

ՀԱՍՏԱՏՈՒՄ ԵՄ

«Հայ-Ռուսական Համալսարան»

պրոռեկտոր, փ.գ.դ.

Պարզև Ավետիսյան

«6» փետրվարի 2026թ.



ԱՌԱՋԱՏԱՐ ԿԵՆՏՐԱԿԵՆՏՐԱԿԱՆ ԿԱՐԾԻՔ

Մարտիսյան Դավիթ Կարենի «Ինտեգրալ սխեմաների կայունացմանը նպաստակառուողված ֆիզիկական նախագծման արհեստական բանականությամբ միջոցների մշակումը» թեմայով, Ե27.01 - «Էլեկտրոնիկա, միկրո և նանոէլեկտրոնիկա» մասնագիտությամբ տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության վերաբերյալ:

Ատենախոսության թեմայի արդիականությունը:

Ժամանակակից ինտեգրալ սխեմաների (ԻՍ) արտադրության տեխնոլոգիաները հասել են 3-7 նանոմետր նորմերի, ինչը բերում է հզորության խտության արմատական աճի և արտադրողականության բարձրացման: Սակայն այս առաջընթացը միաժամանակ առաջացնում է լուրջ խնդիրներ կայունության և հուսալիության ապահովման ասպարեզում:

Տեխնոլոգիական մասշտաբավորման արդյունքում ԻՍ-ների աշխատանքը դառնում է խիստ զգայուն բազմաթիվ գործոնների նկատմամբ՝ սնուցման ցանցում լարման անկումներ, միջմիացումների փոխազդեցություն, էլեկտրամիզրացիա, ջերմային անկայունություն և ծերացման երևույթներ: Վիճակագրությունը ցույց է տալիս, որ եթե 90 նմ տեխնոլոգիայում այս երևույթները առաջացնում էին 2-3% հուսալիության կորուստ, ապա 3 նմ տեխնոլոգիայում այս թիվը հասնում է 18-25%-ի:

Ավանդական նախագծման մեթոդները պահանջում են 3-6 ամիս մեկ նախագծի համար, ինչը անընդունելի է արդի պայմաններում, երբ շուկան պահանջում է արագ արձագանք և կրճատված time-to-market ցուցանիշներ: Արհեստական բանականության (ԱԲ) մեթոդների կիրառումը ԻՍ-ների ֆիզիկական նախագծման փուլում դառնում է ոչ թե լրացուցիչ հնարավորություն, այլ անհրաժեշտություն՝ հնարավորություն տալով կրճատել ժամանակը մինչև 1-2 ամիս և բարձրացնել կայունությունը 10-20%-ով:

Այսպիսով, Դ.Կ. Մարուխյանի «Ինտեգրալ սխեմաների կայունացմանը նպատակաուղղված ֆիզիկական նախագծման արհեստական բանականությամբ միջոցների մշակումը» թեմայով ատենախոսությունում առաջադրված խնդիրը խիստ արդիական է և համապատասխանում է արդի գիտատեխնիկական զարգացումների պահանջներին:

Ատենախոսության բովանդակությունը, արդյունքների և եզրակացությունների հավաստիությունը, դիտողություններ ձևավորման վերաբերյալ:

Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, 3 գլուխներից, եզրահանգումից, 125 անուն գրականության ցանկից և 5 հավելվածներից (առաջին հավելվածում ներկայացված է ատենախոսության ներդրման ակտը, երկրորդում՝ SPICE մոդելավորման հատվածները, երրորդում՝ AIPDR ծրագրային միջոցի սկզբնական կոդի որոշ հատվածներ, չորրորդում՝ փորձարկումների արդյունքները, իսկ հինգերորդում՝ օգտագործված նկարների, աղյուսակների և հապավումների ցանկերը): Ատենախոսության հիմնական տեքստը կազմում է 119 էջ, իսկ ընդհանուր ծավալը, հավելվածների հետ միասին՝ 152 էջ:

Ներածությունում հիմնավորված է ատենախոսական աշխատանքի թեմայի արդիականությունը, ներկայացված են՝ հետազոտության առարկան, աշխատանքի նպատակը, հետազոտության մեթոդները, գիտական նորույթը, պաշտպանության ներկայացվող հիմնական դրույթները, ինչպես նաև աշխատանքի գործնական արժեքը:

Գլուխ 1-ում շարադրված են ԻՄ-ների ֆիզիկական նախագծման ժամանակակից մարտահրավերները և կայունության ապահովման անհրաժեշտությունը: Ցույց է տրված, որ կայունության վրա ազդող գործոնների (լարման անկում, միջմիացումների փոխազդեցություն, էլեկտրամիգրացիա, ջերմային անկայունություն, ծեղացում) ազդեցությունը մեծանում է տեխնոլոգիաների մասշտաբավորման հետ մեկտեղ: Ներկայացված են առկա լուծումները, սակայն հիմնավորված է, որ դրանք մասնակի են և չեն բավարարում ժամանակակից պահանջներին, ուստի անհրաժեշտություն կա ԱԲ-հիմնված նոր մոտեցումների մշակման:

Գլուխ 2-ում ներկայացված են Դ. Կ. Մարուխյանի կողմից մշակված չորս հիմնական ԱԲ-հիմնված մեթոդներ՝ լարման անկման կանխատեսում և օպտիմալացում գրաֆային նեյրոնային ցանցերով (ԳՆՑ), ծեղացման և էլեկտրամիգրացիայի ազդեցության կանխատեսում մեքենայական ուսուցմամբ (ՄՈւ), միջմիացումների փոխազդեցությանը զգայուն ծրագծման մոդել և ջերմային դաշտի կանխատեսում կոնվոյուցիոն նեյրոնային ցանցերով (ԿՆՑ): Յուրաքանչյուր մեթոդի համար մանրամասն նկարագրված են ճարտարապետությունը, ուսուցման գործընթացը և փորձարկումների արդյունքները:

Առաջարկված մեթոդները համապատասխանում են կայունության համար սահմանված ժամանակակից ստանդարտներին և արդյունավետորեն լուծում են առկա խնդիրները:

Գլուխ 3-ում նկարագրված է «AIPDR Toolkit» ծրագրային համալիրը, որը մշակվել է առաջարկված մեթոդներն ու սխեմատեխնիկական լուծումները մոդելավորելու և վերլուծելու համար: Այն օգտագործվում է «Սինոփսիս Արմենիա» ՓԲԸ-ում՝ ԱԲ միջոցներով ԻՍ-երի ֆիզիկական նախագծման կայունացման համար: Այս գործիքը 2-3 անգամ կրճատում է նախագծման և վավերացման գործընթացի տևողությունը:

Եզրակացությունները հանդիսանում են հետազոտման տրամաբանական եզրափակում՝ հիմնավորված կատարված փորձարկումների և արդյունաբերական ներդրման արդյունքներով, լիովին համապատասխանում են ատենախոսությունում նկարագրված մոտեցումներին, դրույթներին ու մեթոդներին: Առաջարկված բոլոր մոտեցումները ձևակերպված են պարզ և կոնկրետ, արտացոլում են աշխատանքի էությունը, անմիջականորեն հիմնավորված են ատենախոսության բովանդակությամբ և ունեն կիրառական մեծ նշանակություն:

Արդյունքների և եզրակացությունների հավաստիությունն ապացուցված է մաթեմատիկական հիմնավորումներով, HSPICE մոդելավորումներով, Մոնտե Կառլո մեթոդով վերիֆիկացիայով և արդյունաբերական ներդրումով:

Հետազոտությունների և արդյունքների նորույթը:

Ատենախոսությունում առավել մեծ գիտական արժեք են ներկայացնում՝

1. Առաջարկվել են ԱԲ միջոցով ԻՍ-ների ֆիզիկական նախագծման կայունացման սկզբունքներ, որոնց կիրառումը հնարավորություն է տվել էապես բարելավել ստեղծվող ԻՍ-ների աշխատանքի կայունությունը:
2. Մշակվել է ԳՆՑ-ով սնուցման ցանցերում լարման անկումների կանխատեսման և օպտիմալացման մեթոդ, որում սնուցման ցանցի զրաֆային ներկայացման շնորհիվ դրա կայունության վերլուծությունը արտադրական նշանակության գործիքային միջոցների համեմատ արագացել է մինչև 785 անգամ՝ միջին հարաբերական սխալը 1,1%-ը չգերազանցող ավելացման հաշվին: Փորձարկումները 14 նմ տեխնոլոգիայի 500,000 տարրերով սխեմայի վրա ցույց տվեցին 0,923-0,983 ճշգրտություն տարբեր աշխատանքային ռեժիմներում:
3. Մշակվել է ՄՈւ միջոցով ծերացման և էլեկտրամիգրացիայի ազդեցության կանխատեսման մեթոդ, որում ֆիզիկական նախագծի առանձնահատկությունների, հոսանքի բաշխման և ջերմային պայմանների հաշվի առնման շնորհիվ

հաշվարկման ժամանակը կրճատվել է ~70 անգամ՝ հարաբերական սխալի ընդամենը 2-3%-ով ավելացման հաշվին:

4. Ստեղծվել է միջմիացումների փոխազդեցությանը զգայուն ծրագծման մոդելի ուսուցման մեթոդ, որում ծրագծման գործընթացում բարձր ռիսկային գոտիների հայտնաբերման և դրանցից խուսափելու շնորհիվ ստացվել է փոխազդեցության աղմուկների 18%-ով նվազում, տեղակայման խախտումների 84%-ով փոքրացում և ժամանակային բնութագրերի 17%-ով բարելավում՝ 2,9%-ով մակերեսի և էներգասպառման 5,1%-ը չգերազանցող աճի հաշվին:
5. Մշակվել է ԳՆՑ-ով ջերմային դաշտի բաշխման կանխատեսման մեթոդ, որում հզորության բաշխման քարտեզներից ջերմաստիճանային բաշխումների ստացման միջոցով այն առկա միջոցներից աշխատում է տասնյակ անգամ արագ՝ ճշտության մեջ զիջելով ընդամենը <3% սխալով, ինչը հատկապես կարևոր է ԻՍ-ների նախագծման վաղ փուլերում:

Աշխատանքի գիտական նշանակությունը:

1. Առաջարկվել են ինտեգրալ սխեմաների ֆիզիկական նախագծման փուլում կայունության ապահովման նոր մոտեցումներ՝ ԱԲ մեթոդների կիրառմամբ, որոնք բավարարում են ներկայիս պահանջները և հաշվարկային բարդության ու մոդելավորման ժամանակի կրճատման շնորհիվ՝ ապահովում են դրանց համար անհրաժեշտ արդյունավետություն:
2. Առաջարկվել է ԳՆՑ-հիմնված մեթոդ սնուցման ցանցերում լարման անկման կանխատեսման համար, որը գրաֆային և կոնվոլյուցիոն ներկայացման շնորհիվ՝ ապահովել է 0,923-0,983 ճշգրտություն և 0,939-0,950 վտանգավոր գոտիների հայտնաբերման ճշգրտություն՝ 43,000 անգամ արագացմամբ:
3. Մշակվել է մեքենայական ուսուցման միջոցով ծերացման և էլեկտրամիգրացիայի կանխատեսման մեթոդ, որը ~70 անգամ արագացմամբ և 2-3% սխալով թույլ է տալիս գնահատել ինտեգրալ սխեմաների երկարաժամկետ հուսալիությունը:
4. Մշակվել է խորը Բ-ցանցով միջմիացումների փոխազդեցությանը զգայուն ծրագծման մոդել, որը 64×64 մուտքային շերտով, երեք կոնվոլյուցիոն շերտով (32/64/128 ֆիլտրերով) և 15 նախագծերի վրա ուսուցմամբ՝ ապահովել է 18% աղմուկի նվազեցում և 17% ժամանակային բարելավում:

Ստացված արդյունքների կիրառական նշանակությունը:

Ատենախոսությունում մշակված ԱԲ միջոցով ԻՍ-ների ֆիզիկական նախագծման կայունացման մեթոդներն իրագործվել են AIPDR ծրագրային միջոցում, որը ներդրվել է «Մինոփսիս Արմենիա» ՓԲԸ-ում և թույլ է տվել կրճատել նախագծման և վավերացման ժամանակը 2-3 անգամ: Ծրագրային միջոցն իրականացված է Python և TCL լեզուներով, աշխատում է DEF, LEF և SPEF ֆորմատների հետ և ինտեգրվում է արդյունաբերական նախագծման հոսքերի հետ:

Մշակված մեթոդների իրագործումը՝ AIPDR ծրագրային գործիքի միջոցով, թույլ է տվել նվազեցնել սնուցման ցանցի վատագույն դեպքերի լարման անկումը մինչև 33,3%-ով՝ ապահովելով ընդամենը 4,2% մակերեսի աճ, իսկ կանխատեսման միջին շեղումը կազմել է 3,8-5,4%: Փորձարկումները իրականացվել են տարբեր նախագծերի համար և ցույց են տվել կայուն արդյունքներ:

Աշխատանքի համապատասխանությունը ՀՀ ԲԿԳԿ-ի պահանջներին:

Ատենախոսությունն իր արդիականությամբ, նորությամբ, ծավալով, հիմնավորմամբ, ձևակերպմամբ և հիմնական արդյունքների կարևորությամբ համապատասխանում է ՀՀ ԲԿԳԿ-ի կողմից թեկնածուական ատենախոսություններին ներկայացվող պահանջներին:

Հրապարակումները:

Ատենախոսության հիմնական դրույթները հրապարակվել են հեղինակի 6 գիտական աշխատանքներում: Սեղմագիրը լիովին համապատասխանում է ատենախոսությանը և արտացոլում է դրա հիմնական դրույթները:

Նկատված թերությունները:

1. Ներկայացված չեն մշակված մոդելների փորձարկման արդյունքները տարբեր տեխնոլոգիական նորմերի (5 նմ) համար::
2. Նկարագրված չեն մոդելների ուսուցման համար անհրաժեշտ ժամանակը և հաշվողական ռեսուրսները, ինչը կարևոր է գործնական ներդրման պլանավորման համար::
3. Հստակ չէ՝ արդյոք առաջարկված մեթոդները կարող են մասշտաբավորվել 15 միլիոն տարրերից ավելի ունեցող սխեմաների համար՝ պահպանելով հայտարարված արդյունավետությունը::

Չնայած նշված թերություններին, Դ.Կ. Մարուխյանի ատենախոսությունը կատարված է բարձր մակարդակով, ունի գիտական ու գործնական մեծ նշանակություն, ավարտուն տեսք և արդիական է:

Էզրակացություն

Դ.Կ. Մարուխյանի «Ինտեգրալ սխեմաների կայունացմանը նպատակաուղղված ֆիզիկական նախագծման արհեստական բանականությամբ միջոցների մշակումը» թեմայով թեկնածուականատենախոսությունն ավարտուն աշխատանք է, որը կատարված է բարձր գիտական մակարդակով և ունի մեծ գործնական արժեք: Իր ծավալով և գիտական մակարդակով լիովին համապատասխանում է ՀՀ ԲԿԳԿ-ի կողմից թեկնածուականատենախոսություններին ներկայացվող պահանջներին, բովանդակությամբ համապատասխանում է Ե27.01 - «Էլեկտրոնիկա, միկրո և նանոէլեկտրոնիկա» մասնագիտությանը, իսկ հեղինակն արժանի է տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի շնորհմանը:

Ատենախոսությունը զեկուցվել, մանրամասն քննարկվել և հավանության է արժանացել «Հայ-Ռուսական համալսարան» 2026 թ. փետրվարի 6-ին կայացած գիտական սեմինարում: Ներկա էին՝ տ.գ.թ., դոցենտ Ա. Ահարոնյան, տ.գ.թ., դոցենտ Է. Միվոլենկո, ֆ.մ.գ.թ., պրոֆեսոր Հ. Բաղդասարյան, տ.գ.դ., պրոֆեսոր Վ. Ավետիսյան, դոցենտ Ա. Դարյան, տ.գ.դ., պրոֆեսոր Հ. Գոմցյան, տ.գ.թ. Ս. Էյրամջյան, տ.գ.թ., դոցենտ Ա. Նիկողոսյան, ֆ.մ.գ.դ., դոցենտ Ե. Նիկողոսյան, ֆ.մ.գ.թ, Բ. Հովհաննիսյան, Գ. Սուրյան, Ա. Սմբատյան, Ա. Ղամբարյան և ուսանողներ:

Կարծիքը ձևավորվեց և ամփոփեց՝

Հայ-Ռուսական Համալսարանի
Մաթեմատիկայի, ֆիզիկայի և բարձր տեխնոլոգիաների ինստիտուտի
Հեռահաղորդակցության ամբիոնի վարիչ անդրադոցենտ

Միվոլենկո Է. Ռ

ՀՌՀ -ի գիտական քարտուղար՝

Կասաբաբովա Ռ. Ս.

