

Ա.Խ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ, Ա.Գ. ԱՎԵՏԻՍՅԱՆ, Ա.Ա. ՇԱՀԲԱԶՅԱՆ, Ն.Վ. ԱՊԵՏՅԱՆ

**ԷԼԵԿՏՐՈՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆ ԿԱԽՈՑԻ ԱՎՏՈՄԱՏԱՑՎԱԾ ՆԱԽԱԳԾՄԱՆ
ՀԱՄԱԿԱՐԳ**

Մշակվել է էլեկտրամագնիսական կախոցի, մասնավորապես, մագնիսական բարձու արագընթաց գնացքների կախոցի ավտոմատացված նախագծման համակարգը: Ձևակերպվել և լուծվել են էլեկտրամագնիսական կախոցի կառավարման փաթույթի օպտիմալ նախագծման և կախոցի կառավարման խնդիրները:

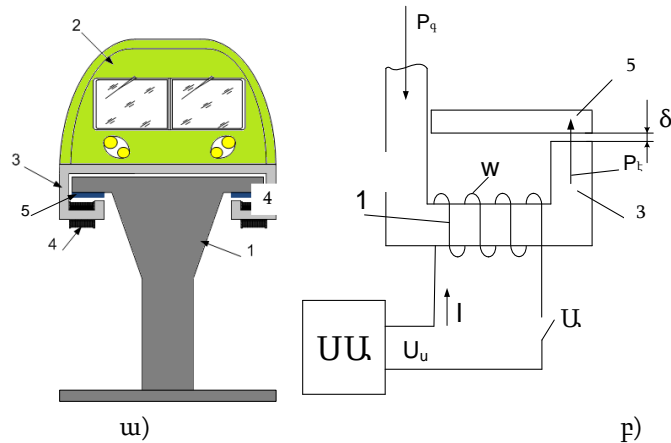
Առանցքային բառեր. էլեկտրամագնիսական կախոց, մագնիսական բարձ, կառավարման փաթույթ, ավտոմատացված նախագծման համակարգ:

Տեխնոլոգիական գործընթացներում, ավտոմատացման ու կառավարման համակարգերում մեխանիկական բեռը օդում կախված վիճակում պահելու նպատակով օգտագործվում են մագնիսական կախոցներ, որոնք մարմնի վրա ազդող ծանրության ուժը հավասարակշռում են էլեկտրամագնիսական ուժով: Մագնիսական կախոցները կիրառվում են, մասնավորապես, ժամանակակից տրանսպորտային համակարգերում՝ արագընթաց գնացքներում՝ գնացքը շարժուղուց վեր բարձրացնելու և օդում կախված վիճակում պահելու և դրանով իսկ շփման ուժի ազդեցությունը վերացնելու նպատակով [1]: Կախոցների շնորհիվ գնացքը, գծային էլեկտրաշարժիչով կամ որևէ այլ բնույթի շարժիչով ստեղծված քարշիչ ուժի ազդեցությամբ, ոչ թե ընթանում է ռելսերի վրայով, այլ թռչում-ճախրում է շարժուղու վրայով: Շարժուղու և օդում կախված գնացքի միջև առաջացած օդային շերտը, որին «հենվում-թիկնում» է գնացքը, պայմանականորեն անվանվում է «մագնիսական բարձ»:

Շահագործվող արագընթաց գնացքներում կիրառվում են էլեկտրամագնիսական (EMS համակարգ) և էլեկտրադինամիկական (EDS համակարգ) մագնիսական կախոցներ [1]:

Էլեկտրամագնիսական կախոցներով (EMS) աշխատող գնացքներում ձգող ուժը, որը շարժուղուց վեր է բարձրացնում գնացքը, ստեղծվում է էլեկտրամագնիսական դաշտի շնորհիվ: Այս դեպքում գնացքը շարժվում է T-աձև շարժուղու վրայով: Ձգող-բարձրացնող էլեկտրամագնիսները տեղադրվում են գնացքի ու շարժուղու եզրամասերում: EMS տեխնոլոգիայի հիմնական առանձնահատկությունն այն է, որ կախոցի աշխատանքը պետք է կառավարվի՝ վերահսկվի և կարգավորվի ավտոմատացված համակարգի միջոցով: Կախոցն աշխատում է հաստատուն հոսանքի մարտկոցներով, որոնք տեղադրված են գնացքի վրա և լիցքավորվում են գծային զեներատորով: EMS համակարգն ունի համեմատաբար պարզ տեխնոլոգիական լուծումներ և բավականին փոքր արժեք: Էլեկտրամագնիսական կախոցներով է աշխատում, մասնավորապես, Շանհայի արագընթաց գնացքը՝ Transrapid SMT-ը, որը մշակվել է Գերմանիայում 2003թ. և զարգացնում է 501 կմ/ժ արագություն:

Նկ.1 -ում ներկայացված են էլեկտրամագնիսական կախոցով գնացքի պայմանական սխեման և կախոցի կառուցվածքային սխեման:



Նկ. 1. Էլեկտրամագնիսական կախոցով արագընթաց գնացքի ա) պայմանական, բ) կառուցվածքային սխեման.

1- շարժողին հենասյան հետ, 2- գնացքը, 3- էլեկտրամագնիսական կախոցի շարժական մագնիսալարը, 4- կախոցի կառավարման փաթույթը, 5- ուղղանկյուն հատույթով պողպատե գծաշերտը

Ուղղանկյուն հատույթով պողպատե գծաշերտը կախոցի համար խարսխի դեր է կատարում (այսուհետ՝ խարսխի): Կախոցի կառավարման փաթույթը՝ ՄԱ սնման աղբյուրին է միացվում Ա անջատիչի միջոցով (նկ.1, բ): Փաթույթի I հաստատուն հոսանքի արժեքը պայմանավորված է փաթույթի R_{Φ} էլեկտրական դիմադրության և սնման աղբյուրի էլքային U_u լարման արժեքներով.

$$I = \frac{U_u}{R_{\Phi}} \quad (1)$$

Հոսանքը ստեղծում է մագնիսական դաշտ, որի Φ մագնիսական հոսքը հիմնականում փակվում է կախոցի 3 մագնիսալարով ու 5 խարսխով և դրանց միջև առկա δ չափով օդային բացակով (նկ.1, բ): Էլեկտրամագնիսի 1 մագնիսալարի և խարսխի միջև առաջանում է ձգող էլեկտրամագնիսական P_t ուժը, որի արժեքը կարելի է որոշել էներգետիկական հայտնի բանաձևով [2].

$$P_t = -\frac{1}{2} (IW)^2 \frac{d\Lambda}{d\delta} \quad (2)$$

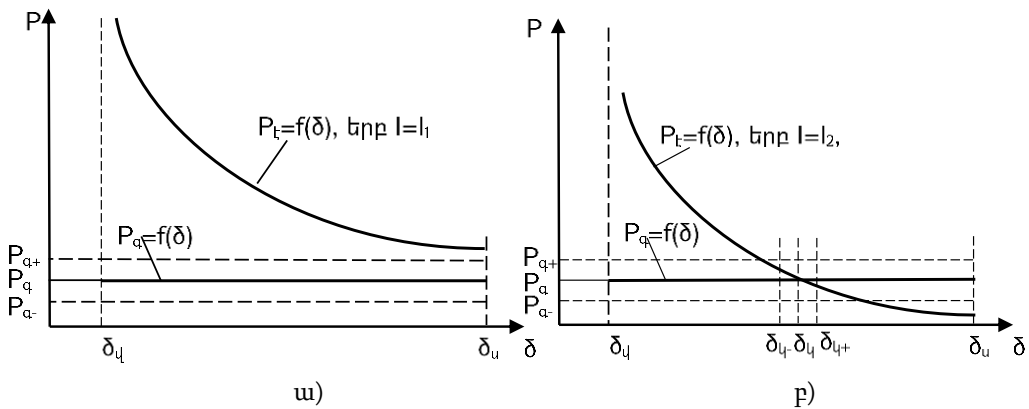
որտեղ W -ն կառավարման փաթույթի գալարների քանակն է, Λ -ն՝ համակարգի լրիվ մագնիսական հաղորդականությունը:

Էլեկտրամագնիսական P_t ուժը «ձգտում է» փոքրացնել աշխատանքային օդային բացակի δ չափը՝ ձգել և անշարժ խարսխին մոտեցնել մագնիսալարը: Այս տեղա-

շարժի շնորհիվ է շարժուղուց վեր բարձրանում գնացքը: Այդ ուժին հակազդում է P_q ուժը՝ գնացքի կշռի այն մասը, որը համապատասխանում է մեկ առանձին կախոցին: Հետևապես, կախոցը P_t ձգող ուժի ազդեցությամբ վեր կբարձրանա միայն այն դեպքում, եթե ձգող ուժը գերազանցի հակազդող ուժը.

$$P_t > P_q : \quad (3)$$

Այս պայմանը ներկայացնենք գրաֆիկով: Էլեկտրամագնիսի քարշային և հակազդող բնութագրերը տրված են նկ.2 ա - ում. քարշային բնութագիրը ձգող էլեկտրամագնիսական P_t ուժի արժեքի կախվածությունն է բացակի δ չափից՝ $P_t=f(\delta)$, իսկ հակազդող բնութագիրը՝ մեխանիկական հակազդող P_q ուժի կախվածությունը δ չափից՝ $P_q=f(\delta)$ [2]: Գրաֆիկի վրա P_{q+} -ը հակազդող ուժի հնարավոր նվազագույն արժեքն է, իսկ P_{q-} -ը՝ առավելագույն: I_1 -ը հոսանքի այն արժեքն է, որի դեպքում կախոցը բանեցվում է:



Նկ. 2. Կախոցի էլեկտրամագնիսական համակարգի քարշային՝ $P_t=f(\delta)$ և հակազդող՝ $P_h=f(\delta)$ բնութագրերը. ա) բանեցման պայմանը և բ) օդային բացակի չափի ապահովման պայմանը

Նկարից հետևում է, որ կախոցի փաթույթի հոսանքի I_1 արժեքի դեպքում P_t ուժի արժեքը օդային բացակի ամբողջ երկարությամբ գերազանցում է հակազդող ուժի արժեքը: Սա նշանակում է, որ եթե մագնիսալարի շարժումը դեպի խարսիսի (դեպի δ_l վերջնական բացակ) չարգելակվի, ապա մագնիսալարի բևեռը կկաշի խարսիսին, և օդում գտնվող գնացքը կամ չի կարողանա շարժվել, կամ կվթարվի: Նշված երևույթը կանխելու համար անհրաժեշտ է մագնիսալարը, ճանապարհին δ_l բացակին համապատասխանող որևէ դիրքում, կանգնեցնել այնպես, որ գնացքը շարժուղու նկատմամբ գտնվի նախընտրելի բարձրության վրա և թույլատրելի սահմաններում պահպանի այդ բարձրությունը: Խնդիրը կարելի է լուծել, եթե մագնիսալարի δ_l բացակին համապատասխանող դիրքում հավասարակշռվեն ձգող P_t և հակազդող P_h ուժերը: (2) բանաձևի համաձայն՝ սա կարելի է իրագործել՝ փոքրացնելով

կախոյցի փաթույթի I հոսանքի արժեքն այնքան, որ δ_y բացակի համար ստանանք $P_t = P_q$ պայմանը, որը գրաֆիկորեն ներկայացված է նկ.2 բ-ում: Գրաֆիկի վրա նշված են նաև բացակի արժեքի թույլատրելի առավելագույն՝ δ_{y+} և նվազագույն՝ δ_{y-} արժեքները:

Նշենք, որ հոսանքի արժեքի որոշակի օրինաչափությամբ փոփոխությունը՝ կախոյցի բանեցման ու կախոյցի աշխատանքի կառավարման նպատակով, հնարավոր կլինի կատարել, եթե հոսանքի յուրաքանչյուր հանձնարարված արժեքի դեպքում հայտնի լինի $P_t(\delta)$ կախվածությունը: Մա կարելի է իրագործել կախոյցի էլեկտրամագնիսական համակարգի մաթեմատիկական մոդելի առկայության դեպքում, որի համաձայն կմշակվի կախոյցի ավտոմատացված նախագծման համակարգը, և արդյունքում՝ կստեղծվի կախոյցի կայուն աշխատանքն ապահովող կառավարման համակարգը:

Կախոյցի էլեկտրամագնիսական համակարգի մաթեմատիկական մոդելը հեղինակների կողմից մշակվել է կախոյցի մագնիսական դաշտի FEMM միջավայրում [3]՝ թվային մոդելավորման արդյունքների վերլուծության ճանապարհով, էլեկտրամագնիսական համակարգերի հաշվարկի ու նախագծման շղթայական մեթոդների [4, 5] կիրառմամբ, մագնիսալարի ու խարսխի նյութի (պողպատ) մագնիսական հատկությունների ոչ գծային բնույթի հաշվառմամբ, նպատակ ունենալով δ -ի ընթացիկ արժեքների համար բացահայտել P_t ուժի և կառավարման փաթույթի $F=IW$ մագնիսաշարժ ուժի (ՄՇՈՒ) փոխադարձ կապը:

Մագնիսական կախոյցի ավտոմատացված նախագծման համակարգը մշակելիս ելակետային են ընդունվել հետևյալ հիմնական նախնական տվյալները.

1. էլեկտրամագնիսի (մագնիսալարի) վրա գործող P_q հակազդող ուժի արժեքը և, δ -ից կախված, դրա փոփոխության օրինաչափությունը (հակազդող բնութագիր),
2. սնման լարման անվանական արժեքը,
3. աշխատանքային միջավայրի պայմանները,
4. էլեկտրամագնիսի աշխատանքի բնույթը (ռեժիմը):

Ավտոմատացված նախագծման համակարգը (ԱՆՀ) մշակելիս դիտարկվել և կախոյցի մաթեմատիկական մոդելի հիման վրա ու էլեկտրամագնիսական համակարգերի հաշվարկի և նախագծման հայտնի մեթոդների [4-6] կիրառմամբ լուծվել են էլեկտրամագնիսական համակարգերի նախագծման հետևյալ խնդիրները.

1. Կախոյցի բոլոր հանգույցների չափերի որոշում, պողպատե տեղամասերի (մագնիսալար և խարսխ) նյութի ընտրություն, P_t ձգող էլեկտրամագնիսական ուժի և կախոյցի բանեցման հոսանքի (ՄՇՈՒ-ի) արժեքների որոշում (էլեկտրամագնիսի նախագծային հաշվարկ):
2. Կառավարման փաթույթի հոսանքի (ՄՇՈՒ-ի) հանձնարարված արժեքների համար P_t ուժի արժեքների որոշում և քարշային բնութագրերի կառուցում (ստուգողական հաշվարկ):

3. Կառավարման փաթույթի չափերի և հաղորդալարի տեսակի ընտրություն, գալարների քանակի, հզորության, ջերմաստիճանի որոշում:

ԱՆՀ-ում վերոհիշյալ բոլոր խնդիրները լուծվում են փոխհամաձայնեցված, անհրաժեշտության դեպքում՝ հաշվարկված արժեքների ճշգրտման հնարավորությամբ:

Նախագծման համակարգը մշակելիս առաջնային է համարվել կախոցի ծախսած էլեկտրական էներգիայի հնարավորինս փոքր ծախսը: Այս նպատակով ձևակերպվել է կառավարման փաթույթի օպտիմալացման խնդիրը, որում որպես օպտիմալացման չափանիշ ընտրվել է էլեկտրական հզորության մինիմալացումը:

Խնդիրը լուծվել է կառավարման փաթույթի պարամետրերը փոփոխելու ճանապարհով: Որպես փոփոխականներ ընտրվել են փաթույթի հաղորդալարի տրամագիծը և սնման լարումը: Այսպես, պղնձե մեկուսացված փաթույթային հաղորդալարերը արտադրվում են որոշակի տրամագծերով, որոնք տրվում են տեղեկագրքերում, իսկ սնման լարման համար կարող են կիրառվել գործող ստանդարտներով սահմանված, օրինակ, հետևյալ արժեքները՝ 110 Վ, 220 Վ, 400 Վ և 600 Վ:

Այսպիսով, օպտիմալացման խնդրի ձևակերպումը հետևյալն է. տրված ՄՇՈՒ-ի արժեքի և մագնիսալարի չափերի պայմաններում գտնել հաղորդալարի $d_{հաղ}$ տրամագծի և փաթույթի U_u սնման լարման այնպիսի արժեքներ, որոնց դեպքում կբավարարվեն սահմանափակումները, և կապահովվի փաթույթի նվազագույն էլեկտրական հզորությունը:

Խնդրի մաթեմատիկական մոդելն ունի հետևյալ տեսքը՝

- նպատակային ֆունկցիան՝

$$P(d_{հաղ}, U_u) \rightarrow \min_{d_{հաղ}, U_u},$$

- սահմանափակումները՝

$$h_{\psi}(d_{հաղ}, U_u) \leq h_{\psi max},$$

$$h_{\phi}(d_{հաղ}, U_u) \geq h_{\phi min},$$

$$\theta_{qեր}(d_{հաղ}, U_u) \leq \theta_{max},$$

$$\theta_{qեր}(d_{հաղ}, U_u) \geq \theta_{min},$$

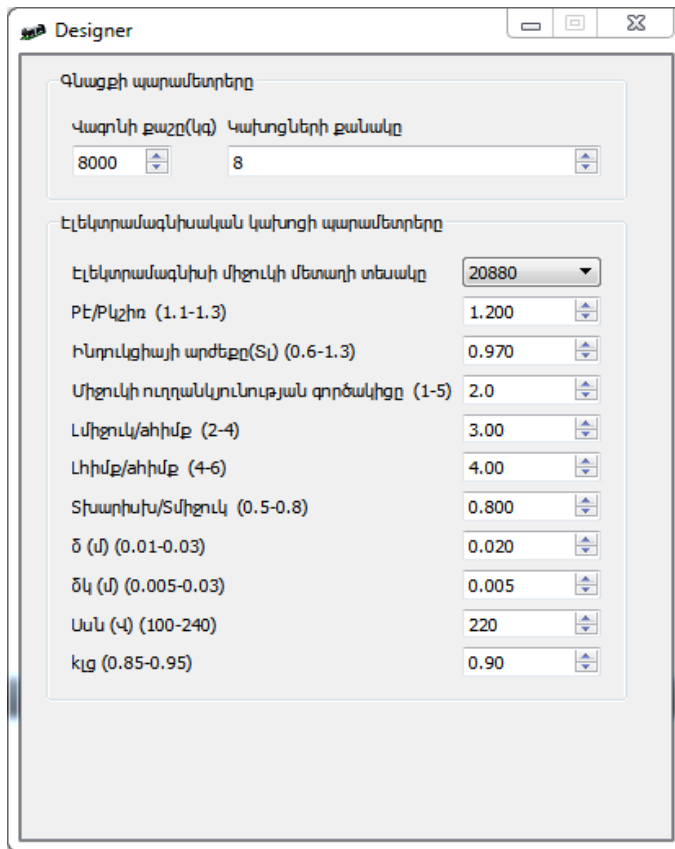
որտեղ P -ն էլեկտրական հզորությունն է, h_{ψ} -ն՝ փաթույթի պատուհանի բարձրությունը, $\theta_{qեր}$ -ը՝ փաթույթի գերտաքացումը, $h_{\psi max}$ -ը՝ փաթույթի առավելագույն բարձրությունը՝ պայմանավորված փաթույթի պատուհանի վերջավոր չափերով, $h_{\phi min}$ -ը՝ փաթույթի նվազագույն բարձրությունը, θ_{max} -ը՝ թույլատրելի առավելագույն գերտաքացումը՝ կախված հաղորդալարի մեկուսչի տեսակից և աշխատանքային ջերմաստիճանից [6], θ_{min} -ը՝ նվազագույն գերտաքացումը:

Ձևակերպված խնդիրը ոչ գծային դիսկրետ ծրագրավորման խնդիր է, որտեղ հաղորդակարի տրամագիծը՝ $d_{\text{հար}}$, փաթույթի սնման լարումը՝ U_0 , որոշակի դիսկրետ արժեքներ ունեցող փոփոխականներ են, և որոնց օպտիմալ արժեքների դեպքում ստացվում է փաթույթի նվազագույն հզորությունը: Խնդրի լուծման համար կիրառվել են լրիվ ընտրանքների և կոորդինատային վայրէջքի եղանակները [7], որոնց մեքենայական իրականացումներն ընդգրկվել են ԱՆՀ-ում:

ԱՆՀ-ի ծրագրային միջոցը մշակվել է ծրագրավորման c++ լեզվով, Qt Creator միջավայրում [8]: Այն հնարավորություն է տալիս կախոցի նախագծման ընթացքում ստանալու դրա ֆիզիկական չափերը, ընտրելու մագնիսալարի ու խարսխի նյութերը, որոշելու պարամետրերի արժեքները և կառուցելու աշխատանքային բնութագրերը: Ինչպես նշեցինք, կարելի է ստանալ կառավարման փաթույթի հաղորդակարի տրամագծի և կոճը սնող լարման այն օպտիմալ արժեքները, որոնք ապահովում են էլեկտրաէներգիայի նվազագույն ծախս:

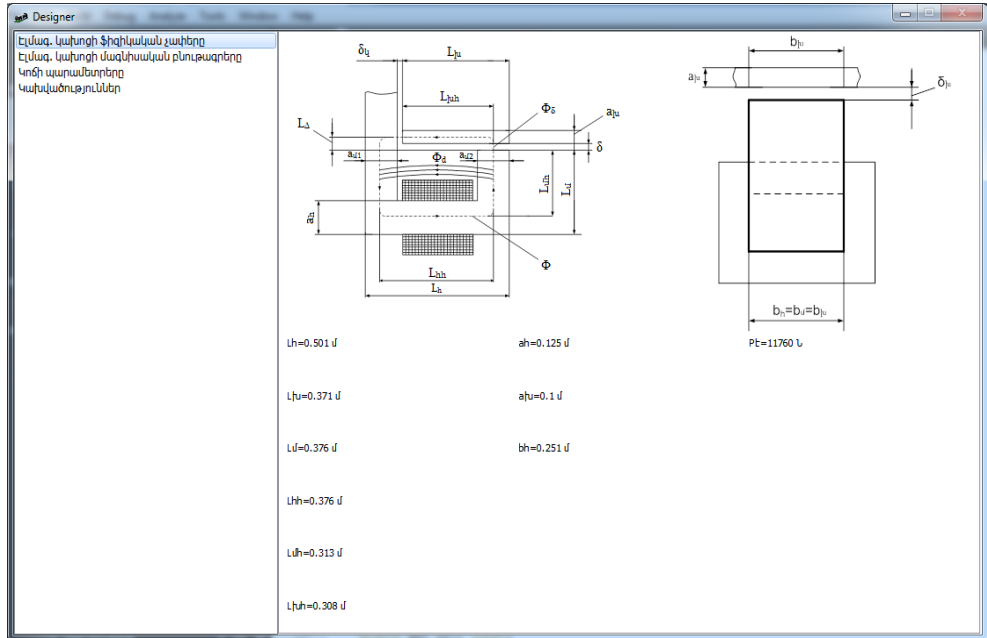
Համառոտ նկարագրենք փաթեթի աշխատանքը: Designer.exe ֆայլը թողարկելիս բացվում են երկխոսության երկու պատուհաններ: Ծրագրի հիմնական պատուհանը (նկ. 3) նախատեսված է մուտքային տվյալները փոփոխելու համար: Ծրագիրը թողարկելիս մուտքային տվյալներին նախապես վերագրվում են արժեքներ, և այդ արժեքների համար որոշվում են էլեկտրամագնիսական կախոցի բնութագրերն ու արտածվում հաջորդ պատուհանում (նկ. 4): Ծրագրային ապահովումը նախագծողին հնարավորություն է տալիս փոփոխելու մուտքային փոփոխականների արժեքները տրված միջակայքում և միաժամանակ՝ հետևելու էլեկտրամագնիսական կախոցի պարամետրերի փոփոխություններին: Նման մոտեցման շնորհիվ նախագծողը բավականին կարճ ժամանակահատվածում կարողանում է ստանալ էլեկտրամագնիսական կախոցի նախագծային տարբերակը:

Ծրագրային ապահովման երկրորդ պատուհանը (նկ. 4) բաղկացած է 4 ներդիրներից՝ *էլեկտրամագնիսական կախոցի ֆիզիկական չափեր*, *էլեկտրամագնիսական կախոցի մագնիսական բնութագրեր*, *կառավարման փաթույթի պարամետրեր*, *կախվածություններ*: Այսպես, առաջին ներդիրում (նկ. 4) պատկերված է էլեկտրամագնիսական կախոցը, արտածված են կախոցի բոլոր ֆիզիկական չափերը և ձգող էլեկտրամագնիսական ուժը (P_t), որ զարգացնում է կախոցը:

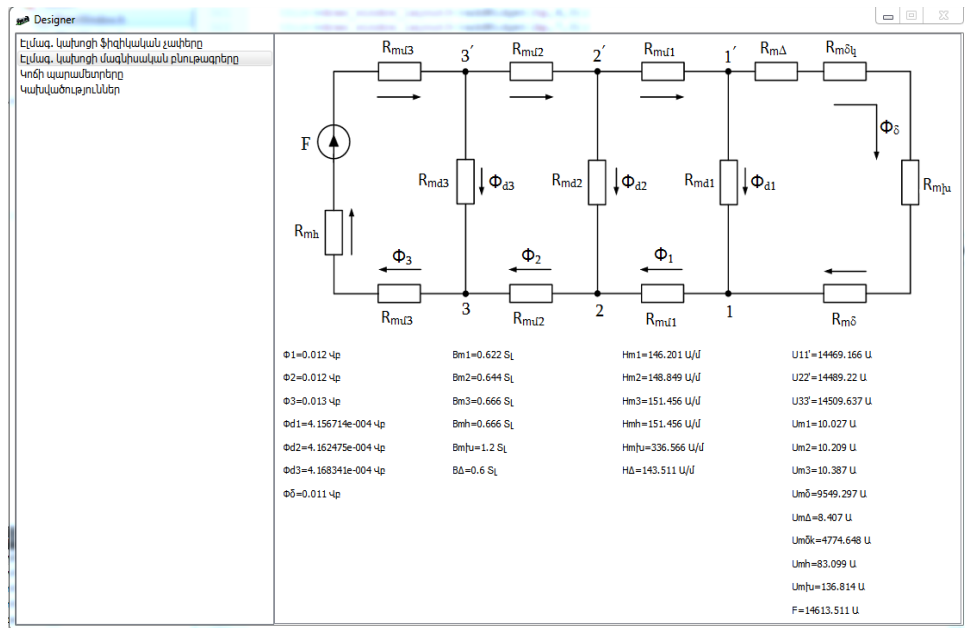


Նկ. 3. Ծրագրի հիմնական պատուհանը

Երկրորդ ներդիրում (նկ. 5) պատկերված է կախոցի մագնիսական շղթայի փոխարինման սխեման, և արտաձված են շղթայի տեղամասերի մագնիսական բնութագրերը՝ մագնիսական ինդուկցիաներն ու մագնիսական լարվածությունները, մագնիսական հոսքերը, մագնիսական պոտենցիալների տարբերությունները, կառավարման փաթույթի ՄՇՈՒ-ն: Երրորդ ներդիրում (նկ. 6) արտաձված են կառավարման փաթույթի (կոճի) ֆիզիկական չափերը, փաթույթի հոսանքի և գերտաքացման արժեքները: «Օպտիմալացնել կոճի պարամետրերը» գործիքը նախատեսված է կոճի էլեկտրական հզորությունը մինիմալացնելու համար: Երբ լուծվում է օպտիմալացման խնդիրը, բացվում է հաղորդագրությունների պատուհանը (նկ. 7), որտեղ արտաձվում են այն պարամետրերի արժեքները, որոնք օպտիմալացման արդյունքում փոփոխվել են: Նախագծողը կարող է պահպանել ստացված էլեկտրամագնիսական կախոցի նախագծված տարբերակը «Պահպանել արդյունքները» գործիքի միջոցով: Այս դեպքում ստեղծվում է տեքստային ֆայլ՝ նպատակահարմար թղթապանակում և անվամբ, որտեղ գրանցվում են կախոցի բոլոր բնութագրերը (նկ. 8):

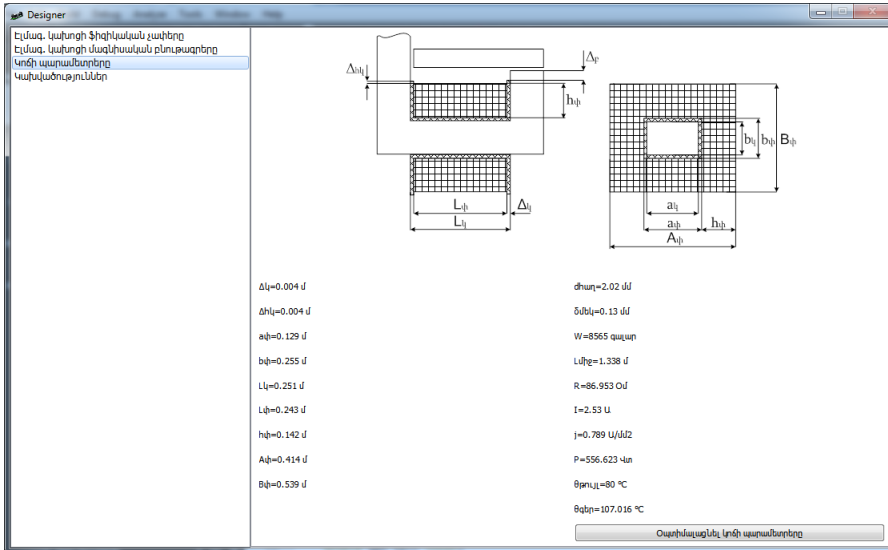


Նկ. 4. Ծրագրային ապահովման երկրորդ պատուհանի առաջին ներդիրը

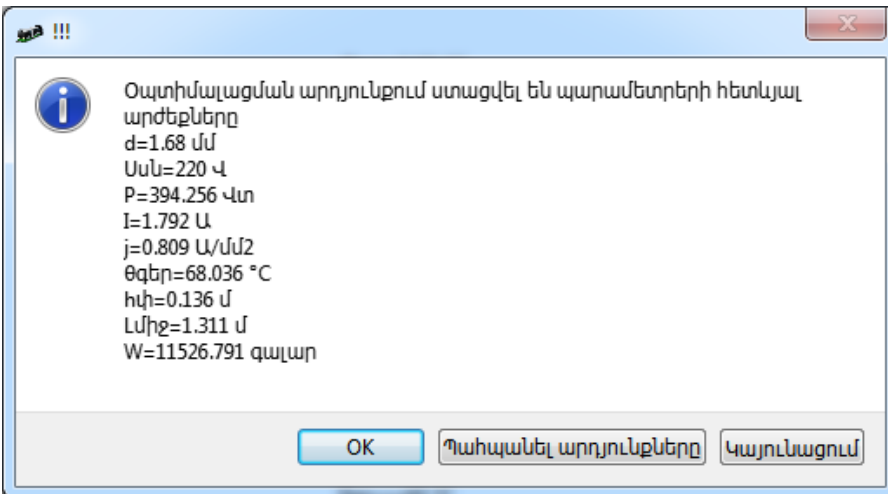


Նկ. 5. Ծրագրային ապահովման երկրորդ պատուհանի երկրորդ ներդիրը

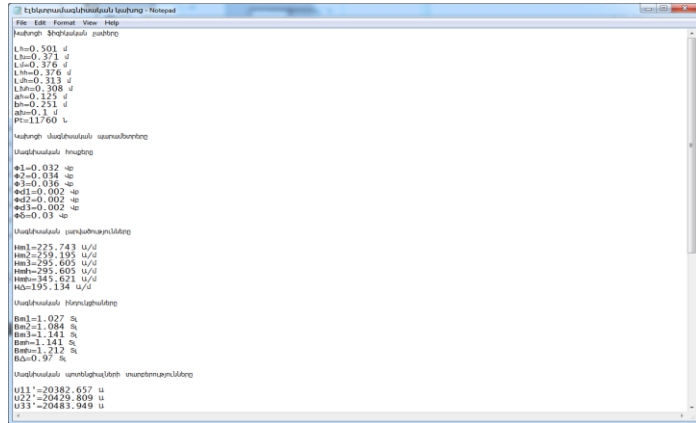
Չորրորդ ներդիրում պատկերվում են կախոցի որոշ բնութագրերը գրաֆիկների տեսքով:



Նկ. 6. Ծրագրային ապահովման երկրորդ պատուհանի երրորդ ներդիրը

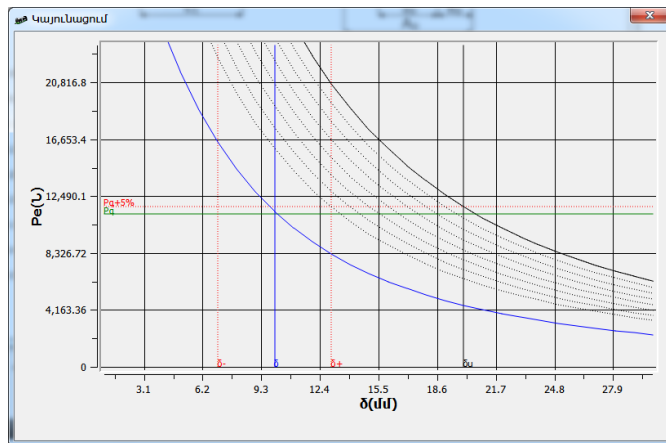


Նկ. 7. Օպտիմալացման արդյունքում ստացված պարամետրերի պատուհանը



Նկ. 8. Կախոցի բնութագրերով տեքստային ֆայլը

Ինչպես վերը նշվեց, մշակված ԱՆՀ-ն հնարավորություն է տալիս լուծելու կախոցի կառավարման խնդիրը, որը հանգում է որոշակի թույլատրելի սահմաններում կախոցի օդային աշխատանքային բացակի չափի, կամ, որ նույնն է, շարժուղու նկատմամբ գնացքի անվտանգ բարձրության պահպանմանը: Նկ. 9-ում տրված են ԱՆՀ-ով ստացված՝ կախոցի բանեցումը կարգավորող քարշային բնութագրերը: Կառավարման համակարգը ոչ միայն լուծում է ձգող և հակազդող ուժերի հավասարակշռման խնդիրը, այլև կարգավորում է կախոցի բանեցման գործընթացը:



Նկ. 9. Կախոցի բանեցումը կարգավորող քարշային բնութագրերը՝ ստացված էլեկտրամագնիսական կախոցի կառավարման ծրագրային փաթեթով

Այսպիսով, էլեկտրամագնիսական կախոցի մշակված մաթեմատիկական մոդելի և նախագծման եղանակի հիման վրա ստեղծվել է կախոցի ավտոմատացված նախագծման համակարգը: Այն հնարավորություն է տալիս առաջադրված էլակետային տվյալներով նախագծելու էլեկտրամագնիսական կախոց, որը կարելի է կի-

րառել, մասնավորապես, մագնիսական բարձով արագընթաց գնացքներում: Ձևակերպվել և ԱՆՀ-ում լուծվել են էլեկտրամագնիսական կախոցի կառավարման փաթույթի օպտիմալ նախագծման և կախոցի կառավարման խնդիրները:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. <http://itc.ua/articles/poezda-na-magnitnoy-podushke-transport-sposobnyiy-izmenit-mir/>
2. **Գրիգորյան Ա.Խ.** Կառավարման էլեկտրական ապարատներ: Ուսումնական ձեռնարկ.- Եր.: ՀՊՃՀ, Ճարտարագետ, 2011.-176 էջ:
3. <http://www.femm.info/wiki/HomePage>
4. Электрические и электронные аппараты / Под ред. **Ю. К. Розанова.** -2-е изд., испр. и доп.- М.: Информэлектро, 2001.-420 с.
5. **Գրիգորյան Ա.Խ.** Կառավարման և մեքենայացման էլեկտրամագնիսական համակարգեր (հետազոտություն, հաշվարկ և նախագծում, նոր համակարգերի մշակում). Դոկտ.ատեն. սեղմագիր. - Եր., 1996:
6. **Соболев С.Н.** Расчет и конструирование низковольтной электрической аппаратуры.- М.: Высшая школа, 1981.-224 с.
7. **Terzyan H.** Simulation of Electromechanical Systems: Numerical Methods and Solutions. - VDM Verlag, 2009. - 280 p.
8. Ezust Alan, Ezust Paul Introduction to Design Patterns in C++ with Qt (2nd Edition).- Prentice Hall, 2011.- 768 p.

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 23.08.2016:

Ա.Ջ. ГРИГОРЯН, А.Г. АВETИСЯН, А.А. ШАХБАЗЯН, Н.В. АПЕТЯН

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОДВЕСА

Разработана автоматизированная система проектирования электромагнитных подвесов, в частности, подвесов, применяемых в высокоскоростных поездах на магнитной подушке. Сформулированы и решены задача оптимального проектирования обмотки управления электромагнитным подвесом и задача управления подвесом.

Ключевые слова: электромагнитный подвес, магнитная подушка, обмотка управления, автоматизированная система проектирования.

A.KH. GRIGORYAN, A.G. AVETISYAN, A.A. SHAHBAZYAN, N.V. APETYAN

AN AUTOMATED DESIGN SYSTEM OF ELECTROMAGNETIC SUSPENSION

An automated design system of electromagnetic suspensions, in particular suspensions used in high-speed magnetic levitation trains is developed. The problem of optimal design of the electromagnetic suspension control winding, and the suspension control problem are formulated and solved.

Keywords: electromagnetic suspension, magnetic levitation, control winding, automated design system.