

Ընդհանուր առմամբ, կառուցվածքի նախագծման ընթացքում նախնական գնահատանքի մեթոդների մշակումը անհրաժեշտ էր նախ և առաջ սարքավորումների մշակման ժամկետների կրճատման համար՝ ելնելով տեխնիկական պարամետրերի նկատմամբ անընդհատ աճող բարձր պահանջներից:

Աշխատանքում դիտարկվում են ԻՄ մակերեսի և հաղորդաչերտերի պարամետրերի հետ ԻՄ-ի կառուցվածքների սինթեզի մասնավոր խնդիրներ: Այս կամ այն ինտեգրալ սխեմայի մակերեսի և հաղորդաչերտի պարամետրերի ապահովման խնդիրը կարող է լուծվել տվյալ պարամետրերի՝ ինտեգրալ սխեմայի հարթակի մակերեսի և հաղորդաչերտերի պարամետրերից վերլուծության փուլում ստացված համապատասխան կախվածությունների օգտագործման ճանապարհով:

Մաթեմատիկական մոդելի միջոցով [6,7] որոշվել է ԻՄ-ի հարթակի մոնտաժային դաշտի հաղորդաչերտերի քանակը՝

$$\bar{\gamma} = \frac{\sum S_{\text{մտ.}}}{K S} = \frac{d_{\min} \bar{L}}{K abN} = \frac{tm_0 d_{\min} (1-p)(N + N^p) N^{0,5(p-1)}}{K ab(1+p)(N^{0,5} - N^{0,5p})}, \quad (1)$$

որտեղ $\bar{\gamma}$ – ԻՄ-ի հարթակի մոնտաժային դաշտի հաղորդաչերտերի քանակն է, $(\sum S_{\text{մտ.}} = d_{\min} \bar{L})$ – Ելեկտրական միացումների լարային երկարությունների ընդհանուր մակերեսը, K – ն` հաղորդաչերտի հաղորդալարերի խտության գործակիցը,

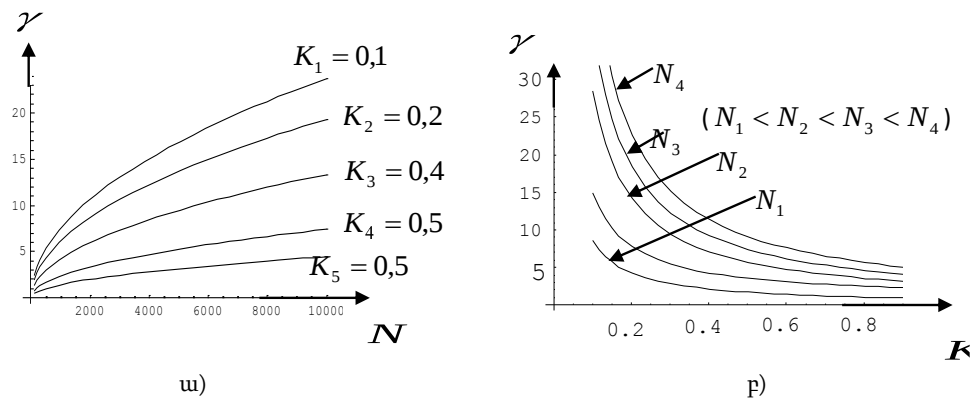
S -ը՝ հարթակի մոնոտոնացող դաշտի ամբողջ մակերեսը, $d_{\min}$ -ն՝ հաղորդալարերի լայնությունը, $\bar{L}$ -ը՝ ԻՄ-ի հարթակի մոնոտոնացող դաշտի էլեկտրական միացումների լարերի երկարությունների գումարը, $a \times b$ -ն՝ տարրերի միջև եղած հեռավորությունները համապատասխանաբար հորիզոնական և ուղղահայաց ուղղություններով, N -ը՝ տարրերի քանակը ԻՄ-ում, t -ն՝ շղթաների ճյուղավորման գործակիցը ($0,5 \leq t < 1$), m_0 - ն՝ տարրերի ելքերի միջին քանակը, p - ն՝ միջտարրային կապերի խտության գործակիցը ($0,1 \leq p \leq 1$):

Ինչպես տեսնում ենք, ինտեգրալ սխեմայի մոնոտոնացող դաշտի կառուցվածքային պարամետրերի հաստատունության կորերը կարելի է կառուցել Mathematica 5,2 կիրառական ծրագրով՝ օգտվելով (1) հավասարումից:

(1) կախվածությունը թույլ է տալիս լուծել սինթեզի մի շարք խնդիրներ:

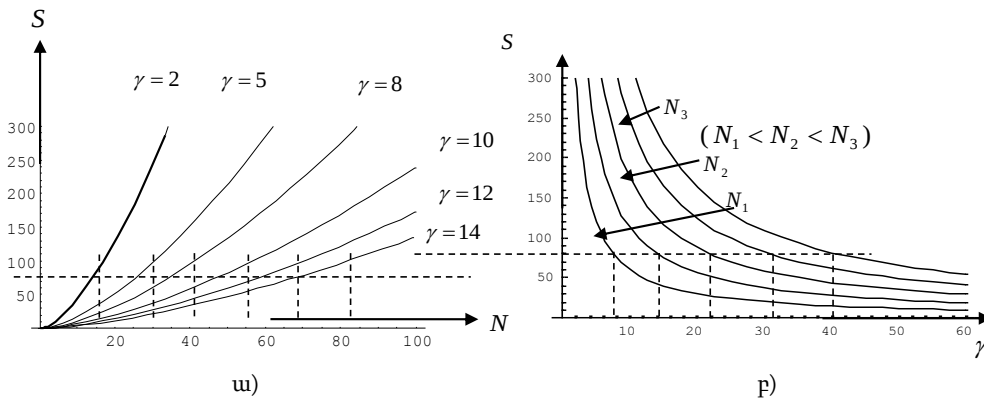
Պիտարկենք $\gamma = f(N)$, երբ $K = const$, $\gamma = f(k)$, երբ $N = const$, $S = f(N)$, երբ $\gamma = const$, և $s = f(\gamma)$, երբ $N = const$ կորերի համակարգը (նկ.1,2):

Ստացված $\gamma = f(N)$ և $s = f(N)$ հաստատունության կորերը համընկնում են [3-5] աշխատանքների արդյունքների հետ:



Նկ. 1. Ինտեգրալ սխեմայի հարթակի հաղորդաշերտերի γ քանակի կախումը ԻՄ տարրերի N քանակից (ա) և մոնոտոնացող դաշտի հաղորդալարերի խտության K գործակցից (բ)

Հայտնի է, որ տարբեր մակերեսներ ունեն տարբեր մոնոտոնացող բնութագրեր: Օգտվելով նշված կախվածություններից՝ կարող ենք ուսումնասիրել ինտեգրալ սխեմայի հարթակի միևնույն N ինտեգրման աստիճանի կախումը մակերեսներից և հաղորդաշերտերից (նկ. 2):



Նկ. 2. Բնուէգրալ սխեմայի հարթակի S մակերեսի կախումը տարրերի N քանակից (ա) և մոնտաժային դաշտի հաղորդաշերտերի γ քանակից (բ)

Դիտարկված սինթեզի մասնավոր խնդիրներն իրենց բնութագրով սկալյար են: Ըստ ընտրված ցուցանիշների՝ կառուցվածքների սինթեզի վեկտորական խնդրի դրվածքի դեպքում պետք է հաշվի առնել, որ այդպիսի բազմաչափանիշային խնդրի լուծումը չի կարող միակը լինել ԻՄ-ի նախագծման բոլոր դեպքերի համար: Սինթեզի նման խնդիրը՝ կառուցվածքի նկատմամբ առանց կոնկրետ պահանջների և նրա պարամետրերի և ցուցանիշների նկատմամբ սահմանափակումների, մտացածին կլինի, իսկ նրա լուծումը՝ գուրկ իմաստից, քանի որ կբացակայեն ինչ-որ սխեմայով փոխարկումների որոշումների ընդունման օբյեկտիվ հիմքերը:

Միայն նախագծման տեխնիկական առաջադրանքն է որոշում կառուցվածքային պահանջները, որոնց համապատասխան կարելի է սինթեզի խնդիրը ձևակերպել որպես վեկտորային և ընտրել նրա լուծման մեթոդը: Իսկ, ինչպես հայտնի է, յուրաքանչյուր կոնկրետ դեպքում տեխնիկական առաջադրանքը կազմվում է՝ ելնելով ԻՄ-ի նշանակությունից, նրա շահագործման պայմաններից, կատարած ֆունկցիայից և այլն, ընդհանուր դեպքում՝ տարբեր համակարգերի համար տարբերվող գործոններից:

Այսպիսով, չձևակերպելով ըստ բոլոր ներմուծված ցուցանիշների ԻՄ-ի կառուցվածքների սինթեզի վեկտորական խնդիրը՝ աշխատանքում առաջարկվում են պահանջվող արժեքների ապահովման մեթոդներ՝ յուրաքանչյուր ցուցանիշի համար առանձին-առանձին, ինչը հնարավոր է դարձնում նրանց համատեղ դիտարկումը նախագծման գործնական խնդիրներում, երբ տրված են կոնկրետ պահանջներ կառուցվածքի նկատմամբ, դրանք են՝ նրա պարամետրերի և որակի ցուցանիշների սահմանափակումները:

Այստեղ պետք է նշել, որ ԻՄ-ի կառուցվածքների՝ ըստ մի քանի ցուցանիշների սինթեզի ժամանակ բազմաչափանիշային օպտիմալացման մեթոդները հարմար է կիրառել լուծմանը երկրաչափական մեկնաբանություն տալով: Այս հարմարու-

թյունն առաջին հերթին պայմանավորված է այն հանգամանքներով, որ ստացված արտահայտությունների հիման վրա կառուցված հաստատունության կորերը բավականին դիտողական են և ի ցույց են դնում հնարավոր լուծումները թույլատրելի լուծումներով տիրույթում (ԹԼՏ):

Հաստատունության (նկ.1,2) կորերը այն հիմքն են, որոնց վրա հենվում են ըստ ԻՄ-ի հարթակի հաղորդաշերտերի քանակը և տարրերի քանակի պարամետրերի կառուցվածքների վեկտորական սինթեզման խնդրի լուծումը [8]:

Աշխատանքում բերված սինթեզման գործնական խնդիրների լուծման մի քանի օրինակները արդարացի փոխզիջման մեթոդի կիրառումն են՝ մի քանի ցուցանիշները հաշվի առնելով:

Լուծումները որոշվում է երկչափ դեկարտյան կոորդինատների համակարգում, որտեղ օրդինատային առանցքի վրա դրված են ինտեգրալ սխեմայի հաղորդաշերտերի γ քանակը, իսկ աբսցիսների առանցքի վրա՝ տարրերի N քանակը:

Վեկտորային սինթեզի խնդիրների լուծման մեջ հաստատունության կորերի օգտագործման մեթոդիկայի լուսաբանման համար քննարկենք մի օրինակ:

Ընդունենք, որ պահանջվում է լուծել ԻՄ-ի կառուցվածքի սինթեզի խնդիրն ըստ երկու չափանիշի՝

1. ԻՄ-ի հարթակի մոնտաժային դաշտի մակերեսի մինիմումի,
2. ԻՄ-ի հարթակի մոնտաժային դաշտի հաղորդաշերտի հաղորդալարերի խտության գործակցի K մաքսիմումի:

Առաջինը նախագծման հիմնական չափանիշներից մեկն է, երկրորդը որոշվում է հարթակի վրա չօգտագործված մակերեսների փոքրացման պահանջով, ինչը հանգեցնում է ոչ անհրաժեշտ մոնտաժային դաշտի նվազեցմանը: Սինթեզի խնդրի լուծման համար սկզբնական տվյալներն են նախագծվող ԻՄ-ի սկզբունքային էլեկտրական սխեման, ինտեգրալ սխեմայի հարթակի մոնտաժային դաշտի S, K, N և γ պարամետրերի սահմանափակումները, ընտրված ցուցանիշների սահմանափակումները, ինտեգրալ սխեմայի մեկ տիպաչափի վրա կառուցվածքի կառուցման պահանջը՝ ինտեգրալ սխեմայի տրված երկրաչափական չափսերի դեպքում նրա հարթակի մոնտաժային դաշտի մակերեսը:

Եթե ԻՄ-ի մինիմալ երկրաչափական չափսերի, մասնավորապես մակերեսի վրա սահմանափակում դրված չէ, ապա դրանց սահմանափակումները կարող են որոշվել խնդրի լուծման ընթացքում:

Ինչպես հայտնի է, ԻՄ-ի գաբարիտային չափսերից ավելի փոքրացումը սահմանափակվում է ներքևից՝ ջերմային ռեժիմի ապահովման պահանջով և հարթակի մոնտաժային դաշտի հաղորդաշերտերի γ քանակով:

Հովացման ընտրված համակարգի դեպքում տարրերի մինիմալ թույլատրելի գաբարիտները պարզ են դառնում՝ համակարգի տարրերից անջատվող գումա-

բային հզորությունից կախված: ԻՄ-ի հարթակի հայտնի երկրաչափական չափսերի դեպքում, օրինակ՝ միասնականացված կառուցվածքներում, այդ սահմանափակումը հանգեցնում է կառուցվածքում ինտեգրող սխեմաների մինիմալ թույլատրելի N քանակին, որն էլ իր հերթին սահմանափակում է հաղորդաշերտերի քանակը:

Հասկանալի է, որ նման սահմանափակում կարող է և չառաջադրվել, երբ նախագծողը, ինչ-ինչ գործնական նկատառումներից ելնելով, վստահ է, որ հովացման համակարգի պատշաճ ընտրությամբ կարելի է ապահովել ջերմային բնականոն ռեժիմ ցանկացած ստացված կառուցվածքի համար: Ուստի քննարկենք խնդրի լուծումը ինչպես ցուցանիշների վրա սահմանափակումների առկայության, այնպես էլ դրանց բացակայության դեպքերում:

Խնդրի լուծումը՝ γ և N ցուցանիշների վրա $S_{\min}$ և $K_{\max}$ սահմանափակումների առկայության դեպքում: Առաջին հերթին խնդրի լուծման համար անհրաժեշտ է որոշել թույլատրելի լուծումների տիրույթը (Θ LS): Ինտեգրալ սխեմայի γ և N պարամետրերի սահմանափակումները թույլատրելի լուծումների որոշ տիրույթ են հաստատում (որոշում), որի սահմաններում անհրաժեշտ է որոշել N, S, K և γ պարամետրերի օպտիմալ արժեքները: Այդ տիրույթը ներկայացնում է ABCD ուղղանկյունը (Պարետոյի տիրույթ):

Θ LS սահմանափակված է՝ ըստ ինտեգրալ սխեմայի հարթակի $S_{\min}(\gamma, N)$ մակերեսով և մոնոտոնորոշող դաշտի հարթակի հաղորդաշերտերի խտության $K_{\max}(\gamma, N)$ գործակցով $\gamma(N)$ դաշտում (նկ. 3):

Ինտեգրալ սխեմայի հարթակի հաղորդաշերտերի քանակը վերնից սահմանափակված է $\mathcal{N}_d$ առավելագույն արժեքով՝ հարթակի հաղորդաշերտերի քանակը եղած անվանացանկից և ներքևից $\mathcal{N}_g$ մինիմալ հաղորդաշերտեր՝ նույն անվանացանկից: Տարրերի քանակի սահմանափակումները դրվում են ինտեգրալ սխեմայի ֆունկցիոնալ ծավալի ընտրության վրա՝ ներգործող գործոնները հաշվի առնելով վերնից՝ N_d , իսկ ներքևից՝ N_g (նկ. 3):

γ և K ցուցանիշների փորձնական արժեքների որոշման համար և Θ LS-ի որոշման համար վերլուծենք այդ ցուցանիշների (կամ նրանց հաստատության կորերի) վարքը կոորդինատային համակարգի առաջին քառորդում:

Նկ. 1-ի ա-ից երևում է, որ $K = const.$ հաստատունության կորը աճող $\gamma(N)$ կախվածություն է ներկայացնում:

Ըստ որում, որքան ցածր է հաստատունության կորը, այնքան մեծ է լցման խտության գործակցի արժեքը: Դրանում դժվար չէ համոզվել՝ համեմատելով K -ի երկու տարբեր հաստատունության կորերի վրա գտնվող, բայց միևնույն աբսցիսս ունեցող կետերը: Վերին կորի վրա գտնվող կետին կհամապատասխանեն ԻՄ-ի հար-

թակի ավելի մեծ թվով հաղորդաշերտեր, քան ներքևի կորի վրա գտնվողին, ինչը ինտեգրալ սխեմայի հարթակի վրա տարրերի տեղակայման տեղերի միևնույն N քանակի դեպքում կապահովի հարթակի մոնոտոնային տարածքի ավելի ամբողջական լրացում: Այսպիսով, K – ի մաքսիմալ արժեքը ABCD ուղղանկյան մեջ կլինի D կետում:

(1) արտահայտության համակարգչային վերլուծությունները ցույց տվեցին, որ γ -ի հաստատունության կորը K -ից γ -ի $[\gamma(K)]$ նվազող կախվածություն է (նկ.1 բ): Ըստ որում, K -ի աճի հետ γ նվազումը հետզհետե դանդաղում է, և սկսած ինչ-որ պահից՝ N -ի հաստատունության կորը գործնականորեն վերածվում է K առանցքին զուգահեռ ուղու: $N = N_1, N = N_2, N = N_3, N = N_4$ չորս հաստատունության կորերը պատկերված են նկ. 1 բ-ում:

K պարամետրի երկու հաստատունության կորերի համեմատության դեպքում ստացված դատողությունների նմանությամբ այստեղ ևս կարելի է եզրակացնել, որքան ցածր է N -ի հաստատունության կորը, այնքան կառուցվածքի տարրերի փոքր քանակի է այն համապատասխանում: Այստեղից հետևում է, որ ABCD ուղղանկյան մեջ տարրերի մինիմալ քանակը կլինի A կետում: ԹԼՏ-ի որոշման համար պետք է կառուցել $N = N_{\min}$ և $K = K_{\max}$ հաստատունության կորերը՝ յուրաքանչյուր ցուցանիշի համար որպես թույլատրելի լուծումներ առանձնացնելով համապատասխան հաստատունության էքստրեմալային կորից ցածր գտնվող տիրույթը:

Խնդրի հնարավոր լուծումները կախված են ստացված հաստատունությունը սահմանափակող կորերի և ABCD ուղղանկյան փոխադարձ դիրքից կամ դասավորությունից:

1. Դիտարկենք լուծման մեթոդների այն բոլոր հնարավոր տարբերակները, երբ ըստ երկու ցուցանիշների համար գոյություն ունի միայն մեկ օպտիմալ լուծում:

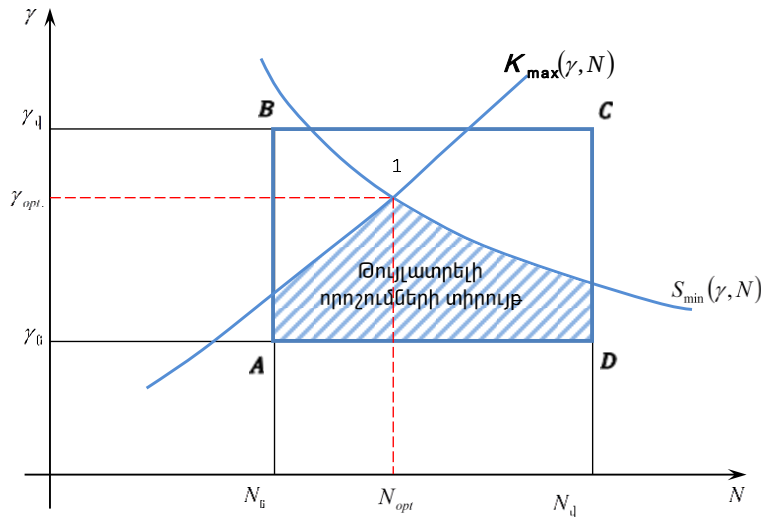
2. Կմիավորենք այն բոլոր տարբերակները, որոնք լուծման ժամանակ պահանջվում է փոխզիջման որոշ սխեմայի օգտագործում:

Առաջին հերթին այս դասին են պատկանում այն բոլոր դեպքերը, երբ $S_{\min}(\gamma, N)$ և $K_{\max}(\gamma, N)$ հաստատունության կորերը հատվում են ABCD ուղղանկյան ներսում: Այս դեպքում 1 հատման (N_{opt}, γ_{opt}) կետում (նկ. 3) N, γ պարամետրերի ընտրությամբ կարելի է կառուցվածքում ապահովել երկու ցուցանիշների օպտիմալ արժեքները:

Այլ դեպքերը դիտարկելիս պետք է անմիջապես դիտարկումից դուրս թողնել այն տարբերակները, որոնց համար $S = S_{\min}$ կորը կանցնի A կետից ներքև, կամ $K = K_{\max}$ կորը կանցնի D կետից ներքև: Այս դեպքում օպտիմալ լուծում չկա, և ԹԼՏ գոյություն չունի:

Չանագան տարբերակների դիտարկման դեպքում պետք է հաշվի առնել, որ ըստ երկու ցուցանիշների՝ միակ օպտիմալ լուծում գոյություն ունի, երբ $S_{\min}$ կորն անց-

նում է B կետից ներքև և A կետից վերև: Նկ. 3-ում պատկերված է մի հնարավոր տարբերակ, երբ $S_{\min}$ և $K_{\max}$ կորերը միակն են՝ ըստ երկու ցուցանիշների օպտիմալը:



Նկ. 3. Մոնոտոնային դաշտի S մակերեսի և հաղորդաշերտի հաղորդալարերի խտության K գործակցի կորերի (հաստատունության կորերի) հատումը $ABCD$ թույլատրելի որոշումների դաշտում

Եզրակացություն: Մշակվել է ինտեգրալ սխեմայի հաղորդաշերտերի գնահատման երկպարամետրական մոդել:

Օգտվելով ինտեգրալ սխեմայի կառուցվածքային պարամետրերի անալիտիկ կախվածությունից՝ հաղորդաշերտերի քանակից, մոնոտոնային դաշտի մակերեսից, տարրերի քանակից, հարթակի մոնոտոնային դաշտի խտության գործակցից և հաստատունության կորերից, նախագծման վաղ փուլերում գնահատվել են ԻՍ-ի մի շարք կառուցվածքային պարամետրեր: Ցույց է տրված, որ Պարետոյի տիրույթի որոշումից հետո ամենանպատակահարմարը արդարացի փոխզիջման մեթոդի կիրառումն է՝ ԻՍ-ի կառուցվածքների բազմաչափանշային սինթեզման դեպքում:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Routing Density Analysis of ASICs, Structured ASICs, and FPGAs** Programmable Logic Design Line (0/19/2005) <http://www.soccentral.com/results.asp?CategoryID=563&EntryID=16716>
2. **Theis T.N.** The Future of Interconnection Technology// IBM J.Res. Develop.- May, 2000.- Vol. 44, No 3. -P. 379-390.
3. **Файзулаев Б.Н., Шагурин И.И.** Быстродействующие матричные БИС и СБИС. – М.: Радио и связь, 1989. – 304 с.

4. **Барсегян П.Л.** Математические основы конструирования микроэлектронной аппаратуры: Учебное пособие.- М.: Изд-во МАИ, 1990.- 144 с.
5. **Husikyan D.H., Aharonyan A.K.** The New Definition Method of the Conduction Printed Layers, Quantity, Area and Elements Putting Step in the Large Integral Scheme Platform of Basic Crystal // Proceedings of the Sixth International Symposium on CSNDSP, 23-25 July 2008, Graz University of Technology.- Graz, Austria, 2008. - P. 606-608.
6. **Husikyan D.L., Aleksanyan D.M., Husikyan L.D.** Defining the Conducting Layers Number of a Circuit Field of a Basic Construction Board by the Probability Model // 8th IEEE, IET International Symposium on Communication Systems, Networks and Digital Signal Processing Poznan University of Technology.- Poznan, Poland, 18-20 July, 2012. 10.1109/CSNDSP.2012.6292714.
7. **Усикян Д.О., Алексанян Д.М., Аветисян К.Г., Матевосян О.Т.** Определение числа слоев проводников монтажного поля ИС // Труды 8-й Межд. научно-практической конференции “Современные информационные и электронные технологии-“СИЕТ”-2014. - Одесса, Украина, 2014. - С. 252.
8. **Борисов В.И.** Проблемы векторной оптимизации. – В кн.: Исследование операций / Отв. ред. А.А. Ляпунов.– М.: Наука, 1972.- 136 с.

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 02.02.2016:

Д.М. АЛЕКСАНИЯН, Д.О. УСИКЯН

СИНТЕЗ СТРУКТУРЫ ИНТЕГРАЛЬНОЙ СХЕМЫ ПО КОЛИЧЕСТВУ ПРОВОДЯЩИХ СЛОЕВ И ЧИСЛУ ЭЛЕМЕНТОВ МОНТАЖНОГО ПОЛЯ

Предлагается метод справедливого компромисса, с помощью которого определяется количество проводящих слоев и число элементов монтажного поля подложки интегральной схемы. Приведены примеры решения разных практических задач синтеза с учетом нескольких показателей.

Ключевые слова: интегральная схема, подложка, монтажное поле, количество проводящих слоев.

D.M. ALEKSANYAN, D.H. HUSIKYAN

SYNTHESIS OF THE INTEGRATED CIRCUIT STRUCTURE BY THE NUMBER OF TRANSMITTING LAYERS AND THE QUANTITY OF ELEMENTS OF THE INSTALLATION FIELD

A method of a fair compromise is proposed by which, the quantity of transmitting layers and the number of elements of the IC substrate installation field are determined. A variety of practical examples of solving the synthesis problem taking into account several indicators are introduced.

Keywords: integrated circuit, installation field, quantity of transmitting layers, number of elements.