

ԿԱՐԾԻՔ

Արսեն Արամայիսի Հովհաննիսյանի «Էլեկտրամագնիսական համակարգերի նախագծումը մեքենայական ուսուցման կիրառմամբ» թեմայով ատենախոսության վերաբերյալ՝ ներկայացված «Էլեկտրատեխնիկա, էլեկտրամեխանիկա, էլեկտրատեխնոլոգիաներ» մասնագիտությամբ (դասիչ Ե.09.01) տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման համար

Ատենախոսության թեմայի արդիականությունը

Էլեկտրամագնիսական (ԷՄ) սարքերը կերպափոխում են էլեկտրական էներգիան մագնիսականի, իսկ մագնիսականը՝ մեխանիկականի: Էլեկտրամագնիսական ուժի շնորհիվ դրանք կատարում են տարատեսակ գործողություններ՝ հրում/ծգում, բռնում, պտտում, տեղափոխում և այլն: ԷՄ սարքերը կիրառվում են բազմաթիվ բնագավառներում՝ ոռոգատեխնիկա, արդյունաբերություն, բժշկություն և այլն: ԷՄ սարքերի նախագծման փուլում առաջանում են որոշակի պահանջներ՝ ապահովելու ընդունելի կառուցվածք և չափեր, հնարավորինս փոքր կշիռ, էլեկտրաէներգիայի ոչ մեծ ծախս, հնարավոր բարձր աշխատանքային ջերմաստիճան և այլն: Այս տեսանկյունից կարևորվում է պարամետրերի արժեքների օպտիմալացման խնդիրների ձևակերպումն ու լուծումը, ուստի ԷՄ սարքերի նախագծման գործընթացում արդիական գիտատեխնիկական խնդիր է դառնում մեքենայական ուսուցման ժամանակակից մեթոդների կիրառումը:

Ատենախոսական աշխատանքի նպատակը և հիմնական խնդիրները

Աշխատանքի նպատակը էլեկտրամագնիսական համակարգերի նախագծման գործընթացում մեքենայական ուսուցման կիրառումն է: Այս նպատակն իրագործելու համար դիտարկվել և լուծվել են հետևյալ խնդիրները.

1. Ուսումնասիրվել են մեքենայական ուսուցման մեթոդները և վերլուծվել դրանց կիրառման հնարավորություններն էլեկտրամագնիսական համակարգերի նախագծման գործընթացում, ընտրվել են հետազոտության օբյեկտ էլեկտրամագնիսները:

2. Ուսումնասիրվել են ուղղընթաց խարսխով էլեկտրամագնիսի և մագնիսառեոլոգիական (ՄՌ) հեղուկով էլեկտրամագնիսական արգելակի մաթեմատիկական մոդելները, ձևավորվել են այդ համակարգերի նախագծային տվյալների շտեմարանները:

3. Կազմվել է վերամբարձ էլեկտրամագնիսի մաթեմատիկական մոդելը, առաջարկվել է մագնիսական շղթան նկարագրող ոչ գծային հավասարումների համակարգի լուծման եղանակը, ձևավորվել է վերամբարձ էլեկտրամագնիսի նախագծային տվյալների շտեմարանը:

4. Մեքենայական ուսուցման դասակարգման մեթոդներով ուսուցանվել են հետազոտության օբյեկտ էլեկտրամագնիսական համակարգերի նախագծային տվյալների շտեմարանները, լուծվել են այդ համակարգերի պարամետրերի արժեքների դասակարգման և կանխատեսման նախագծային խնդիրները:

5. Էլեկտրամագնիսական համակարգերի նախագծման գործընթացում լուծվել են այդ համակարգերի պարամետրերի արժեքների միաչափանիշային և բազմաչափանիշային օպտիմալացման խնդիրները՝ օպտիմալացման և մեքենայական ուսուցման եղանակների համակցմամբ (հիբրիդ մեթոդներ):

Հետազոտության մեթոդները

Վերամբարձ էլեկտրամագնիսի մաթեմատիկական մոդելը կազմելու համար կիրառվել է մագնիսական շղթայի փոխարինման սխեմայի մեթոդը, իսկ այդ շղթան նկարագրող ոչ գծային հավասարումների համակարգը լուծվել է Նյուտոնի մեթոդի հիման վրա առաջարկված եղանակով: Հետազոտության օբյեկտների՝ ուղղընթաց խարսխով և վերամբարձ էլեկտրամագնիսների, ՄՌ հեղուկով էլեկտրամագնիսական արգելակի նախագծային տվյալների շտեմարանների ուսուցման, ինչպես նաև նախագծային խնդիրների լուծման համար կիրառվել են մեքենայական ուսուցման դասակարգման և կանխատեսման մեթոդները: Էլեկտրամագնիսական համակարգերի պարամետրերի օպտիմալացման խնդիրները լուծվել են հիբրիդ մեթոդով՝ դասական և մեքենայական ուսուցման եղանակների համակցմամբ:

Աշխատանքի գիտական նորույթը

1. Վերամբարձ էլեկտրամագնիսի մաթեմատիկական մոդելի մշակումը, մագնիսական շղթայի ուղիղ և հակադարձ խնդիրների համար մագնիսական շղթան նկարագրող ոչ գծային հավասարումների համակարգի լուծումը:

2. Նախագծային տվյալների ուսուցանված շտեմարանները, մեքենայական ուսուցման դասակարգման ու կանխատեսման մեթոդներով նախագծային խնդիրների լուծման եղանակները հետազոտվող էլեկտրամագնիսական համակարգերի համար:

3. էլեկտրամագնիսական համակարգերի բնութագրական պարամետրերի օպտիմալացման միաչափանիշային և բազմաչափանիշային խնդիրների լուծման մեթոդներն օպտիմալացման և մեքենայական ուսուցման եղանակների զուգակցմամբ:

Աշխատանքի կիրառական նշանակությունը

Նախագծման և օպտիմալացման առաջարկվող մեթոդներն ու եղանակները կարող են արդյունավետ օգտագործվել տարատեսակ էՄ համակարգերի հետազոտության ու նախագծման գործընթացներում: Ատենախոսության արդյունքները կիրառվել են Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանի (ՀԱՊՀ) ակադեմիկոս Հարություն Թերզյանի անվան «Ավտոմատացում և էլեկտրամագնիսական համակարգեր» բազային գիտահետազոտական լաբորատորիայում՝ գիտատեխնիկական խնդիրների լուծման համար: Ստացված արդյունքները ներառվել են ՀԱՊՀ «էլեկտրամագնիսական համակարգերը ավտոմատիկայում և ռոբոտատեխնիկայում» մագիստրոսական կրթական ծրագրի դասընթացում:

Աշխատանքի արդյունքների հրապարակումը

Հետազոտությունների արդյունքներն արտացոլվել են 6 տպագիր աշխատություններում (երեքը՝ Scopus գիտատեղեկատվական շտեմարանում ընդգրկված հանդեսներում): Արդյունքները ներկայացվել են ՀԱՊՀ 2021-2024 թթ. տարեկան գիտաժողովներում, ՀԱՊՀ «էլեկտրական մեքենաներ և ապարատներ» ամբիոնի և «Ավտոմատացում և էլեկտրամագնիսական համակարգեր» բազային գիտահետազոտական լաբորատորիայի գիտական սեմինարներում:

Պաշտպանությանը ներկայացվող հիմնական դրույթները

1. Վերամբարձ էլեկտրամագնիսի մաթեմատիկական մոդելի կազմում և մագնիսական շղթան նկարագրող ոչ գծային հավասարումների համակարգի լուծում:

2. Հետազոտության օբյեկտ էՄ համակարգերի (ուղղընթաց խարսխով և վերամբարձ էլեկտրամագնիսներ, ՄՌ հեղուկով էլեկտրամագնիսական արգելակ) նախագծային տվյալների շտեմարանների կազմում և ուսուցում մեքենայական ուսուցման մեթոդներով:

3. էՄ համակարգերի նախագծման գործընթացում նախագծային տվյալների դասակարգում մեքենայական ուսուցման մեթոդներով:

4. էՄ համակարգերի նախագծման գործընթացում նախագծային տվյալների կանխատեսում մեքենայական ուսուցման մեթոդներով:

5. էՄ համակարգերի նախագծման փուլում պարամետրերի օպտիմալացման միաչափանիշային և բազմաչափանիշային խնդիրների լուծում մեքենայական ուսուցման մեթոդների կիրառմամբ (հիբրիդ մեթոդներով):

Ատենախոսության կառուցվածքը և բովանդակությունը

Աշխատանքը կազմված է ներածությունից, 4 գլխից, եզրահանգումից և օգտագործված գրականության ցանկից: Այն շարադրված է 125 էջում, պարունակում է 61 նկար, 21 աղյուսակ և 105 անուն ընդգրկող գրականության ցանկ:

Ատենախոսության ներածական մասում շարադրված է թեմայի արդիականությունը, ատենախոսության հիմնական նպատակն ու հետազոտությունների խնդիրները, բերված են աշխատանքի գիտական նորույթը, ստացված արդյունքների գործնական արժեքն ու կիրառությունները, ձևակերպված են պաշտպանության ներկայացվող հիմնական դրույթները: Կան նաև անհրաժեշտ տեղեկություններ աշխատանքի արդյունքների փորձահավանության, ատենախոսության թեմայով հրատարակված աշխատությունների, ատենախոսության կառուցվածքի ու ծավալի վերաբերյալ:

Ատենախոսության առաջին գլխում ուսումնասիրվել են մեքենայական ուսուցման երեք հիմնական տեսակները՝ ուսուցում ուսուցչով, ուսուցում առանց

ուսուցչի և խրախուսմանը ուսուցում, վերլուծվել են դրանց կիրառման առանձնահատկությունները բարդ գործընթացների ավտոմատացման, նախագծման ու համակարգերի օպտիմալացման խնդիրներում: Նշվել են էլեկտրամագնիսական համակարգերի նախագծման դասական եղանակների սահմանափակումները, բարդությունները, հիմնավորվել է ՄՌԻ մեթոդների կիրառման արդյունավետությունն ու անհրաժեշտությունը նախագծման և համակարգերի օպտիմալացման խնդիրներում: Որպես հետազոտության օբյեկտ ընտրվել են ուղղընթաց խարսխով և վերամբարձ դասական էլեկտրամագնիսներն ու ՄՌ հեղուկով էլեկտրամագնիսական արգելակը: Կատարվել է հետազոտության խնդրի արդի վիճակի վերաբերյալ գրականության վերլուծական ակնարկ:

Երկրորդ գլխում ներկայացվել են հետազոտության օբյեկտների մաթեմատիկական մոդելները, քննարկվել են դրանց կազմման համար կիրառված մեթոդները: Կառուցվել է հետազոտության օբյեկտ վերամբարձ էլեկտրամագնիսի մագնիսական շղթայի փոխարինման սխեման, կազմվել է այդ շղթայի մաթեմատիկական մոդելը՝ ոչ գծային հավասարումների համակարգը, որի լուծման համար կիրառվել է Նյուտոնի մեթոդի վրա հիմնված իտերացիոն ալգորիթմը:

Պատրաստվել է հետազոտվող էլեկտրամագնիսի փարձանմուշը, կատարվել է փորձարարական հետազոտությունը, մասնավորապես, կառավարման կոճի ՄՇՈՒ-ի տարբեր արժեքների համար չափվել են էլեկտրամագնիսական ուժի արժեքները և համեմատվել հաշվարկային արժեքների հետ (փորձարարական և հաշվարկային արժեքների առավելագույն շեղումը կազմել է 6,9%):

Ուղղընթաց խարսխով և վերամբարձ էլեկտրամագնիսների ու ՄՌ հեղուկով էլեկտրամագնիսական արգելակի համար կատարված բազմաթիվ նախագծային հաշվարկների տվյալներով կազմվել են հետազոտվող էլեկտրամագնիսական համակարգերի նախագծային տվյալների շտեմարանները, որոնք անհրաժեշտ են մեքենայական ուսուցման մեթոդները էլեկտրամագնիսների նախագծման գործընթացում կիրառելու համար:

Երրորդ գլխում քննարկվել են էլեկտրամագնիսական համակարգերի նախագծման գործընթացում ՄՌ դասակարգման և կանխատեսման մեթոդների

կիրառման առանձնահատկությունները, դիտարկվել են ՄՈՒ կիրառմամբ էլեկտրամագնիսների նախագծման եղանակները: Հետազոտության օբյեկտների նախագծային տվյալների շտեմարաններն ուսուցանվել են մեքենայական ուսուցման դասակարգման ալգորիթմներով, վերլուծվել են ստացված արդյունքները, ընտրվել առավել բարձր ճշգրտություն ապահոված ալգորիթմները: Այդ ալգորիթմներով, տվյալների առաջադրված համախմբերի համար, կատարվել են նախագծեր՝ կանխատեսվել-որոշվել են հետազոտվող էլեկտրամագնիսների նախագծային տվյալները՝ առանց ամբողջական նախագծային հաշվարկների: Նշված եղանակով էլեկտրամագնիսների նախագծումը կատարվել է բարձր ճշգրտությամբ և մեծ արագությամբ (ուղղընթաց խարսխով էլեկտրամագնիսի առաջադրված տվյալների մեկ համախմբի համար 12,7 Գբ օպերատիվ հիշողությամբ առցանց հարթակում նախագծման միջին տևողությունը կազմել է 0,0003 վրկ):

Տվյալների դասակարգման շնորհիվ հնարավոր է եղել պարզել հետազոտվող էլեկտրամագնիսի կիրառելիությունը կախոց-էլեկտրամագնիսի կայունության տիրույթում: Կանխատեսման ալգորիթմները հնարավորություն են տվել կախոց-էլեկտրամագնիսի կայունության տիրույթի բոլոր կետերի համար ուսուցանված շտեմարանից կանխատեսել-որոշել կառավարման կոճի ՄՇՈՒ-ի արժեքներն օդային բացակի և ձգող էլեկտրամագնիսական ուժի համապատասխան արժեքների համար:

Ատենախոսության **չորրորդ գլխում** անդրադարձ է կատարվել էլեկտրամագնիսական համակարգերի աշխատանքային, շահագործողական և տեխնիկակատնտեսական բնութագրերի օպտիմալացման խնդիրների լուծմանը՝ մեքենայական ուսուցման մեթոդների կիրառմամբ: Դիտարկվել են էլեկտրամագնիսների օպտիմալ նախագծման հետևյալ խնդիրները. միաչափանիշային, երբ լուծվում է մեկ բնութագրական մեծության օպտիմալացման խնդիրը, և բազմաչափանիշային, երբ միաժամանակ կատարվում է մի քանի բնութագրական մեծությունների օպտիմալացումը: Առաջարկվել է օպտիմալացման խնդիրների լուծման հիբրիդ եղանակ՝ հիմնված օպտիմալացման ալգորիթմների ու մեքենայական ուսուցման համատեղ կիրառման վրա: Այս դեպքում նպատակային ֆունկցիայի արժեքները կանխատեսվում են նախօրոք ուսուցանված տվյալների

շտեմարաններից, իսկ որոշ սահմանափումների բավարարման ստուգումը փոխարինվում է դասակարգման գործողությամբ: Առաջարկված ալգորիթմով լուծվել են ուղղընթաց խարսխով էլեկտրամագնիսի և ՄՌ հեղուկով էլեկտրամագնիսի օպտիմալ նախագծման միաչափանիշային և բազմաչափանիշային օպտիմալացման խնդիրները: Կիրառվել են գենետիկ ալգորիթմները և նպատակային ֆունկցիաների արժեքների կանխատեսման MLP Regressor-ով ուսուցանված տվյալների շտեմարանները: ՄՌ հեղուկով արգելակի օպտիմալացման համար կիրառվել են գենետիկ ալգորիթմները, կանխատեսման համար՝ Gradient Boosting Regressor-ով ուսուցանված տվյալների շտեմարանները, դասակարգման համար՝ Random Forest Classifier-ով ուսուցանված շտեմարանները: Կառավարման կոճի փաթույթի տաքացման սահմանափակման բավարարումը ստուգվել է Decision Tree Classifier-ով դասակարգված տվյալների շտեմարանից աշխատունակ նախագծերի որոշմամբ: Փոխզիջումային լուծումներ ստանալու նպատակով ձևակերպվել են բազմաչափանիշային օպտիմալացման խնդիրները, որոնք լուծելու համար կիրառվել են կշռային գործակիցների և իդեալական կետի եղանակները:

Ատենախոսության եզրահանգման բաժնում ներկայացված են հիմնական արդյունքները:

Ատենախոսական աշխատանքն, ընդհանուր առմամբ, հանդիսանում է ավարտուն գիտական հետազոտություն, ներառում է էլեկտրամագնիսների հետազոտման և նախագծման արդիական խնդիրներում նոր լուծումներ՝ մեքենայական ուսուցման կիրառմամբ: Աշխատանքը կատարված է բարձր գիտատեխնիկական մակարդակով, ունի գիտական ու կիրառական նորույթ և արժեքավորություն, ստացված արդյունքները հիմնավորված են տեսական ճանապարհով և փորձարարությամբ: Նախագծումների ու հետազոտությունների մեթոդակարգերը կարելի է օգտագործել նաև այլ նշանակության էլեկտրամագնիսական սարքավորումների մշակումներում, ատենախոսությունը շարադրված է գրագետ, տրամաբանական հաջորդականությամբ:

Սեղմագիրը և հեղինակի հրատարակած աշխատությունները լիովին արտացոլում են ատենախոսության հիմնական դրույթները:

Դիտողություններ ատենախոսության վերաբերյալ

1. Ներածական մասում սահմանվել է աշխատանքի նպատակը հետևյալ կերպ՝ «Աշխատանքի նպատակը էլեկտրամագնիսական համակարգերի նախագծման գործընթացում մեքենայական ուսուցման կիրառումն է»: Կիրառումը չի կարող լինել նպատակ, նպատակն այն վերջնարդյունքն է, որը ստացվում է այդ կիրառման շնորհիվ, օրինակ, բարձրացվել է էլեկտրամագնիսների նախագծման ճշգրտությունը և արագությունը, պարզեցվել է նախագծման գործընթացը: Իսկ մեքենայական ուսուցման կիրառումը միջոց է այդ նպատակին հասնելու համար:

2. «Պաշտպանությանը ներկայացվող հիմնական դրույթները» բաժնում թվարկված կետերից թիվ 3-ը և թիվ 4-ը շարադրված են հետևյալ բովանդակությամբ.

- ԷՄ համակարգերի նախագծման գործընթացում նախագծային տվյալների դասակարգում մեքենայական ուսուցման մեթոդներով:

- ԷՄ համակարգերի նախագծման գործընթացում նախագծային տվյալների կանխատեսում մեքենայական ուսուցման մեթոդներով:

Դրանք իրարից տարբերվում են միայն մեկական բառով, ուստի իմաստ չունեն անջատել դրանք իրարից, կարելի էր դրանք միացնել և շարադրել հետևյալ խմբագրությամբ՝

«ԷՄ համակարգերի նախագծման գործընթացում նախագծային տվյալների դասակարգում և կանխատեսում մեքենայական ուսուցման մեթոդներով»:

Ի դեպ, նույնը կարելի էր անել նաև «Ատենախոսական աշխատանքի նպատակը և հիմնական խնդիրները» բաժնում՝ միավորելով թիվ 4 և թիվ 5 խնդիրները:

3. Էջ 22 և էջ 23-ում բերված նկարներում պատկերված են հետազոտության օբյեկտների կառուցվածքները. ուղղընթաց խարսխով էլեկտրամագնիսինը (նկ. 1.4), վերամբարձ էլեկտրամագնիսինը (նկ. 1.5), ՄՌ հեղուկով արգելակինը (նկ. 1.6): Բացատրված է դրանց աշխատանքի սկզբունքը: Վերամբարձ էլեկտրամագնիսի բացատրագրում գրված է. «Վերամբարձ էլեկտրամագնիսի (նկ. 1.5) մագնիսալարի միջուկի վրա տեղադրված կառավարման կոճի փաթույթի հոսանքի մագնիսական դաշտի ազդեցությամբ ձևավորվում է ձգող էլեկտրամագնիսական P_z ուժը, որի

բավարար արժեքի դեպքում էլեկտրամագնիսը հաղթահարում է բեռի հակազդող P_p ուժը և դեպի բևեռներ ձգում բեռը», սակայն նկ. 1.5-ում P_z և P_p ուժերը նշված չեն:

Նույնը վերաբերում է նկ. 1.6-ին, որի բացատրագրում նշված են P_z և P_z ուժերը, իսկ նկարում դրանք չկան:

4. Վերամբարձ էլեկտրամագնիսի մաթեմատիկական մոդելը կազմելիս մագնիսական շղթայի փոխարինման սխեմայում (էջ 35, նկ. 2.6) չեն ներառվել օդային բացակների եզրային մագնիսական հոսքերը և համապատասխան մագնիսական դիմադրությունները:

5. էլեկտրամագնիսական կախոցի նախագծման փուլում (բաժին 3.2) մեքենայական ուսուցման մեթոդների հետաքրքիր և արդյունավետ կիրառությամբ հանդերձ ցանկալի կլիներ լուծվեր նաև նախագծված կախոցի կայունության խնդիրը:

6. Օգտագործած գրականությանը կատարված հղումները համատարած օգտագործված են որպես նախադասության անդամ, իսկ թիվ 1.2 բաժնում նախադասությունների մեծ մասն սկսվում է հենց այդ համարներով:

7. Կան վրիպակներ և սխալ տերմիններ, օրինակ, «հաշվարկա-նախագծային մեթոդներ» (էջ 4), որտեղ ա-ն հոդակապ է, բայց առկա է նաև գծիկը, «բարելավել մոդելավորման ճշտությունը» (էջ 17), «էլաստոմերներ» (էջ 19) և այլն:

8. Մշակված տեխնիկական լուծումները չեն փորձարկվել արտադրական պայմաններում, դրանց ներդրման վերաբերյալ չկան տվյալներ:

Ամփոփիչ եզրակացություն

Վերոնշյալ դիտողություններն ու վրիպակները մասնակի են, ունեն խորհրդատվական ու երաշխավորական բնույթ, չեն իջեցնում կատարված աշխատանքի գիտական ու կիրառական բարձր մակարդակը: Ա.Ա. Հովհաննիսյանի ատենախոսությունը կիրառական կարևոր խնդրի լուծումն ապահովող տեսականորեն հիմնավորված և գործնականում իրականացված լուծում է, որը նպաստում է էլեկտրամագնիսական համակարգերի նախագծման ոլորտի զարգացմանը:

Առաջադրված ու լուծված խնդիրների արդիականությամբ, կատարված հետազոտությունների ծավալով, ստացված արդյունքների գիտական և կիրառական արժեքավորությամբ ատենախոսությունը լիովին համապատասխանում է ՀՀ ԲԿԳԿ գիտական աստիճանների շնորհման կարգով թեկնածուական ատենախոսություններին ներկայացվող պահանջներին: Ա.Ա. Հովհաննիսյանն արժանի է Ե.09.01՝ «Էլեկտրատեխնիկա, էլեկտրամեխանիկա, էլեկտրատեխնոլոգիաներ» մասնագիտությամբ տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի շնորհմանը:

Պաշտոնական ընդդիմախոս՝

ՀԱՊՀ Գյումրու մասնաճյուղի

«Կիրառական մաթեմատիկա և

տեղեկատվական տեխնոլոգիաներ»

ամբիոնի պրոֆեսոր, տ.գ.դ.



Բ.Մ. Մամիկոնյան

Բ.Մ. Մամիկոնյանի ստորագրության իսկությունը հաստատում եմ՝

ՀԱՊՀ Գյումրու մասնաճյուղի

գիտական քարտուղար՝



Ն.Կ. Մանասյան

" 23 " 06 2026թ.