

621.3/025.8)

41-43.

Ա. ժ. ԱՂԱՄԱՆՈՒԿՅԱՆ



ԼԵԿՏՐԱՄԵՆՏԱՆԻԿԱԿԱՆ
ԱՊԱՐԱՏՆԵՐԸ
ԱԿՏՈՄԱՏԻԿԱՅՈՒՄ



Ա. Ժ. ԱՂԱՄԱՆՈՒԿՅԱՆ

ԷԼԵԿՏՐԱՄԵԽԱՆԻԿԱԿԱՆ ԱՊԱՐԱՏՆԵՐԸ ԱՎՏՈՄԱՏԻԿԱՅՈՒՄ

Թույլատրված է 2002 թվականին և միջնակարգ մասնագիտական կրթության մեթոդական կողմից որպես ուսումնական ձեռնարկ ներկայացնել Կ. Մարտի անվան պոլիտեխնիկական ինստիտուտի «Էլեկտրական ապարատներ» մասնագիտության ուսանողներին նամար:

ԵՐԵՎԱՆ «ԼՈՒՅՍ» 1986

Գրախոսներ՝ Հայէլեկտրաապարատ
արտադրական միավորման գլխավոր
ինժեներ, տեխն. գիտ. թեկնածու՝
Ա. Ա. Գասպարյան և «էլեկտրասարք»
արտադրական միավորման կոնստրուկ-
տորական բյուրոյի պետ՝ Ա. Ա. Հով-
հաննիսյան

Աղամանուկյան Ա. Ժ.

Ա. 489 էլեկտրամեխանիկական ապարատները ավտոմատիկայում:
Ուս. ձեռնարկ Երևանի Կ. Մարքսի անվան պոլիտեխնիկական ինս-
տիտուտի «էլեկտրական ապարատներ» մասնագիտ. ուսանողների
համար.— Եր.: Լույս, 1986. 296 էջ:

Ձեռնարկում շարադրված են ընդհանուր օգտագործման էլեկտրամեխանիկական
ապարատների տեսության հիմնական հարցերը, ուսումնասիրվում են էլեկտրամեխա-
նիկական ուղեները, էլեկտրամեխանիկական կցորդիչները և մագնիսական կա-
խոցները, մագնիսականալարվող հերմետիկ կոնտակտներով ապարատները և
էլեկտրական վերափոխիչները:

Ձեռնարկը նախատեսված է էլեկտրամեխանիկական և էներգետիկական մաս-
նագիտությունների ուսանողների համար, կարող է օգտակար լինել նաև էլեկտրա-
կան ապարատների նախագծման և շահագործման բնագավառում աշխատող մաս-
նագետներին:

ԳՄԴ 82.96 g 78

Ա. 2404000000 (6).145. 1986

702(01). 1986

ЭЛЕКТРО

МАТИКЕ

Учебное пособие для студентов
по специальности «Электрические аппараты»

(на армянском языке)

Ереван «Луйс» 1986

© «Լույս» հրատարակչություն, 1986

ԱՌԱՋԱԲԱՆ

Ժողովրդական տնտեսության առաջավոր ճյուղերի տեխնիկական
առաջընթացի կարևորագույն ուղղություններից մեկը արտադրական
պրոցեսների ավտոմատացումն է: Մեր օրերում ավտոմատիկայի միջոց-
ները օգտագործվում են ոչ միայն արտադրությունում, տրանսպորտում,
կապի համակարգում, այլև կենցաղում:

Դրանք մտնում են ժամանակակից արտադրական մեքենաների և
տեղակայումների կազմի մեջ և ծառայում արտադրական պրոցեսների
մեքենայացման և նրանց կառավարման նպատակին: Ավտոմատ ապա-
րատները բարձրացնում են արտադրանքի որակը և բանվորին ազատում
լարված աշխատանքից:

Յուրաքանչյուր ավտոմատ համակարգ բաղկացած է առանձին տար-
րերից: Ավտոմատիկայի ամենատարածված տարրերից են էլեկտրամե-
խանիկական ապարատները, որոնց թվին են պատկանում բոլոր էլեկ-
տրամեխանիկական ուղեները, վերափոխիչները (տվիչները), էլեկտրա-
մագնիսական կցորդիչները, հերկոնները, էլեկտրադինամիկական, ին-
դուկցիոն, բևեռացված, ջերմային, ռեզոնանսային, ֆոտոէլեկտրական
ուղեները, էլեկտրամագնիսական և մագնիսական կախոցները:

Ձեռնարկը գրված է «էլեկտրամեխանիկական ապարատները ավտո-
մատիկայում» դասընթացի ծրագրին համապատասխան:

Հեղինակը իր երախտագիտությունն է հայտնում ԵրՊԻ-ի էլեկտրա-
կան ապարատների ամբիոնի դոցենտներ Է. Խ. Աճեմյանին, Ա. Խ. Գրի-
գորյանին, Մ. Ս. Գալստյանին արժեքավոր դիտողությունների և խոր-
հուրդների համար:

ԱՌԱՋԻՆ ՓԼՈՒՅ

1-1. ԱՎՏՈՄԱՏԻԿԱՅԻ ԷԼԵԿՏՐՈՄԵԽՆԱՆԻԿԱԿԱՆ ԱՊԱՐԱՏՆԵՐԻ ՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ՏԵՍԱԿՆԵՐԸ

Էլեկտրական ապարատների մագնիսական շղթաները կարելի է դասակարգել ըստ տարբեր հատկանիշների: Եթե դասակարգենք ըստ մագնիսական հոսքի ստեղծման և բաշխման բնույթի, ապա մագնիսական շղթաները կարելի է բաժանել երկու հիմնական խմբի:

- Ա) շղթաներ, որտեղ ցրման հոսքերը փոքր են և մագնիսացնող կոճի պարամետրերի որոշման ժամանակ դրանք կարելի է անտեսել:
Բ) շղթաներ, որտեղ ցրման հոսքերը անհրաժեշտ է հաշվի առնել:
Ամեն մի խումբ կարելի է բաժանել ենթախմբերի՝ ելնելով նրանց որոշակի առանձնահատկություններից:

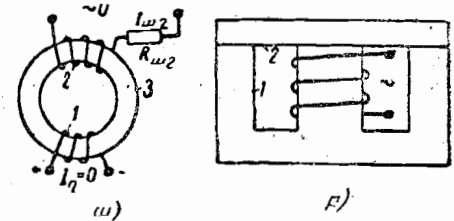
Ա խումբ

Մագնիսական շղթաներ, որտեղ ցրման հոսքերը անաչափաբար են, եթե ֆերոմագնիսական օղակի վրա (նկ. 1-1, ա) հավասարաչափ բաշխված փաթույթով բաց թողնենք հոսանք, ապա, ինչպես հայտնի է, օղակում կառաջանա միայն հիմնական հոսք, իսկ ցրման հոսքը գործնականորեն կբացակայի: Մեծամասամբ մագնիսական շղթաները ոչ սիմետրիկ են, քանի որ նրանք կարող են լինել փակ կամ օղակին բացակով, փաթույթները հիմնականում բաշխված են լինում շղթայի որոշակի տեղամասերում (նկ. 1-1, բ): Այդ տիպի շղթաներում առաջանում է ցրման հոսք, որի մեծությունը պայմանավորված է օղակին բացակի մեծությամբ, մագնիսական շղթայի տեսքով, պողպատի հագեցման աստիճանով, մագնիսացնող կոճերի տեղաբաշխմամբ, էլեկտրամագնիսական էկրանների առկայությամբ և այլն:

Բավարար ճշտությամբ ցրման հոսքը կարելի է արհամարհել երկու դեպքում.

1. երբ մագնիսալարը փակ է,
2. եթե օղակին բացակը, որով անցնում է հիմնական հոսքը համեմատաբար փոքր է, իսկ մագնիսական շղթան շատ քիչ է հագեցած. այլ կերպ այն դեպքում, երբ ցրման հոսքը հիմնականի հետ համեմատած շատ փոքր է:

Այն մագնիսական շղթաները, որտեղ ցրման հոսքերն անտեսում ենք, կարելի է բաժանել երեք ենթախմբի:



Նկ. 1-1. Մեկ աշխատանքային հոսքի մագնիսական շղթաներ.

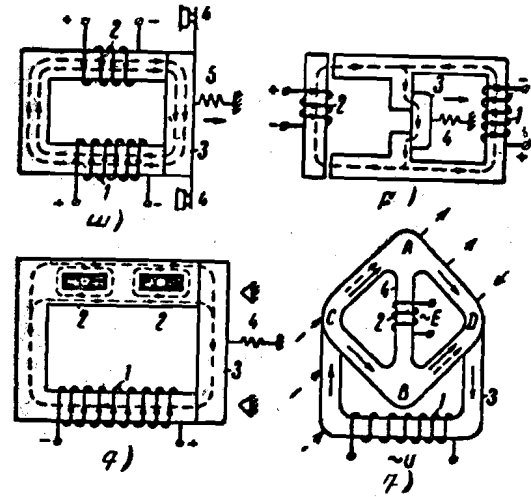
ա)-մագնիսական ուժեղացուցիչ, բ)-դրոսել
Նկ. 1-1-ում ցույց տրված մագնիսական ուժեղացուցիչի շղթան՝ պարապ ընթացքի դեպքում և դրոսելի շղթան:

Երկրորդ ենթախումբ. մագնիսական շղթաներ երկու՝ աշխատանքային հոսքով: Այս ենթախմբին են վերագրվում էլեկտրական ապարատների և սարքավորումների մի ամբողջ խումբ, որոնք աշխատում են մագնիսական հոսքերի գումարմամբ: Շղթաներն ունեն տարբեր նշանակության երկու կոճեր, նրանցից մեկը մագնիսացնող է, իսկ մյուսը՝ կառավարող կամ չափիչ:

Դիտարկենք այդպիսի շղթաների մի քանի օրինակներ, որոնք օգտագործվում են արագագործ ավտոմատ անջատիչներում (նկ. 1-2):

Նկ. 1-2, ա-ում ցույց է տրված պարզագույն կառուցվածքի անջատիչի մագնիսական շղթան: Առաջին փաթույթը մագնիսացնող է և սնվում է հաստատուն հոսանքով: Այն ստեղծում է խարիսխը (3) ձգված վիճակում պահող հոսք: Երկրորդ փաթույթը կառավարող է և սնվում է պաշտպանվող շղթայի հաստատուն հոսանքով: Կոճերի ցույց տված բևեռականության դեպքում նրանց հոսքերը գումարվում են, որի հետևանքով ապահովվում է անհրաժեշտ ճնշում կոնտակտների (4) վրա, ընդ որում անջատող (5) զսպանակը գտնվում է ձգված վիճակում: Երբ պաշտպանվող շղթայում հոսանքը փոխում է իր ուղղությունը, նրա հոսքը հանվում է առաջին կոճի հոսքից, հետևաբար ձգող ուժը փոքրանում է, և խարիսխը զսպանակի (5) ազդեցության տակ անջատում է կոնտակտները (4):

Նկ. 1-2, բ-ում բերված անջատիչի մագնիսական սխեմայում 3-խարիսխը պահվում է 1-մագնիսացնող կոճի և 2-կառավարող կոճի հոսքերով, որոնք խարիսխում ունեն միևնույն ուղղությունը: Երբ կոճում (2) հոսանքի ուղղությունը փոխվում է, 4-զսպանակը ձգելով 3-խարիսխին բացում է գլխավոր կոնտակտները (կոնտակտները նկարում ցույց չեն տրված):



Նկ. 1-2, գ-ի էլեկտրամագնիսում 1-ը մագնիսացնող փաթույթն է, 2-ը՝ կառավարող փաթույթը, որը գտնվում է փորակներում: Փաթույթով (2) հոսում է պաշտպանվող շղթայի հոսանքը, որը մագնիսական հոսք է ստեղծում յուրաքանչյուր փորակի շուրջը: Կոճի (2) հոսանքի

Նկ. 1-2. Երկու աշխատանքային հոսքով մագնիսական շղթաներ.

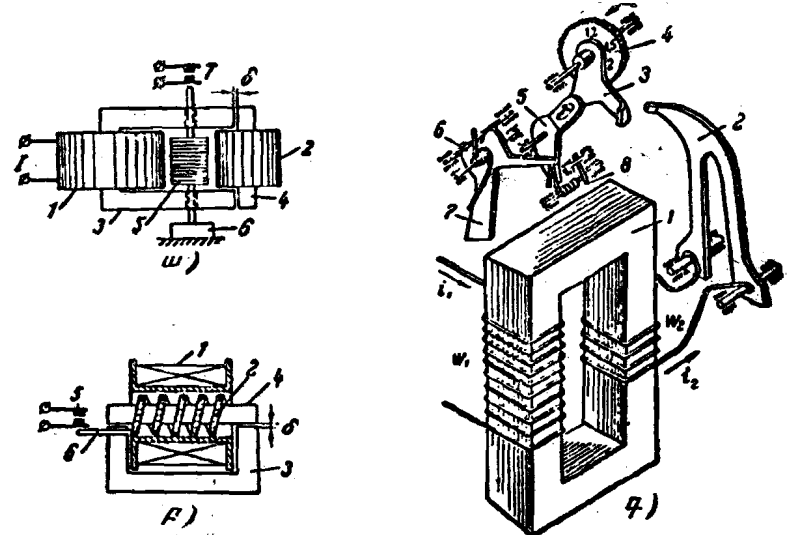
ա, բ) արագագործ անջատիչների մագնիսական շղթաներ, գ) պահող կոճով արագագործ անջատիչ, դ) մագնիսական կամրջակ

որոշակի արժեքի դեպքում ձախ փորակի վերևի շերտում և աջ փորակի ներքևի շերտում պողպատը հագնում է, որի հետևանքով խարիսխով (3) անցնող հոսքը, հետևաբար և ձգող ուժը փոքրանում են, և խարիսխը անջատվում է միջուկից:

Մագնիսական կամրջակում (նկ. 1-2, դ) միջուկների (3 և 4) վրա գտնվում են համապատասխանաբար մագնիսացնող (1) և կառավարող (2) կոճերը: Արտաքին մագնիսական դաշտի բացակայության դեպքում կամրջակը գտնվում է մագնիսական հավասարակշռության վիճակում (այսինքն A և B հանգույցների միջև մագնիսական պոտենցիալների տարբերությունը հավասար է զրոյի), 1-միջուկով հոսք չի անցնում և կոճում (2) է. շ. ու. չի ինդուկտվում: Արտաքին դաշտի առկայության դեպքում (նկարում ցույց է տրված կետագծերով) կամրջակի հավասարակշռությունը խախտվում է, միջուկում (4) առաջանում է հոսք, որը իր հերթին կոճում (2) ինդուկտում է է. շ. ու.:

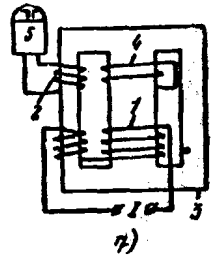
Երրորդ ենթախումբ. էլեկտրամագնիսական էկրաններով շղթաներ: Այս խմբին են պատկանում ջերմային և չափիչ սարքերի, հոսանքի չափիչ տրանսֆորմատորի, ինդուկցիոն դինամիկական ուղիների շղթա-

ները և այլն: Նկ. 1-3, ա, բ, գ-ում ցույց են տրված ինդուկցիոն-ջերմային ուղիների և ինդուկցիոն-ջերմային մեխանիզմի կառուցվածքները: Որպես երկու էլեկտրամագնիսական էկրաններով փակ մագնիսական



Նկ. 1-3. Էլեկտրամագնիսական էկրանով մագնիսական շղթաներ.

ա) ինդուկցիոն-ջերմային ուղի. (1—մագնիսացնող կոճ, 2—տաքացնող տարր-էկրան, 3—մագնիսալար, 4—միջուկ, 5—երկմետաղ տարր, 6—ջերմային կոմպենսատոր, 7—կոնտակտներ), բ) ինդուկցիոն-ջերմային ուղի (1—մագնիսացնող կոճ, 2—երկմետաղային կարճ միացված պարույր-էկրան, 3—մագնիսալար, 4—միջուկ, 5—կոնտակտներ, 6—կոնտակտային լծակ), գ) ինդուկցիոն-ջերմային մեխանիզմ (1—մագնիսալար, 2—երկմետաղ թիթեղ, 3, 5—լծակ, 4—հզորության սանդղակ, 6, 8—զսպանակ, 7—մղակ), դ) — էկրանով հոսանքի տրանսֆորմատոր (1—առաջնային փաթույթ, 2—երկրորդային փաթույթ, 3—մագնիսալար, 4—էկրան, 5—ուղի)



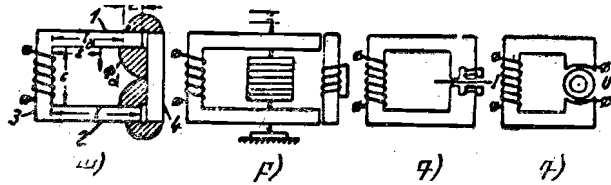
շղթաների օրինակ կարելի է բերել հոսանքի հագեցման տրանսֆորմատորը (նկ. 1-3, դ): Այստեղ մագնիսալարի (3) վրա տեղադրված են մագնիսացնող կոճը (1) և երկու էկրանավորողներ՝ կոճը (4), որը փաթաթված է միջին միջուկի վրա և կոճը (2), որը փաթաթված է եզրայինի վրա:

Բ խումբ

Օդային բացակներով մագնիսական շղթաների տեսակներ, որտեղ ցրման հոսքերը հաշվի են առնում. այս դեպքում դասակարգման հիմքում դրված է ցրման մագնիսական հոսքի բաշխումը և նրա կապը

մագնիսացնող կոճի հետ: Ըստ օդային բացակում մագնիսական դաշտի տեսքի, մագնիսական շղթաների մեծ մասը կարելի է բաժանել հինգ ենթախմբի:

Առաջին ենթախումբ. մագնիսական շղթաներ կենտրոնացված մ. շ. ու.-ով և միջուկների միջև ցրման հաստատուն տեսակարար հաղորդականությունով (նկ. 1-4): Այս խմբին են վերագրվում այն շղթաները, որոնց ցրման դաշտը 1- և 2-միջուկների միջև Φ_d երկարության վրա համեմատաբար համասեռ է, և Φ_d հոսքը (նկ. 1-4, ա) կցված է մագնիսացնող կոճի բոլոր ճյուղերի հետ:



Նկ. 1-4. Առաջին ենթախումբ: Կենտրոնացված մ. շ. ու.-ով և միջուկների միջև ցրման հաստատուն տեսակարար հաղորդականությամբ մագնիսական շղթաներ.

ա) էլեկտրամագնիսական մեխանիզմ, բ) ինդուկցիոն-չեբմային ռելե, գ) էկրանով ինդուկցիոն ռելե, դ) ֆերոդինամիկական սարք

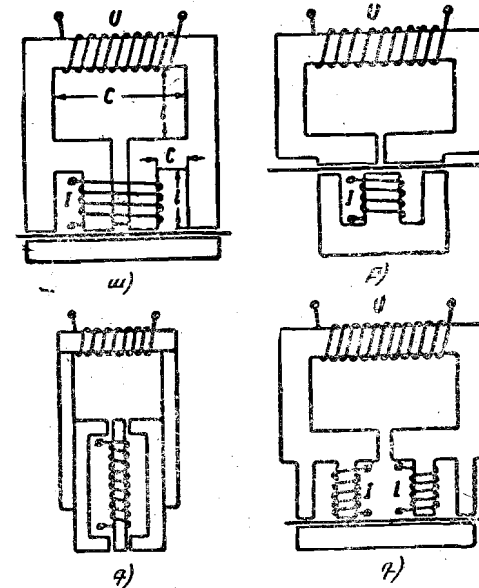
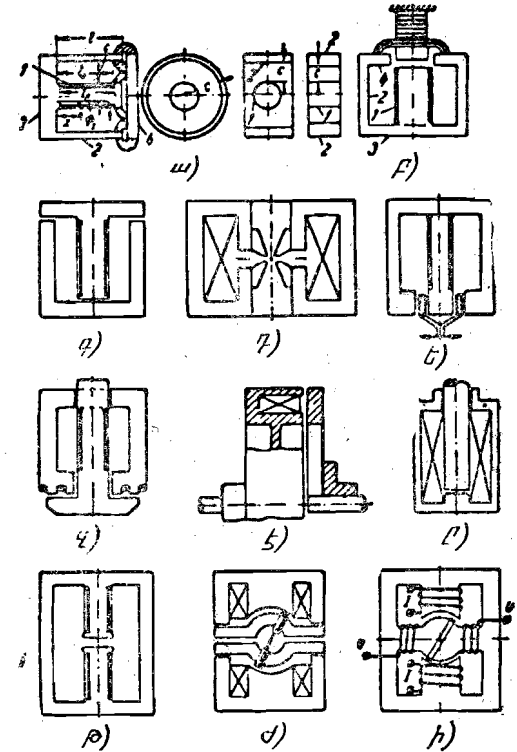
Երկրորդ ենթախումբ. մագնիսական շղթաներ բաշխված մ. շ. ու.-ով և ցրման հաստատուն տեսակարար հաղորդականությամբ (նկ. 1-5): Այս խմբին են վերագրվում այն մագնիսական շղթաները, որոնց Φ_d ցրման հոսքի կցումը մագնիսացնող կոճի փաթույթներին կախված է x կոորդինատից (նկ. 1-5, ա), իսկ ցրման հաղորդականությունը միջուկի միավոր երկարության վրա կարելի է ընդունել հաստատուն: Նկ. 1-5-ում կոճի դիրքը և երկարությունը պայմանականորեն նշված են հաստ գծերով:

Երրորդ ենթախումբ. մագնիսական շղթաներ կենտրոնացված-բաշխված մ. շ. ու.-ով և միջուկների միջև ցրման հաստատուն տեսակարար հաղորդականությունով (նկ. 1-6):

Չորրորդ ենթախումբ. սիմետրիկ մագնիսական շղթաներ բաշխված մ. շ. ու.-ով և ցրման փոփոխական տեսակարար հաղորդականությամբ (նկ. 1-7): Φ_d ցրման հոսքը այստեղ կցված է մագնիսացնող կոճի փաթույթների միայն մի մասին և, հետևաբար, ցրման տեսակարար հաղորդականությունը կախված է x կոորդինատից: Այս ենթախմբի շղթաները լայն կիրառություն ունեն տպարատաշինության և սարքաշինության մեջ:

Նկ. 1-5. Երկրորդ ենթախումբ: Բաշխված մ. շ. ու.-ով և ցրման հաստատուն տեսակարար հաղորդականությամբ մագնիսական շղթաներ.

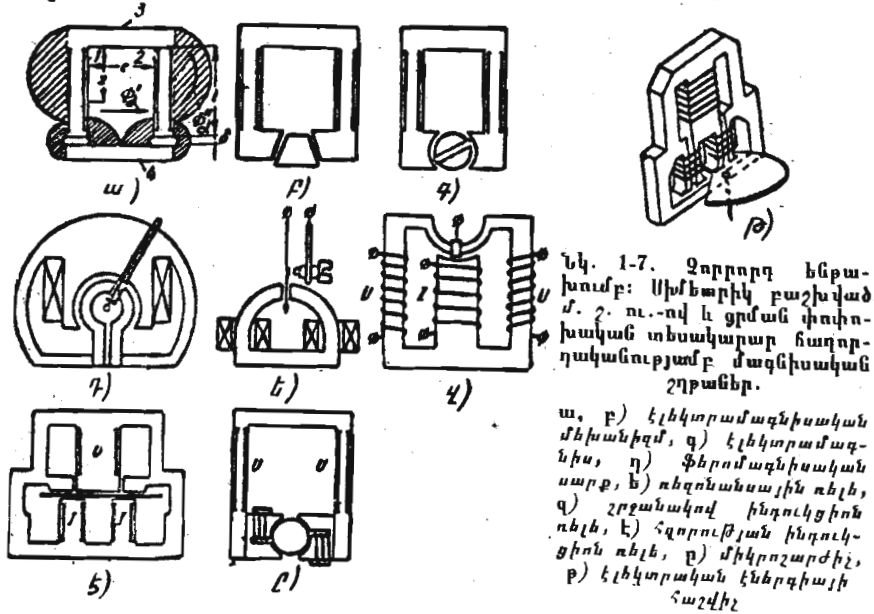
ա) քարշալին էլեկտրամագնիս, բ) ածխային կարգավորիչ, գ) ինդուկտիվ վերափոխիչ, դ) էլեկտրոնային մանրադիտակի էլեկտրամագնիսական ոսպնյակ, ե) էլեկտրոդինամիկական թրոթրագրիչ, զ) փոփոխական հոսանքի էլեկտրամագնիս, է) էլեկտրամագնիսական կցորդիչ, բ) զրահապատ էլեկտրամագնիս, ր) սինխրոցիկլոտրոնի էլեկտրամագնիս, ծ) ֆերոդինամիկական սարք, ի) շրջանակով ինդուկցիոն ռելե



Նկ. 1-6. Երրորդ ենթախումբ: Կենտրոնացված-բաշխված մ. շ. ու.-ով և միջուկների միջև ցրման հաստատուն տեսակարար հաղորդականությամբ մագնիսական շղթաներ.

ա, դ) էլեկտրական էներգիայի ինդուկցիոն հաշվիչ, բ) հզորության ինդուկցիոն ռելե, գ) բեվեռացված ռելե

Հինգերորդ ենթախումբ. ոչ սիմետրիկ մագնիսական շղթաներ՝ ցրման փոփոխական տեսակարար հաղորդականությունով: Այս խումբին են պատկանում ամենաբազմազան կառուցվածք ունեցող մագնիսական շղթաները, որոնք աշխատում են էլեկտրամագնիսացման, բեվեռացման, ինդուկտիվ և էլեկտրադինամիկ սկզբունքներով: Այս շղթաներին բնութագրող առանձնահատկությունը նրանց մագնիսական ոչ սիմետրիկությունն է, որը բերում է մագնիսալարում հոսքի բարդ տեղաբաշխմանը: Այսպիսի շղթաների մագնիսական հաղորդականության հաշվարկը պետք է կատարվի՝ ելնելով դաշտի տեսքից:



1-2. ՄՈՂԵԼԱՎՈՐՄԱՆ ԵՎ ՆՄԱՆՈՒԹՅԱՆ ՏԵՍՈՒԹՅԱՆ ԿԻՐԱԹՈՒՄԸ ՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆ ԵՂԹԱՆԵՐԻ ՀԱՇՎԱՐԿՈՒՄ

էլեկտրատեխնիկական սարքավորումների, այդ թվում նաև էլեկտրական ապարատների հետազոտման, հաշվարկի և նախագծման ժամանակ լախորեն կիրառվում են էլեկտրամագնիսական դաշտերի մաթեմատիկական և ֆիզիկական մոդելավորման մեթոդները: Այդ դեպքում ուսումնասիրվող դաշտը կամ երևույթը փոխարինվում է իր մոդելով: Ընդ որում, մոդելների բնույթը կարող է լինել խիստ բազմազան: Ցանկալի է, որ մոդելը հնարավորին չափ ճիշտ արտացոլի հետազոտվող երևույթը, ճիշտ արտահայտի այդ երևույթի մեծությունների (պարամետրերի) միջև գոյություն ունեցող իրական կապը: Սակայն

մոդելը երբեք չի կարող բացարձակ ճշտությամբ, նույնությամբ կրկնել բնօրինակը, ուստի մոդել մշակելիս անհրաժեշտ է ձգտել հնարավորին չափ պահպանել բնօրինակի էական պարամետրերի, երևույթների նմանությունը:

Ֆիզիկական մոդելավորում է կոչվում հետազոտման այն մեթոդը, երբ ուսումնասիրվող մոդելը և նրա բնօրինակը ունեն միևնույն ֆիզիկական բնույթը: Մաթեմատիկական մոդելավորման ժամանակ օգտագործվում են բնօրինակներից իրենց ֆիզիկական բնույթով տարբերվող մոդելներ: Այս դեպքում բնօրինակն ու մոդելն արտահայտվում են մաթեմատիկական կապերի ու հարաբերությունների համաճարգով:

Որևէ երևույթ մոդելավորելիս անհրաժեշտ է պահպանել որոշակի պայմաններ, որոնք կապահովեն բնօրինակի և մոդելի նմանությունը: Այս պայմանները սահմանվում են նմանության տեսության օգնությամբ, որի հիմնական դրույթներին մենք կժանոթանանք ստորև:

Նմանության տեսության հիմնական դրույթները

Երկու տարբեր երևույթների համարվում են նման, եթե դրանց համանման պարամետրերը գտնվում են հաստատուն և անփոփոխ հարաբերակցության մեջ: Եթե բնօրինակի երևույթի պարամետրերը նշանակենք $A_p, B_p, C_p, \dots$, իսկ մոդելինը՝ $A_m, B_m, C_m, \dots$, ապա այս երկու երևույթների նմանությունը մաթեմատիկորեն կարտահայտվի հավասարումների հետևյալ համակարգով.

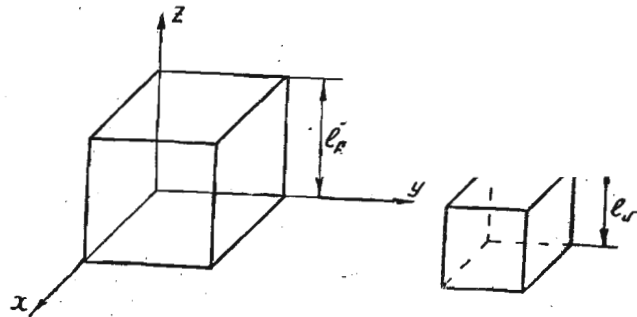
$$\frac{A_p}{A_m} = m_a, \quad \frac{B_p}{B_m} = m_b, \quad \frac{C_p}{C_m} = m_c \text{ և այլն,} \quad (1-1)$$

որտեղ m_a -ն, m_b -ն, m_c -ն բնօրինակի և մոդելի նման պարամետրերի հարաբերություններն են և կոչվում են նմանության մասշտաբներ:

Ֆիզիկական մոդելավորման ժամանակ նմանության մասշտաբները չափողականություն չունեն: Իսկ եթե երկու երևույթների նմանությունը մաթեմատիկական է, ապա վերոհիշյալ մասշտաբները ունենում են չափման միավորներ, քանի որ այս դեպքում բնօրինակն ու մոդելը տարբերվում են իրենց ֆիզիկական բնույթով:

Երևույթների ամենապարզ նմանությունը երկրաչափական է, երբ մարմինների ձևերն ու չափերը կարող են արտահայտվել գծային չափերի m մասշտաբով: Որպես օրինակ դիտարկենք կողերի l_p և l_m երկարություն ունեցող երկու խողանարոններ (նկ. 1-8):

Նմանության գծային $m = \frac{l_d}{l_p}$ մասշտաբի միջոցով որոշենք խորանարդների մակերևութային մակերեսների m_s , ծավալների m_v և զանգվածների m_M մասշտաբները.



Նկ. 1-8. Երկրաչափորեն նման մարմիններ

$$\begin{aligned} m_s &= \frac{S_d}{S_p} = \frac{l_d^2}{l_p^2} = m_l^2, \\ m_v &= \frac{V_d}{V_p} = \frac{l_d^3}{l_p^3} = m_l^3, \\ m_M &= \frac{M_d}{M_p} = \frac{V_d \cdot \gamma_d}{V_p \cdot \gamma_p} = m_l^3 m_\gamma, \end{aligned} \quad (1-2)$$

որտեղ S_p -ը և S_d -ը համապատասխանաբար բնօրինակի և մոդելի մակերևութային մակերեսներն են,

V_p -ը և V_d -ը՝ համապատասխանաբար բնօրինակի և մոդելի ծավալները,

M_p -ը և M_d -ը՝ համապատասխանաբար բնօրինակի և մոդելի զանգվածները,

γ_p -ը, γ_d -ը, m_γ -ը՝ համապատասխանաբար խորանարդների նյութերի տեսակարար զանգվածները և տեսակարար զանգվածների մասշտաբը:

(1-2) հավասարությունների համակարգից պարզ է, որ քննարկվող օրինակում մակերևութային և ծավալների մասշտաբները միշտ կտարբերվեն գծային չափերի մասշտաբից: Իսկ զանգվածների մասշտաբը կարող է նաև հավասար լինել m_l -ին, եթե ընդունվի՝

$$m_\gamma = m_l^2 \quad (1-3)$$

Երևույթների նմանության պայմանները կարող են որոշվել ոչ միայն նմանության մասշտաբներով, այլև այդ երևույթները բնորոշող պարամետրերի հարաբերական մեծությունների միջոցով: Այս նպատակով բնօրինակի և մոդելի պարամետրերի համար ընտրում են հիմնային (բազային) մեծություններ. A_{pp} , B_{pp} , C_{pp} ,... և A_{pd} , B_{pd} , C_{pd} ,...: Այնուհետև որոշում են այդ պարամետրերի հարաբերական արժեքները:

$$A_p^* = \frac{A_p}{A_{pp}}, \quad B_p^* = \frac{B_p}{A_{pp}}, \quad C_p^* = \frac{C_p}{A_{pp}}, \dots, \quad (1-4)$$

$$A_d^* = \frac{A_d}{A_{pd}}, \quad B_d^* = \frac{B_d}{A_{pd}}, \quad C_d^* = \frac{C_d}{A_{pd}}, \dots,$$

եթե բնօրինակի և մոդելի հիմնային մեծությունները ընտրվեն այնպես, որ իրականանա հետևյալ պայմանը՝

$$\frac{A_{pd}}{A_{pp}} = m_a, \quad (1-5)$$

ապա կարելի կլինի գրել.

$$A_p^* = \frac{A_p}{A_{pp}} = \frac{A_d}{A_{pd}} = A_d^* = A_p^* + A_{...}^* \text{ և այլն:} \quad (1-6)$$

Ինչպես հետևում է (1-5) և (1-6) արտահայտություններից A_p^* , B_p^* , C_p^* մեծությունները բնօրինակի և մոդելի համանման երևույթների համար ունեն նույն թվային արժեքները: Այս մեծությունները կոչվում են նմանության չափանիշներ.

$$A_p^* = \text{idem}, \quad B_p^* = \text{idem}, \quad C_p^* = \text{idem:} \quad (1-7)$$

Այստեղ idem-ը նշանակում է. «համապատասխանաբար նույնն է քննարկվող և մի շարք երևույթների համար»:

Նմանության չափանիշները նշելու համար հաճախ օգտագործում են π նշումը.

$$\pi = \text{idem:}$$

Ի տարբերություն նմանության մասշտաբի, նմանության չափանիշի արժեքը փոփոխվում է տվյալ համակարգի մի կետից մյուսը անցնելիս, քանի որ այն արտահայտում է համակարգի տրված կետերում տարբեր արժեքներ ունեցող որևէ պարամետր: Իսկ մի համակարգի որոշակի կետից մեկ այլ նման համակարգի համապատասխան կետը անցնելիս նմանության չափանիշը պահպանում է իր արժեքը:

նմանության տեսությունը հիմնվում է երեք հիմնական թեստների վրա:

Առաջին թեստը. նմանության չափանիշները նման երևույթներում ունեն նույն թվային արժեքները:

Երկրորդ թեստը. ֆիզիկական երևույթը արտահայտող ցանկացած հավասարում, որը գրված է չափման (միավորների որոշակի համակարգում, կարելի է փոխարինել նմանության չափանիշների միջև կախվածության տեսքով:

Այս թեստի հիման վրա ֆիզիկական երևույթների հավասարումը փոխարինվում է անչափ մեծությունների կախվածությունով: Այսպիսի կախվածություն կարելի է ստանալ մեկ որոշակի երևույթի համար և հաջորդությամբ օգտագործել ամբողջ շարք նման երևույթներում:

Երրորդ թեստը. նման կարող են լինել այն երևույթները, որոնց միարժեքության պայմանները նման են, իսկ միարժեքությունը որոշող մեծություններից կազմված նմանության չափանիշները՝ հավասար:

Միարժեքության պայմաններ են կոչվում այն պայմանները, որոնք բնորոշում են տվյալ երևույթի յուրահատկությունները և ընդհանուր խմբից առանձնացնում են մեկ որոշակի երևույթ: Միարժեքության պայմաններ են, օրինակ, երևույթի սահմանային պայմանները, նրա սկզբնական վիճակը բնորոշող պայմանները և այլն: Երևույթների նմանությունը բնականաբար պահանջում է նաև միարժեքության պայմանների նմանություն:

Ապարատների էլեկտրամագնիսական համակարգերի ֆիզիկական մոդելավորումը

Ինչպես վերը նշեցինք, ֆիզիկական մոդելավորման ժամանակ հետազոտման ենթակա օբյեկտը փոխարինվում է այնպիսի մոդելով, որն ունի ֆիզիկական նույն բնույթը, ինչ բնօրինակը: Այնուհետև անհրաժեշտ հետազոտությունները կատարվում են մոդելի վրա: Հետազոտման այս մեթոդը նպատակահարմար է կիրառել հատկապես այնպիսի դեպքերում, երբ տվյալ էլեկտրական ապարատն ունի շատ մեծ կամ էլ շատ փոքր չափեր և փորձնական հետազոտությունների կատարումը բնօրինակի վրա անմիջապես կապված է բարդությունների հետ: Ֆիզիկական մոդելավորումը նպատակահարմար է նաև այնպիսի դեպքերում, երբ անհրաժեշտ է լինում հետազոտել ապարատ-բնօրինակի դժվարամատչելի տեղամասերը: Ֆիզիկական մոդելավորման առավելությունն այն է, որ զգալիորեն հեշտացնում է արդյունքների ստացումը և միաժամանակ պահպանվում են փորձի կատարման առանձնահատ-

կությունները: Ասվածից հետևում է, որ ֆիզիկական մոդելները մշակելիս հարկավոր է ընտրել առավել հարմար չափեր ու ֆիզիկական մեծությունների փոփոխման անհրաժեշտ միջակայքեր:

Ֆիզիկական մոդելավորման հնարավորությունները չափազանց լայն են: Այս մեթոդը թույլ է տալիս ապարատների էլեկտրամագնիսական համակարգերը ուսումնասիրել՝ հաշվի առնելով ֆերոմագնիսական միջավայրի ոչ գծային բնույթը, անհամասեռությունը և այլն:

Քննարկենք բնօրինակի և նրա ֆիզիկական մոդելի նմանության պայմանները: Նախ և առաջ ֆիզիկական մոդելները պետք է երկրաչափորեն նման լինեն բնօրինակին.

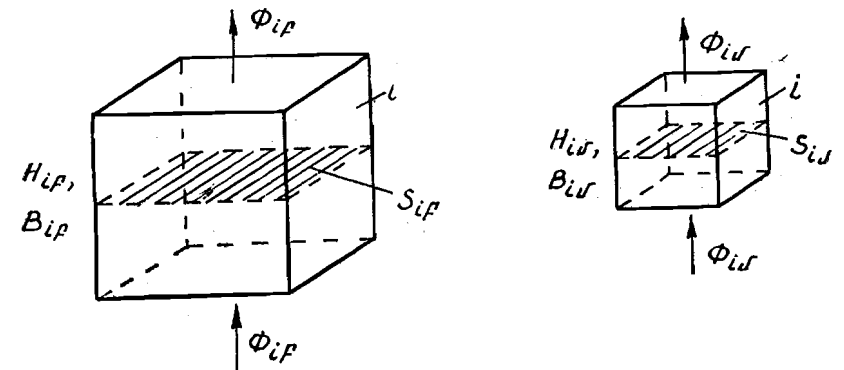
$$l_x = m_l l_x \quad (1-8)$$

Երկրաչափորեն լրիվ նման օբյեկտները բոլոր երեք տարածական առանցքերով ունենում են գծային չափերի նույն նմանության մասշտաբները.

$$m_b = m_x = m_y = m_z \quad (1-9)$$

Եթե բնօրինակն ու մոդելը պատրաստված են նույն նյութից, ապա էլեկտրական տեսակարար հաղորդականության m_ϵ , միջավայրի մագնիսական թափանցելիության m_μ , դիէլեկտրիկ թափանցելիության m_ϵ նմանության մասշտաբները հավասար են մեկի.

$$m_\epsilon = m_\mu = m_\epsilon = 1 \quad (1-10)$$



Նկ. 1-9. Բնօրինակ և մոդել համակարգերի մագնիսալարերի i-րդ տեղամասերը

Դիտարկենք հետևյալ պարզ օրինակը. նկ. 1-9-ում ցույց են տրված բնօրինակ և մոդել մագնիսական համակարգերի մագնիսալարերի i-րդ տեղամասերը:

Մոդելը պատրաստելիս պահպանվել են (1-9) և (1-10) պայմանները: Մագնիսական հոսքի m_Φ և մագնիսական ինդուկցիայի m_B նմանություն մասշտաբները արտահայտենք մագնիսական լարվածության նմանության մասշտաբով: Ինչպես գիտենք, մագնիսական ինդուկցիայի մագնիսական լարվածությունից կախված է հետևյալ ձևով (ընդունենք, որ տվյալ տեղամասում լարվածության ինդուկցիայի վեկտորների ուղղությունները համընկնում են).

$$B = \mu H, \quad m_B = m_\mu m_H = m_H, \quad (1-11)$$

Հոսքը բնօրինակում և մոդելում համապատասխանաբար որոշվում է հետևյալ արտահայտություններով.

$$\Phi_{i,p} = B_{i,p} S_{i,p}, \quad \Phi_{i,s} = B_{i,s} S_{i,s}, \quad (1-12)$$

կարող ենք գրել.

$$m_\Phi = \frac{\Phi_{i,s}}{\Phi_{i,p}} = m_B m_S = m_B m_i^2 = m_H m_i^2, \quad (1-13)$$

Բնօրինակ մագնիսական համակարգի նկ. 1-9-ում ցույց տրված տեղամասերում մագնիսական լարվածությունը, ինդուկցիան և հոսքը որոշելու համար մոդել համակարգի յ-րդ տեղամասում չափվում և հաշվվում են համապատասխան մեծությունները և այնուհետև բազմապատկվում հայտնի նմանության մասշտաբներով:

Մագնիսական դաշտերի մաթեմատիկական մոդելավորումը էլեկտրահաղորդիչ թղթի վրա

էլեկտրական ապարատներում մագնիսական դաշտերի հետազոտման համար լայնորեն կիրառվում է էլեկտրահաղորդիչ միջավայրի օգնությամբ մագնիսական դաշտերի մաթեմատիկական մոդելավորման մեթոդը: Այս մեթոդը արդյունավետ է հատկապես այն դեպքերում, երբ դաշտն ունի բարդ ձև և նրա անալիտիկ լուծումը դժվար է կամ անհնար, իսկ ֆիզիկական մոդելների ստեղծումը պահանջում է մեծ ծախսեր: Որոշ դեպքերում շատ ավելի հեշտ է լինում էլեկտրահաղորդիչ միջավայրում էլեկտրական դաշտի ուսումնասիրումն ու բազմաթիվ տարբերակների դիտարկումը, քան մագնիսական դաշտի հետազոտումը:

Մոդելավորման ժամանակ որպես հաղորդիչ միջավայր օգտագործում են էլեկտրահաղորդիչ թուղթ: Մագնիսական դաշտի էլեկտրական մոդելավորումը իրականացվում է նրա և էլեկտրական հոսանքի դաշտի հավասարումների մաթեմատիկական նմանության շնորհիվ: Այս մե-

թոդը ուղղակի անվանում են մագնիսական դաշտերի էլեկտրական մոդելավորման մեթոդ:

Որպես օրինակ քննարկենք հարթ մրրկային դաշտի մոդելավորումը էլեկտրահաղորդիչ թղթի միջոցով: Ինչպես հայտնի է այդպիսի դաշտը բնութագրվում է Պուասոնի հավասարումով.

$$\frac{\partial^2 A}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 A}{\partial y^2} = \mu j, \quad (1-14)$$

որտեղ A -ն մագնիսական դաշտի վեկտորական պոտենցիալի մոդուլն է, j -ն՝ էլեկտրական հոսանքի խտությունը, μ -ն միջավայրի մագնիսական թափանցելիությունը:

Եթե էլեկտրահաղորդիչ թղթով անցկացվի Q խտությամբ հոսանք, ապա այդ հոսանքով ստեղծված էլեկտրական դաշտը ևս կարտահայտվի Պուասոնի հավասարումով.

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = -q R_\Phi, \quad (1-15)$$

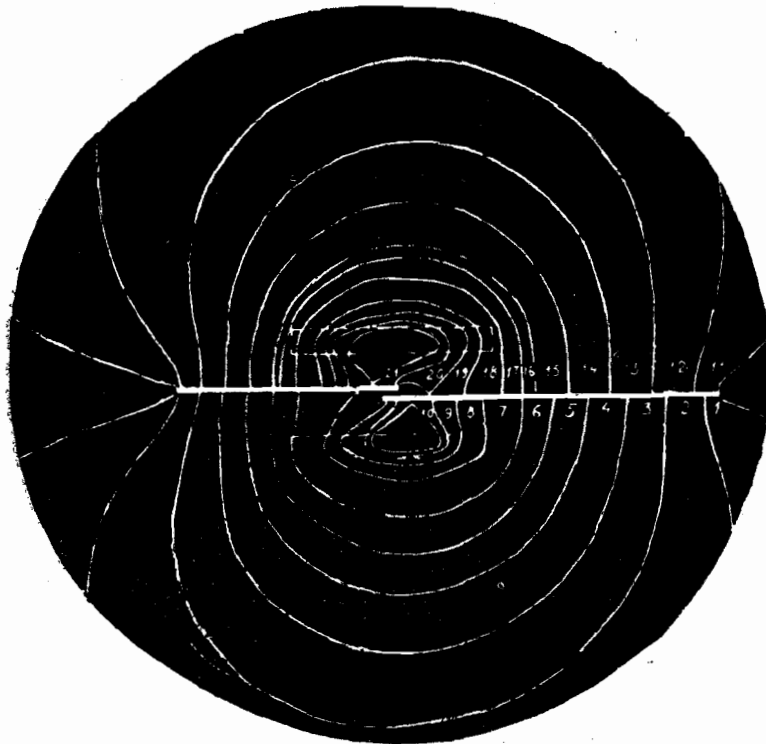
որտեղ φ -ն էլեկտրական պոտենցիալն է, q -ն՝ թղթի վրա հոսանքի խտությունը, R_Φ -ն՝ թղթի որևէ քառակուսի տեղամասի էլեկտրական դիմադրությունը:

Ինչպես տեսնում ենք (1-14) և (1-15) հավասարումները մաթեմատիկորեն նման են: Հետևաբար, եթե պահպանվեն նմանության տեսությունից բխող որոշ պայմաններ (մոդելի վրա դաշտի աղբյուրների ճիշտ ընտրումն ու տեղադրումը և այլն), ապա կարելի է էլեկտրահաղորդիչ թղթի վրա (1-15) հավասարումը արտահայտող էլեկտրական դաշտով մոդելավորել (1-14) հավասարումով որոշվող մագնիսական դաշտը:

Սովորաբար էլեկտրահաղորդիչ թղթի վրա մագնիսական դաշտի մոդելավորումը իրականացվում է «էԳԴԱ» կոչվող սարքի միջոցով: Ինչպես հետևում է (1-14) և (1-15) արտահայտություններից, բնօրինակի մագնիսական հաղորդականությունը համապատասխանում է մոդելի էլեկտրական դիմադրությանը: Հետևաբար, մոդելավորումը սկսելուց առաջ էլեկտրահաղորդիչ թղթից կտրվում և հանվում են մոդելավորվող մագնիսական համակարգի այն տեղամասերը (ֆերոմագնիսական տեղամասերը), որոնց մագնիսական հաղորդականությունը կարելի է ընդունել անսահման մեծ. այնուհետև «էԳԴԱ» սարքի միջոցով էլեկտրահաղորդիչ թղթի որոշակի տեղամասերին, տրվում են էլեկտրական պոտենցիալներ: Թղթով սկսում է հոսել էլեկտրական հոսանք, որը ստեղծում է իր դաշտը: «էԳԴԱ»-ի միջոցով չափում են այդ դաշտի կետերի

պոտենցիալները և նույն պոտենցիալները ունեցող կետերը գծով միացվում են (գծելու համար օգտագործում են գրաֆիտ չպարունակող գունավոր մատիտներ): Այս ձևով կառուցվում են մոդել՝ էլեկտրական դաշտի համապոտենցիալները: Նորից անդրադառնանք (1-14) և (1-15) արտահայտություններին: Ինչպես տեսնում ենք մոդելի էլեկտրական պոտենցիալները համապատասխանում են բնօրինակի վեկտորական պոտենցիալներին: Հետևաբար էլեկտրահաղորդիչ թղթի վրա մոդելավորումով ստացված էլեկտրական համապոտենցիալները ներկայացնում են մագնիսական դաշտի հավասար վեկտորական պոտենցիալի կամ ինդուկցիայի գծեր:

Նկ. 1-10-ում ցույց է տրված հերկոնային ռելեի մագնիսական դաշտի պատկերը, որը ստացվել է էլեկտրահաղորդիչ թղթի վրա:



Նկ. 1-10. Հերկոնային ռելեի մագնիսական դաշտի պատկերը

Նկարում հաստ հոծ գծերով պատկերված են կոնտակտային միջուկները, գծաշարով՝ կառավարման փաթույթը, իսկ բարակ հոծ գծերով՝ մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի գծերը:

1-8. ՀԱՍՏԱՏՈՒՆ ՀՈՍԱՆՔԻ ՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆ ԵՂԹԱՆԵՐԻ ՀԱՇՎԱՐԿԸ ՏԵՂԱՄԱՍԵՐԻ ՄԵԹՈԴՈՎ

Տեղամասերի մեթոդը թույլ է տալիս բաշխված պարամետրերով շղթան փոխարինել կենտրոնացված պարամետրերով շղթայի: Այդ նպատակով ամբողջ մագնիսական շղթան բաժանվում է առանձին տեղամասերի: Այն տեղամասերը, որոնցում հոսքը բաշխված է ըստ երկարության, փոխարինվում են T-աձև փոխարինման սխեմայով: Ընդունվում է, որ յուրաքանչյուր տեղամասի ցրման հոսքը կենտրոնացված է նրա կենտրոնում: Ցրման հոսքի մագնիսական հաղորդականությունը որոշվում է հետևյալ բանաձևով.

$$\Lambda_{di} = \lambda_{di},$$

որտեղ χ_i -ն համապատասխան տեղամասի երկարությունն է, λ_d -ն՝ տեղամասի միավոր երկարությունով անցնող ցրման հոսքերի մագնիսական հաղորդականությունը:

Մեթոդի կիրառությունը ցույց տանք նկ. 1-11, ա-ում բերված սխեմայում:

Նշենք, որ հաշվի կառնվեն ցրման հոսքերը միայն երկու միջուկների միջև: Այդ դեպքում մագնիսական հոսքը խարիսխում հավասար կլինի օղային բացակներով անցնող հոսքին: Լրիվ մագնիսական շղթան բաժանում ենք հինգ տեղամասերի, ընդ որում նրանցից միայն երեքը, որոնցում ցրման հոսքը բաշխված է ըստ երկարության, փոխարինվում է T-աձև սխեմայով: Փոխարինման սխեման 1-1' տեղամասի համար արված է նկ. 1-11, բ-ում: Որոշենք ցրման հոսքի անցման ճանապարհի հաղորդականությունը առաջին տեղամասի համար.

$$\Lambda_{d1} = \lambda_{d1} x_1,$$

Մագնիսալարի մագնիսական դիմադրությունը առաջին տեղամասի համար բաժանվում է երկու մասի.

$$R_{m1} = R'_{m1} + R''_{m1},$$

որպեսզ R'_{m1} -ը 1-տեղամասի առաջին կեսի մագնիսական դիմադրությունն է (1/2-ն),

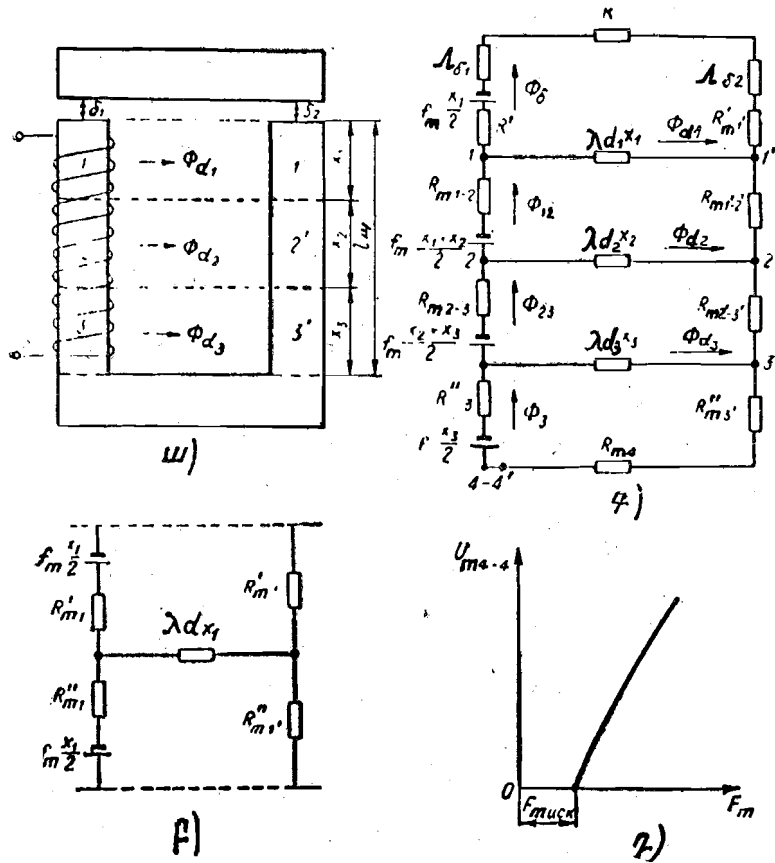
R''_{m1} -ը՝ 1-տեղամասի երկրորդ կեսի մագնիսական դիմադրությունը:

1-տեղամասի մագնիսական դիմադրությունը նույնպես կարելի է բաժանել երկու մասի՝ R'_{m1} և R''_{m1} , որոնք գտնվում են Λ_{d1} -ի երկու կողմերում: 1-տեղամասի F_{m1} մ. շ. ու.-ն հավասար է.

$$F_{m1} = F_m \frac{x_1}{l_s}$$

որտեղ F_m -ը լրիվ մագնիսական հոսքն է, l_d -ը՝ միջուկի երկարությունը, x_1 -ը՝ 1 տեղամասի երկարությունը:

F_{m1} -ը բաժանվում է երկու հավասար մասերի և տեղադրվում Λ_{s1} -ի երկու կողմերում:



Նկ. 1-11. Մագնիսական շղթան և նրա փոխարինման սխեմաները

2-2' և 3-3' տեղամասերի փոխարինման սխեմաներն ունեն նույն տեսքը, ինչ որ 1-1' տեղամասի փոխարինման սխեման: Դժվար չէ նկատել, որ ռ-րդ տեղամասի ներքևի և $(n+1)$ -րդ տեղամասի վերևի մասերի մ. շ. ուն և մագնիսական դիմադրությունները կարելի է միավորել, քանի որ նրանցով հոսում է միևնույն մագնիսական հոսքը.

$$R_{m1-2} = R_{m1}' + R_{m2}', \quad R_{m1'-2'} = R_{m1'} + R_{m2'},$$

Ամբողջ շղթայի փոխարինման սխեման տրված է 1-13, գ-ում: Դիտարկենք ուղիղ խնդրի լուծումը, երբ տրված է օդային բացակի Φ_0 մագնիսական հոսքը և պետք է որոշել F_m մ. շ. ուն: Քանի որ F_m մ. շ. ուն հավասարաչափ է բաշխված ըստ միջուկի երկարության, ապա հաշվարկը կարելի է կատարել միայն հաջորդական մոտեցման եղանակով, որի համար նախօրոք ընտրվում է F_m -ի կամայական մեծությունը և որոշվում այն տեղամասերի մ. շ. ուն, որոնց երկարություններն են:

Նախօրոք տրված F_m -ի մեծությունը կարող ենք որոշել. $F_m = \Phi_0 / \Lambda_{\Sigma}$ բանաձևով, որտեղ Λ_{Σ} -ն օդային բացակների գումարային հաղորդականությունն է: Այնուհետև կառուցում ենք փոխարինման սխեման և որոշում 1-1' կետերի միջև մագնիսական պոտենցիալների տարբերությունը:

$$U_{m1-1'} = -f_m \frac{x_1}{2} + \Phi_0 \left(R_{m1}' + R_{m1'} + R_{md} + \frac{1}{\Lambda_{\delta_1}} + \frac{1}{\Lambda_{\delta_2}} \right), \quad (1-16)$$

որտեղ $f_m = F_m / l_s$ տեսակարար մ. շ. ուն է (Ա/սմ),

Λ_{δ_1} -ը և Λ_{δ_2} -ը, δ_1 -ը և δ_2 -ը օդային բացակների հաղորդականություններն են (Հն):

R_{m1}' և $R_{m1'}$ դիմադրությունները որոշվում են $R_{mi} = l_i / \mu S$ բանաձևով՝ նյութի մագնիսական կորի միջոցով: Որպես այս կամ այն տեղամասի երկարություն պետք է ընդունել նրա միջին երկարությունը:

Որոշենք ցրման հոսքը առաջին տեղամասում.

$$\Phi_{d1} = U_{m1-1'} \cdot \lambda_{d1} x_1, \quad (1-17)$$

Φ_{12} մագնիսական հոսքը որոշվում է հետևյալ կերպ.

$$\Phi_{12} = \Phi_0 + \Phi_{d1}, \quad (1-18)$$

Որոշելով Φ_{12} -ը, կարելի է գտնել 2-2' կետերի միջև մագնիսական պոտենցիալների տարբերությունը.

$$U_{m2-2'} = -f_m \frac{x_1 + x_2}{2} + U_{m1-1'} + \Phi_{12} (R_{m1-2} + R_{m1'-2'}), \quad (1-19)$$

Այնուհետև գտնում ենք երկրորդ տեղամասի ցրման հոսքը.

$$\Phi_{d2} = U_{m2-2'} \cdot \lambda_{d2} x_2,$$

Նույն ձևով որոշում ենք Φ_{23} -ը և այնուհետև 3-3' կետերի միջև մագնիսական պոտենցիալների տարբերությունը: Դրանից հետո որոշում ենք Φ_{d3} ցրման հոսքը և Φ_3 հոսքը:

Հաշվարկի վերջում գտնում ենք 4-4' կետերի միջև եղած պոտենցիալների տարբերությունը.

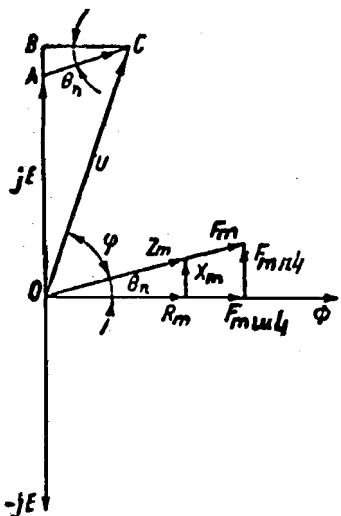
$$U_{m4-4'} = -f_m \frac{x_3}{2} + U_{m3-3'} + \Phi_3 (R_{m3} + R_{m3'} + R_{m4}), \quad (1-20)$$

Ակնհայտ է, որ $U_{m4-4'}$ -ը պետք է հավասար լինի զրոյի: Եթե $U_{m4-4'}$ -ը հավասար չէ զրոյի, ապա F_m -ին նոր արժեք պետք է տալ և կրկնել հաշվարկը: Հաշվարկը չկրկնելու համար, խորհուրդ է տրվում երեքից չորս կետերով կառուցել $U_{m4-4'} = f(F_m)$ կորը (նկ. 1-11, դ): Այդ կորի հատումը F_m առանցքի հետ կտա կոճի մ. շ. ու.-ի հաշվարկային մեծությունը:

Կենտրոնացված փաթույթով մագնիսական շղթաների անհրաժեշտ մ. շ. ու.-ն որոշվում է փոխարինման սխեմայի փոխակերպման ճանապարհով: Հակադարձ խնդիրը երկու դեպքում էլ լուծվում է հաջորդական մոտեցման եղանակով: Նշենք, որ տեղամասերի քանակի մեծացման հետ մեծանում է նաև հաշվարկի ճշտությամբ:

1-4. ՓՈՓՈԽԱԿԱՆ ՀՈՍԱՆՔԻ ՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆ ՇՂԹԱՅԻ ՀԱՇՎԱՐԿԸ ԷԿՐԱՆԻ ԱՌԿԱՅՈՒԹՅԱՆ ԴԵՊՋՈՒՄ

Ի տարբերություն հաստատուն մագնիսական հոսքի, փոփոխական հոսանքի մագնիսական հոսքը պարբերաբար վերամագնիսացնում է մագնիսալարին, որի փակ կոնտուրում առաջանում են մրրկային հոսանքներ: Այդ բոլորը հանգեցնում է մագնիսալարի պողպատում կորուստների և մ. շ. ու.-ի ու հոսքի միջև անկյունային շեղման առաջացմանը:



Փոփոխական հոսանքի մագնիսական շղթայի վեկտորական դիագրամը ցույց է տրված նկ. 1-12-ում: Փոփոխական հոսանքի մագնիսական շղթաների հաշվարկը հեշտացնելու նպատակով ընդունվում է, որ փաթույթի լարումը, հոսանքը և մագնիսական հոսքը փոփոխվում են սինուսոիդալ օրենքով, և մագնիսական ինդուկցիան դուրս չի գալիս մագնիսացման կորի գծային սահմաններից:

Կոճի մ. շ. ու.-ն իր ստեղծած Փ հոսքից շեղված է Θ_m անկյունով և բաղ-

կացած է երկու բաղադրիչներից՝ $F_{m\phi}$ -ից, որը իր փուլով համընկնում է մագնիսական հոսքի հետ և ծախսվում է այդ հոսքը մագնիսական շղթայի բոլոր տեղամասերով անցկացնելու համար և $F_{m\psi}$ -ից, որը հոսքից շեղված է 90° -ով և ծախսվում է վերամագնիսացումից ու մրրկային հոսանքներից պողպատում առաջացած կորուստները կոմպենսացնելու համար:

Փոփոխական հոսանքի էլեկտրական շղթաների նմանությունից կարելի է գրել.

$$R_m = \frac{F_{m\phi}}{\Phi}, \quad X_m = \frac{F_{m\psi}}{\Phi}, \quad Z_m = \frac{F_m}{\Phi}, \quad (1-21)$$

Այսպիսով, մագնիսալարի վերամագնիսացումը և մրրկային հոսանքները հաշվի առնելու համար անհրաժեշտ է մագնիսական շղթաների փոխարինման սխեմայում մտցնել մագնիսական ինդուկտիվ X_m դիմադրությունը: Հետևաբար փոփոխական հոսանքի մագնիսական համակարգի մագնիսալարի դիմադրությունը բնութագրվում է հետևյալ կոմպլեքս մեծությամբ.

$$Z_m = R_m + j X_m, \quad (1-22)$$

Լրիվ կոմպլեքս մագնիսական դիմադրության բաղադրիչները, իրենց հերթին, կարող են գրվել հետևյալ տեսքով.

$$R_m = \rho_R \frac{l}{S}, \quad X_m = \rho_x \frac{l}{S}, \quad (1-23)$$

որտեղ ρ_R -ը և ρ_x -ը մագնիսալարի նյութի տեսակարար մագնիսական դիմադրության համապատասխանաբար ակտիվ և ռեակտիվ բաղադրիչներ են: Տեսակարար մագնիսական ρ_x դիմադրությունը որոշվում է հետևյալ կերպ.

$$\rho_x = \frac{\gamma P_0}{\pi f B_m^2}, \quad (1-24)$$

որտեղ P_0 -ն մրրկային հոսանքներից և վերամագնիսացումից առաջացած կորուստներն են մագնիսալարի միավոր կշռում:

Պողպատի կոմպլեքս տեսակարար մագնիսական դիմադրության մեծությունը կազմում է.

$$\rho_z = \sqrt{\rho_R^2 + \rho_x^2}, \quad (1-25)$$

Այս դիմադրությունը մագնիսալարի նյութի կոմպլեքս մագնիսական թափանցելիության հակադարձ մեծությունն է, իսկ նրա ρ_R ակտիվ բաղադրիչը՝ նյութի բացարձակ մագնիսական թափանցելիության հա-

Նկ. 1-12. Փոփոխական հոսանքի մագնիսական համակարգերի վեկտորական դիագրամը

կադարձ մեծությունը: Նյութի կոմպլեքս տեսակարար մագնիսական դիմադրություն մեծությունը որոշվում է մագնիսացման կորից, որը ստացվում է համապատասխան հաճախություն ունեցող փոփոխական հոսանքի դեպքում.

$$\rho_z = \frac{\sqrt{2} H \sim}{B_m} \quad (1-26)$$

Եթե փոփոխական հոսանքի դեպքում շունենք նյութի մագնիսացման կորը, ապա ρ_z -ը նպատակահարմար է որոշել տեսակարար մագնիսացման $P_{\text{մագ}}$ հզորությունից, որի մեծությունը տրվում է տեղեկագրերում ($\rho_z = \gamma P_{\text{մագ}} / \pi f B_m^2$): Իմանալով նյութի լրիվ տեսակարար դիմադրությունը և նրա ռեակտիվ բաղադրիչը, դժվար չէ որոշել տեսակարար ակտիվ ρ_R դիմադրությունը.

$$\rho_R = \sqrt{\rho_z^2 + \rho_x^2} = \frac{\gamma}{\pi f B_m^2} \sqrt{P_{\text{մագ}}^2 - P_0^2} \quad (1-27)$$

Պողպատում մրրկային հոսանքների և հիստերեզիսի կորուստների անկյան տանգենսը որոշվում է ինդուկտիվ և ակտիվ մագնիսական դիմադրությունների հարաբերությամբ.

$$\operatorname{tg} \Theta_n = \frac{X_m}{R_m} \quad (1-28)$$

Մագնիսական շղթայի օղային բացակների դիմադրությունը ունի միայն ակտիվ բնույթ, քանի որ դրանցում բացակայում են վերամագնիսացման կորուստները և մրրկային հոսանքները: Օղային բացակների համար կարելի է գրել.

$$Z_{m \circ z} = R_{m \circ z} = \frac{1}{\Lambda_{\circ z}}$$

Փոփոխական հոսանքի մագնիսական համակարգերը հաճախ ունենում են հատուկ փաթույթներ (էկրաններ): Էկրանները կարող են պատրաստվել կարճ միացված գալարների տեսքով, որոնք լրիվ կամ մասամբ ընդգրկում են մագնիսալարի բևեռներով, ինչպես նաև փաթույթների տեսքով, որոնք կարճ են փակված կամ փակված են որոշակի դիմադրությունով:

Դիտենք որևէ $W_{\epsilon k}$ գալարներ ունեցող փաթույթ, որն ընդգրկում է մագնիսալարի միջուկի ամբողջ կտրվածքը և կարճ է փակված: Պարզենք, թե այսպիսի փաթույթով (էկրանով) պայմանավորված մագնիսական դիմադրությունը ինչպես է հաշվի առնվում շղթայի փոխարինման սխեմայում: Քանի որ էկրանով ընդգրկված մագնիսալարի կտր-

վածքով անցնում է փոփոխական հոսք, ապա վերջինս էկրանում ինդուկտում է փոփոխական $\dot{E}_{\epsilon k}$ էլ.շ.ու.: Քանի որ էկրանը իրենից ներկայացնում է փակ կոնտուր, ապա նրանով հոսում է $\dot{E}_{\epsilon k}$ էլ.շ.ու.-ով պայմանավորված $I_{\epsilon k}$ հոսանք, որն էլ իր հերթին ստեղծում է $F_{\epsilon k}$ մ.շ.ու.:

Ակնհայտ է, որ այդ մ.շ.ու.-ի առաջացրած $\Phi_{m \epsilon k}$ հոսքը ուղղված կլինի հակառակ $\dot{E}_{\epsilon k}$ է.շ.ու.-ն ինդուկտող հոսքին: Հաշվի առնելով ասվածը, $W_{\epsilon k}$ գալար ունեցող փաթույթի համար կարող ենք գրել.

$$-\dot{F}_{m \epsilon k} = \dot{I}_{\epsilon k} W_{\epsilon k} = -\frac{\dot{E}_{\epsilon k}}{r_{\epsilon k} + j x_{\epsilon k}} \cdot W_{\epsilon k} \quad (1-29)$$

որտեղ $r_{\epsilon k}$ -ն և $x_{\epsilon k}$ -ն էկրանի (փաթույթի) էլեկտրական ակտիվ և ռեակտիվ դիմադրություններն են:

Այդ մ.շ.ու.-ն կարող է փոխարինվել էկրանով պայմանավորված համարժեք մագնիսական դիմադրության վրա եղած մագնիսական պոտենցիալների տարբերությունով.

$$-\frac{\dot{E}_{\epsilon k}}{r_{\epsilon k} + j x_{\epsilon k}} \cdot W_{\epsilon k} = \frac{1}{2} \cdot Z_{m \epsilon k} \Phi_{m \epsilon k} \quad (1-30)$$

էկրանում գործող է.շ.ու.-ն կլինի.

$$\dot{E}_{\epsilon k} = -j \frac{\omega}{\sqrt{2}} W_{\epsilon k} \Phi_{m \epsilon k} \quad (1-31)$$

Եթե (1-31)-ը տեղադրենք (1-29)-ի մեջ, կստանանք.

$$\dot{I}_{\epsilon k} W_{\epsilon k} = j \frac{\omega \Phi_{m \epsilon k} \cdot W_{\epsilon k}^2}{\sqrt{2} r_{\epsilon k} j x_{\epsilon k}} = x_{\epsilon k} \frac{\omega \Phi_{m \epsilon k} W_{\epsilon k}^2}{\sqrt{2} (r_{\epsilon k}^2 + x_{\epsilon k}^2)} + j r_{\epsilon k} \frac{\omega \Phi_{m \epsilon k} W_{\epsilon k}^2}{\sqrt{2} (r_{\epsilon k}^2 + x_{\epsilon k}^2)} \quad (1-32)$$

Այսպիսով, էկրանի ակտիվ և ինդուկտիվ մագնիսական դիմադրությունների հավասարումները կունենան հետևյալ տեսքը.

$$R_{m \epsilon k} = x_{\epsilon k} \frac{\omega W_{\epsilon k}^2}{r_{\epsilon k}^2 + x_{\epsilon k}^2}, \quad X_{m \epsilon k} = r_{\epsilon k} \frac{\omega W_{\epsilon k}^2}{r_{\epsilon k}^2 + x_{\epsilon k}^2} \quad (1-33)$$

էկրանի լրիվ մագնիսական դիմադրությունը կլինի.

$$Z_{m \epsilon k} = \left(x_{\epsilon k} \frac{\omega W_{\epsilon k}^2}{r_{\epsilon k}^2 + x_{\epsilon k}^2} + j r_{\epsilon k} \frac{\omega W_{\epsilon k}^2}{r_{\epsilon k}^2 + x_{\epsilon k}^2} \right) = \frac{\omega W_{\epsilon k}^2}{r_{\epsilon k}^2 + x_{\epsilon k}^2} (x_{\epsilon k} + j r_{\epsilon k}) \quad (1-34)$$

Կարճ միացված գալարի տեսքով պարագետված էկրանը ($W_{էկ} = 1$) ունի բավականին փոքր ինդուկտիվ դիմադրություն և այն կարելի է արհամարհել ($X_{էկ} \approx 0$): Հետևաբար՝

$$R_{մէկ} = 0, \quad X_{մէկ} = \frac{\omega}{r_{էկ}},$$

Այսպիսով, միայն ակտիվ դիմադրություն ունեցող կարճ փակված փաթույթը փոխարինման սխեմայում կարելի է ներկայացնել որպես ռեակտիվ մագնիսական դիմադրություն: Եթե փաթույթը խզված է ($r_{էկ} = \infty$), ապա $X_{մէկ} = 0$: Իսկ եթե նրա ակտիվ դիմադրությունը հավասար է զրոյի ($r_{էկ} = 0$), ապա $X_{մէկ} = \infty$:

Փոփոխական հոսանքի մագնիսական շղթայի հաշվարկի մեթոդները նույնն են, ինչ որ հաստատունինը, բայց այս դեպքում հաշվարկը կատարվում է կոմպլեքս մեծություններով:

ա) հանգույցի համար՝ $\Sigma \Phi = 0,$ (1-35)

բ) տեղամասի համար՝ $\Phi_{mi} = \sqrt{2} \frac{\dot{U}_m}{Z_m},$ (1-36)

գ) փակ կոնտուրի համար՝ $\Sigma \dot{F}_m = \frac{1}{\sqrt{2}} \Sigma \Phi_{mi} \Sigma_m,$ (1-37)

որտեղ Φ_{mi} -ն շղթայի տեղամասում հոսքի կոմպլեքս մեծությունն է, (առավել մեծությունը*), $\dot{U}_m$ -ը՝ երկու տեղամասերի ծայրերի միջև մագնիսական պոտենցիալների տարբերության կոմպլեքս մեծությունը, $\dot{F}_m$ -ը՝ մ. շ. ու.-ի կոմպլեքս մեծությունը, Z_m -ը՝ տեղամասի լրիվ կոմպլեքս մագնիսական դիմադրությունը:

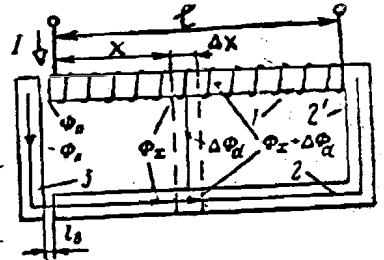
1-5. ՀԱՇՎԻՉ ՏԵԽՆԻԿԱՅԻ ՕԳՏԱԳՈՐԾՈՒՄԸ ՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆ ԵԳՔԱՆԵՐԻ ՀԱՇՎԱՐԿՈՒՄ

Վերջին ժամանակներում հաշվիչ տեխնիկան լայնորեն կիրառվում է էլեկտրական ապարատների, մասնավորապես նրանց մագնիսական շղթաների հաշվարկում:

Որպես օրինակ դիտարկենք էլեկտրամագնիսական ռելեի շղթան, որտեղ փաթույթը հավասարաչափ բաշխված է l երկարություն ունեցող միջուկի վրա և բաղկացած է W գալարներից (նկ. 1-13):

* (Փոփոխական հոսանքի մագնիսական համակարգերի հաշվարկներում մագնիսական ինդուկցիան միշտ արտահայտվում է առավելագույն արժեքով, իսկ մ. շ. ու.-ն և պոտենցիալների տարբերությունը՝ արդյունավետ արժեքներով):

Միջուկի (1) և Եւրան զուգահեռ լուծի (2) մի մասի մոտիկության հետևանքով նրանց միջև ոչ ֆերոմագնիսական տարածքում առաջանում է զգալի մեծություն ունեցող ցրման Φ_a հոսք, որը անհրաժեշտ է հաշվի առնել փաթույթի մ. շ. ու.-ի և խարսխի Φ_m հոսքի միջև կապը որոշման ժամանակ: Դիտարկվող մագնիսական շղթան պետք է հաշվարկել որպես բաշխված պարամետրերով մագնիսական շղթա:



Որպես առաջնային պարամետր հանդես են գալիս միավոր երկարություն ունեցող միջուկի և լուծի մագնիսական դիմադրությունը՝ R_{mx} -ը և ոչ ֆերոմագնիսական միջավայրի միավոր երկարություն հաղորդակալությունը՝ λ_m -ը:

Փաթույթի սկզբից x հեռավորության վրա գտնվող կտրվածքում միջուկի և լուծի միջև մագնիսական պոտենցիալների տարբերությունը նշանակենք U_{mx} -ով, իսկ ΔU_{mx} տեղամասում՝ ΔU_{mx} պոտենցիալի U_{mx} -ի աճը: $\Delta \Phi_x$ փաթույթի սկզբից x հեռավորության վրա գտնվող միջուկի կամ լուծի կտրվածքում Φ_x հոսքի աճը Δx տեղամասում:

Անհրաժեշտ է նշել, որ.

$$\Delta \Phi_x = -\Delta \Phi_d,$$

որտեղ $\Delta \Phi_d$ -ը, $x = \text{const}$ և $x + \Delta x = \text{const}$ հարթություններով սահմանափակված մագնիսական հոսքն է:

Մագնիսական պոտենցիալների տարբերության և մագնիսական հոսքի աճի հավասարումները Δx տեղամասի համար կգրվեն հետևյալ կերպ.

$$\begin{cases} -\Delta U_{mx} = (r_{mx} \Phi_x - \Theta) \Delta x \\ -\Delta \Phi_x = [\lambda_{mx} (U_{mx} + \Delta U_{mx})] \Delta x, \end{cases} \quad (1-38)$$

որտեղ $\Theta = IW/l$ մ. շ. ու.-ն է միավոր երկարության վրա:

Երբ Δx -ը ձգւում է զրոյի, ապա ստացվում են հետևյալ դիֆերենցիալ հավասարումները.

$$\begin{cases} -\frac{dU_{mx}}{dx} = r_{mx} \Phi_x - \Theta \\ -\frac{d\Phi_x}{dx} = \lambda_{mx} U_{mx}, \end{cases} \quad (1-39)$$

(1-38) և (1-39) հավասարումներում $\gamma_{\max}$ -ը կախված է Φ_x -ից: λ_m -ը կախված չէ Φ_x -ից, բայց կարող է կախված լինել x կոորդինատից:

Դիտարկենք նկ. 1-13-ում բերված մագնիսական շղթայի հաշվարկի ծրագիրը «Նաիրի-2» թվային հաշվիչ մեքենայի վրա հետևյալ ելակետային տվյալների համար՝ $l = 33,3$ սմ, մագնիսալարի կտրվածքը $S = 10$ մմ², 0,1 լ երկարություն մագնիսական հաղորդականությունը՝ $\lambda_m \Delta x = 0,01$ Հն.մ, 3-խարիսխի և մագնիսալարի մնացած մասի միջև օդային բացակների գումարային մագնիսական դիմադրությունը՝ 12×10^5 Հն⁻¹, օդային բացակի $\gamma_m = 0,661726$ S_L և մագնիսական պոտենցիալների տարբերությունը 0,1 լ երկարության վրա $\Theta \Delta x = 15$ Ա:

Ծրագիրը կլիցի հետևյալը.

1. допустим $\gamma = 12$ $s = 10$ $\partial = 0,01$ $l = 0,005$ $b = 0,661726$ $m = 15$
 $o = 0$
2. вычислим $H = 218,9$ $tg 0,9026$ $P = 0-1$.
3. если $0 - 0,01 > 0$ иди к 5
4. вычислим $\Phi = bs$ $u = r\Phi$
5. если $0 - 0,01 < 0$ иди к 9
6. вычислим $\gamma = 0,01H/3b$ $\Phi = bs$ $\delta = r\Phi - m$ $u = u + \delta$ $a = u\delta$
 $\Phi = \Phi + a$ $b = \Phi s$
7. печатаем с 0 знаками P
8. печатаем с 4 знаками Φ и
9. выставим $0 = 0 + 1$
10. если $0 - 11$, $1 < 0$ иди к 2
11. вычислим $\Lambda = u/l$ $H = 218,9$ $lg 0,9026$ b $b = \lambda_m$
12. допустим $b = 161$
13. печатаем с 5 знаками b
14. кончаем
исполним
 $P = 0,0$
 $\Phi = 7,3109$ $u = 69,3698$
 $P = 1,0$
 $\Phi = 7,9112$ $u = 60,0315$
 $P = 2,0$
 $\Phi = 8,4248$ $u = 51,3550$
 $P = 3,0$
 $\Phi = 8,857$ $u = 43,2961$
 $P = 4,0$
 $\Phi = 9,2153$ $u = 35,8015$

$P = 5,0$
 $\Phi = 9,5038$ $u = 23,8091$
 $P = 6,0$
 $\Phi = 9,7263$ $u = 23,2474$
 $P = 7,0$
 $\Phi = 9,8867$ $u = 16,0363$
 $P = 8,0$
 $\Phi = 9,9876$ $u = 10,0886$
 $P = 9,0$
 $\Phi = 10,0307$ $u = 4,3116$
 $P = 10,0$
 $\Phi = 10,0168$ $u = -1,3911$
 $b = 1,00014$

Ստորև հարաբերակցության տեսքով տրված են հավասարման նշանից ձախ՝ թվային նշանակումները ծրագրում, աջից՝ տառային նշանակումները (1-38) և (1-39) արտահայտություններում:

$$\partial = d_{mx} \Delta x, \quad m = \Theta \Delta x, \quad \Phi = \Phi_x, \quad r = r_{mx} \Delta x, \\ u = U_{mx}, \quad \delta = -\Delta U_{mx}$$

Բացի այդ նշանակումներից, r տառով նշանակված է մագնիսական դիմադրությունը, S -ով՝ մագնիսալարի կտրվածքը, b -ով՝ մագնիսական B ինդուկցիան, H -ով՝ մագնիսական դաշտի H լարվածությունը, l -ով՝ մագնիսալարի l (այլ ոչ թե 1-13-ի նշանակված l երկարությունը) տեղամասի երկարությունը, m -ով նշանակված է $\Theta \Delta x$ արտադրյալը:

Մագնիսացման կորը ապրոկսիմացված է (2 և 11) օպերատորներում բերված տանգենսիդով: l երկարությունը բաժանված է տասը հավասար մասերի, որոնց համարները նշանակված են P տառով, հետևաբար յուրաքանչյուր տեղամասի երկարությունը հավասար է $\Delta x = l/10$: Բացի այդ, ենթադրված է, որ մագնիսալարում (1, 2 և 2') տեղամասերը պատրաստված են միևնույն նյութից, ունեն միևնույն կտրվածքները, իսկ 3-խարիսխի մագնիսական դիմադրությունը հավասար է զրոյի:

Ելակետային տվյալները տրված են օպերատոր 1-ում, ընդ որում r -ի արժեքները տրված են 10^5 Հն⁻¹-ով, իսկ S -ի արժեքը՝ մմ²-ով: Մագնիսական Φ հոսքը մեքենան տալում է 10^{-5} Վբ-ով, իսկ մագնիսական պոտենցիալների տարբերությունը՝ Ա-ով: 2' տեղամասի l երկարությունը տրված է օպերատոր 1-ում մետրերով, ∂ -ն՝ Հն.մ-ով, b -ն՝ տեսլաններով:

ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ԿՈՆՏԱԿՏՆԵՐԸ ԵՎ ՆՐԱՆՑ ՀԻՄՆԱԿԱՆ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

2-1. ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ԿՈՆՏԱԿՏՆԵՐԻ ՆՇԱՆԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ ԵՎ ՏԵՍԱԿՆԵՐԸ

Էլեկտրական սարքավորման տարբեր տարրերը միմյանց հետ կա-
րող են միմյանք ինչպես կոշտ (մշտական) ձևով, այնպես էլ ժամանա-
կավոր՝ կոնտակտային հպման միջոցով: Միմյանց հետ հպվող մասերը,
որոնք ապահովում են հոսանքի անցումը սարքավորման մի տարրից
մյուսը կոչվում են կոնտակտներ (լատինական contactus բառից, որ
նշանակում է հպում):

ԳՈՍՏ 2774-44-ում նշված է. «Էլեկտրական կոնտակտը այն հան-
գույցն է, որտեղից հոսանքը մեկ օղակից անցնում է մյուսին»:

Կոնտակտները ռելեների ամենապատասխանատու օրգանն են, նրանց
ոչ ճիշտ հաշվարկը, կառուցվածքի ու նյութի ոչ ճիշտ ընտրումը կա-
րող են պատճառ դառնալ նրանց քայքայման և հանգեցնել վթարների:
Ռելեների կոնտակտները իրենց աշխատանքի ընթացքում պարբերաբար
միացվում և անջատվում են, կոմուտացնելով մեծ կամ փոքր հոսանք-
ներ: Այս տեսակետից կարող ենք ասել, որ կոնտակտները գտնվում
են աշխատանքային ծանր պայմաններում:

Օրինակ, անջատման ժամանակ կոնտակտների միջև առաջանում է
էլեկտրական աղեղ, որը կարող է քայքայել նրանց կամ եռակցել մեկը
մյուսին: Կոնտակտները բաց վիճակում օքսիդանում են և պարբերա-
բար միացման ու անջատման ժամանակ նրանց միջև ճնշումը թուլա-
նում է, որ բացասաբար է ազդում հոսանքի կոմուտացիայի վրա: Կոն-
տակտների վրա մեծ ազդեցություն է թողնում նաև նրանց թրթռոցը:

Էլեկտրական կոնտակտներին ներկայացնում են հետևյալ պա-
հանջները.

1. հուսալի կոնտակտային միացում,
2. միացման ակնթարթին կոնտակտների թրթռոցի բացակայու-
թյուն,
3. տաքացում ոչ ավելի, քան նախատեսված է թույլատրելի շա-
փերով,
4. ջերմային և էլեկտրադինամիկ կայունություն մեծ հոսանքների
դեպքում,
5. կայունություն արտաքին ազդեցությունների նկատմամբ,
6. մեխանիկական ամրություն,

7. երկարատևություն,

8. փոքր անցողիկ դիմադրություն,

9. կոնտակտները պետք է դիմանան որոշակի թվով անցատում-
ների և միացումների,

10. անջատման ժամանակ կոնտակտներից առաջացած աղեղը չպետք
է քայքայի նրանց,

11. անջատված վիճակում կոնտակտների միջև պետք է ապահովի
որոշակի լարում՝ առանց նրանց միջև եղած բացակը ծակելու:

Ըստ աշխատանքի բնույթի կոնտակտները լինում են.

ա) Փակող կամ նորմալ բաց կոնտակտներ (Ն. Բ.), որոնք գտնվում
են բաց վիճակում, երբ էլեկտրամագնիսի կոճով անցնող հոսանքը հա-
վասար է զրոյի, իսկ հոսանք անցնելու դեպքում նրանք փակվում են:

բ) Նորմալ փակ կոնտակտներ (Ն. Փ.), որոնք կոճում հոսանքի
բացակայության դեպքում փակ են, իսկ հոսանքի առկայության դեպ-
քում՝ բաց:

գ) Փոխարկիչ կոնտակտներ (Փոխ): Որոշ կառուցվածքի ռելենե-
րում, հատկապես փոքր հզորության ռելեներում, փակվող և բաց-
վող կոնտակտները տեղակայում են մեկ ընդհանուր կոնտակտային
համակարգում: Ռելեն աշխատելիս նորմալ բաց (Ն. Բ.) կոնտակտները
փակվում են, իսկ նորմալ փակը՝ (Ն. Փ.) բացվում:

Ըստ կոմուտացնող հոսանքի մեծության կոնտակտները բաժան-
վում են երեք խմբի՝

ա) փոքր հոսանքի կոնտակտներ՝ սկսած մի քանի մԱ-ից մինչև 1 Ա:

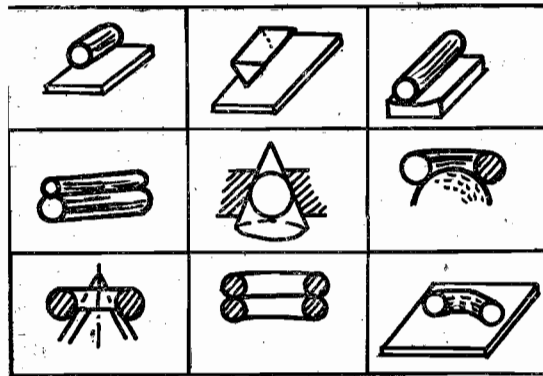
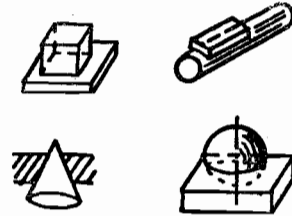
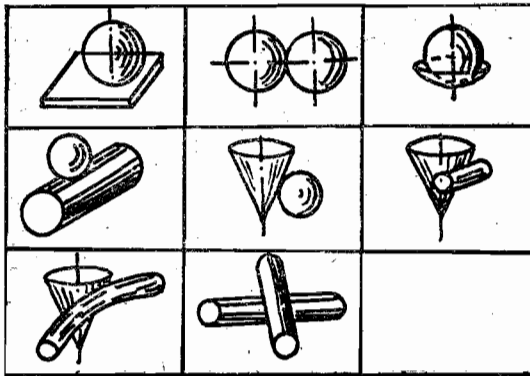
բ) Միջին հոսանքի կոնտակտներ՝ մի քանի Ամպերից մինչև 100 Ա:

գ) Մեծ հոսանքի կոնտակտներ՝ 100 Ամպերից ավելի:

Ըստ կառուցվածքի կոնտակտները բաժանվում են երեք խմբի՝
ա—կետային, բ—գծային, գ—մակերևութային (նկ. 2—1 ա, բ, գ):

Ավտոմատիկայի, էլեկտրակապի պաշտպանության փոքր հզորու-
թյան ռելեներում կոնտակտները ամրացնում (գամում) են ֆոսֆորա-
յին բրոնզին, ննյւզիպերին կամ լատունից պատրաստված հարթ կոն-
տակտային զսպանակներին (նկ. 2-2), որոնք ապահովում են անհրա-
ժեշտ կոնտակտային ճնշում և կոնտակտների միջև ստեղծում անհրա-
ժեշտ բացակ:

Ավելի հզոր ռելեներում կիրառում են կամրջակային կոնտակտներ
(նկ. 2—3), ընդ որում անշարժ կոնտակտները տեղակայում են կոշտ,
մեկուսիչ սալակի, իսկ շարժական կոնտակտները՝ հաղորդիչ ձողի
վրա: Կառավարման ռելեներում մեծ հոսանքների դեպքում կիրառում
են մատնային կոնտակտներ (նկ. 2—4):



Նկ. 2-1. ա) կետային կոնտակտներ, բ) մակերևութային կոնտակտներ, գ) գծային կոնտակտներ

2-2. ԿՈՆՏԱԿՏՆԵՐԻ ԴԱՍԱԿԱՐԳՈՒՄԸ

Իրենց նշանակությամբ էլեկտրական կոնտակտները բաժանվում են երկու խմբի.

1. միացնող կոնտակտներ, որոնք աշխատանքի ընթացքում մշտապես փակ են:

2. Կոմուտացիոն կոնտակտներ, որոնք նշանակված են անջատելու, միացնելու և փոխանջատելու համար:

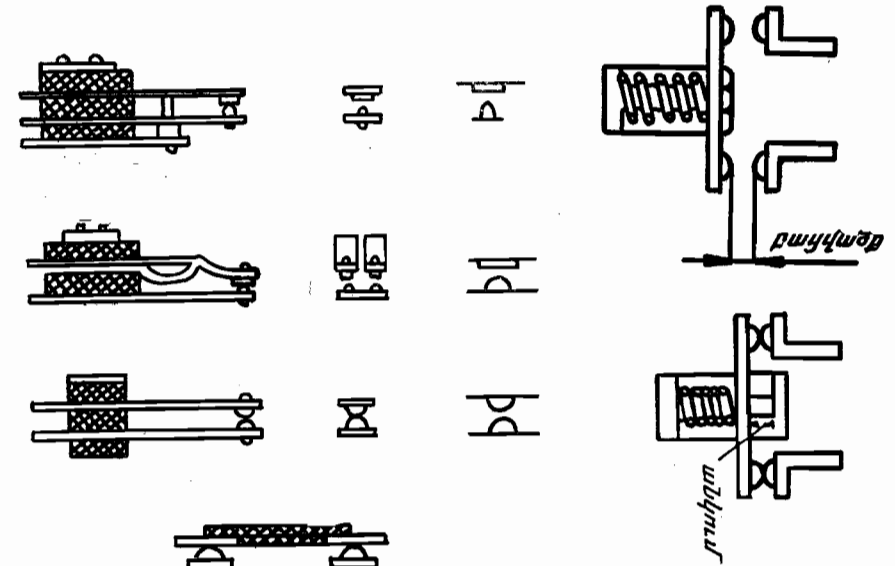
էլեկտրական ապարատներում օգտագործվող կոմուտացիոն կոնտակտները լինում են երեք տիպի.

1. անշարժ, 2. շարժական և 3. սանդղ:

Անշարժ կոչվում են այն կոնտակտները, որոնք աշխատանքի ընթացքում իրարից չեն բաժանվում, նրանց միացումը կատարվում է

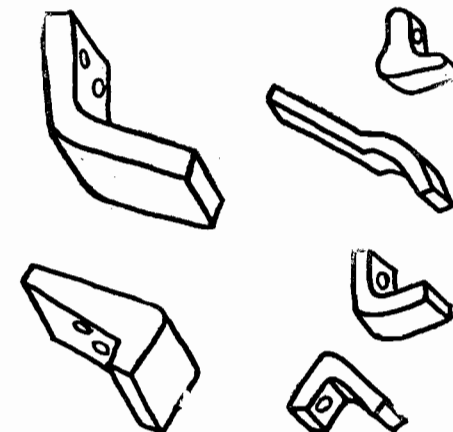
հեղույսների և սեղմանների (սառը միացում) կամ էլ եռակցման միջոցով (տաք միացում): Այս տիպին պատկանող կոնտակտները ամենապահովն են, հատկապես եռակցվածը:

Շարժական կոչվում են այն կոնտակտները, որոնք իրենց աշխատանքի ընթացքում պարբերաբար անջատվում և միանում են: Այս տիպին պատկանող կոնտակտների աշխատանքային վիճակը բավականին ծանր է:



Նկ. 2-2. Զսպանակային կոնտակտներ

Նկ. 2-3. Կամրջակային կոնտակտներ



Նկ. 2-4. Մատնային կոնտակտներ

Սահող կոշվում են այն կոնտակտները, որոնք իրենց աշխատանքի ընթացքում տեղափոխվում են մեկ կոնտակտային մակերեսից մյուսը, առանց շղթան խզելու (օրինակ, Յ—39 տիպի ամպերմետրը, թողարկիչ ռեոստատները և այլն):

Նշված կոնտակտներից ամենածանր աշխատանքային պայմաններում են գտնվում շարժական կոնտակտները: Օրինակ, շարժական կոնտակտների անջատման ժամանակ նրանց միացման մակերեսների միջև առաջանում է էլեկտրական աղեղ, որը բարձր ջերմաստիճանի ազդեցության տակ (6000° — 12000°C) կարող է քայքայել կոնտակտի մակերեսը:

Շարժական կոնտակտները բաց վիճակում ենթարկվում են օքսիդացման, իսկ օքսիդի շերտը, որն ունի մեծ դիմադրություն, բացասաբար է անդրադառնում կոնտակտների աշխատանքի վրա: Շարժական կոնտակտների միացման և անջատման ժամանակ թուլանում է կոնտակտային ճնշումը, որը նույնպես բացասաբար է անդրադառնում կոնտակտների նորմալ աշխատանքի վրա: Միացման ժամանակ ուժեղ մեխանիկական հարվածներից շարժական կոնտակտները կարող են վնասվել: Այդ պատճառով էլ շարժական կոնտակտներին, բացի ընդհանուր պահանջներից, ներկայացվում են լրացուցիչ պահանջներ.

1. հուսալի միացում, 2. կոնտակտների տաքացումը չպետք է գերազանցի թուլյատրելի սահմաններից, 3. կոնտակտները պետք է դիմանան կարճ միացման հոսանքներին և դինամիկ ազդեցություններին, 4. կոնտակտները արտաքին ազդեցությունների տակ չպետք է քայքայվեն:

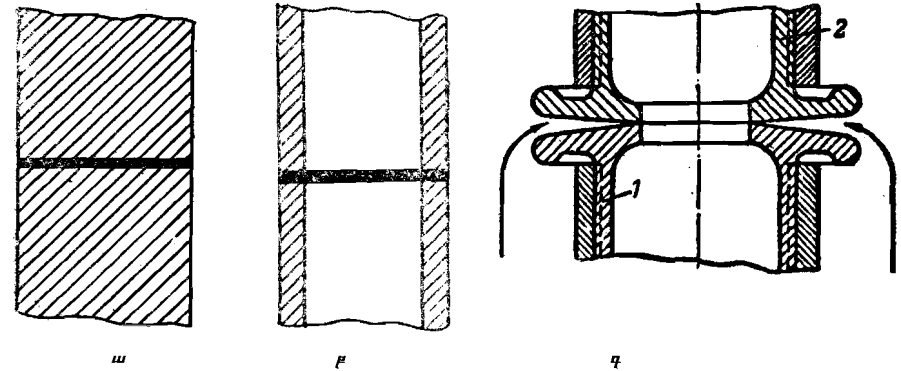
2-3. ԿՈՆՏԱԿՏՆԵՐԻ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԸ

Հստ կառուցվածքի կոնտակտները բաժանվում են հինգ տեսակի.

1. ճակատային, 2. վարդային, 3. մատնային, 4. խոզանակային 5. հատիչ: Ճակատային կոնտակտները լինում են հոծ գլանաձև, սնամեջ և կիսասփերիկ (նկ. 2-5 ա, բ, գ):

Սրանք օգտագործում են հզոր անջատիչ ապարատներում և հատկապես բարձր լարման յուղային անջատիչներում՝ 800—1000 Ա աշխատանքային հոսանքները կոմուտացնելու համար:

Ճակատային կոնտակտները ունեն մեծ անցողիկ դիմադրություն, որը փոքրացնելու համար անհրաժեշտ է կոնտակտային ճնշումը մեծացնել:



Նկ. 2-5. Ճակատային կոնտակտներ՝

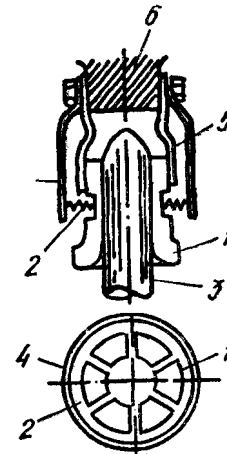
ա) հոծ գլանաձև,

բ) սնամեջ,

գ) կիսասփերիկ

Վարդային կոնտակտները (նկ. 2-6) մեծ կիրառություն ունեն արդի, հատկապես բարձր լարման անջատող ապարատներում:

Վարդային անջատիչի կոնտակտները բաղկացած են անցողիկ սեգմենտներից (1), որոնք միասին վերցրած կազմում են վարդակ: Սեգմենտները զսպանակների միջոցով սեղմվում են շրջանային շարժական կոնտակտներին:



Նկ. 2-6. Վարդային կոնտակտներ.

1—սեգմենտների լատունից, 2—զսպանակ՝

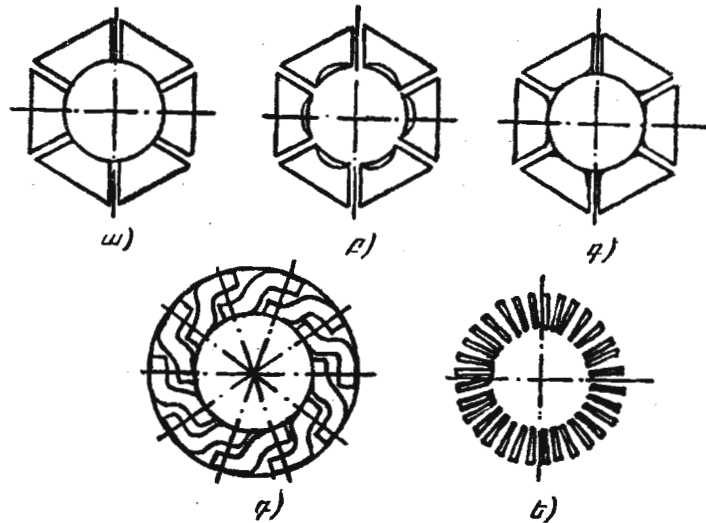
կոնտակտային ճնշում ստեղծելու համար,

3—շարժական կոնտակտ, 4—պատյան,

5—բարակ պղնձյա թիթեղներից հավաքած հոսանքատար, որի թիթեղի հաստությունը

0,1 մմ է

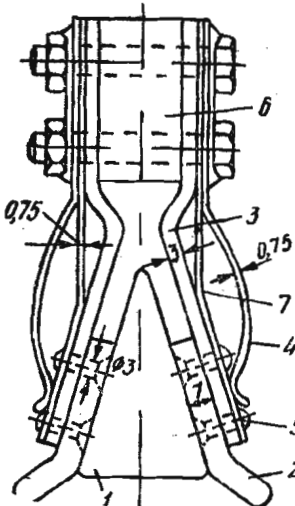
Սեգմենտների ձևեր կարող է լինել տարբեր՝ սեղանաձև, Z-աձև, ուղղանկյունաձև և այլն (նկ. 2-7 ա, բ, գ, դ, ե)։



Նկ. 2-7. Սեգմենտների ձևերը.

ա), բ), գ) սեղանաձև, դ) Z-աձև, ե) տափակ սեգմենտաձև

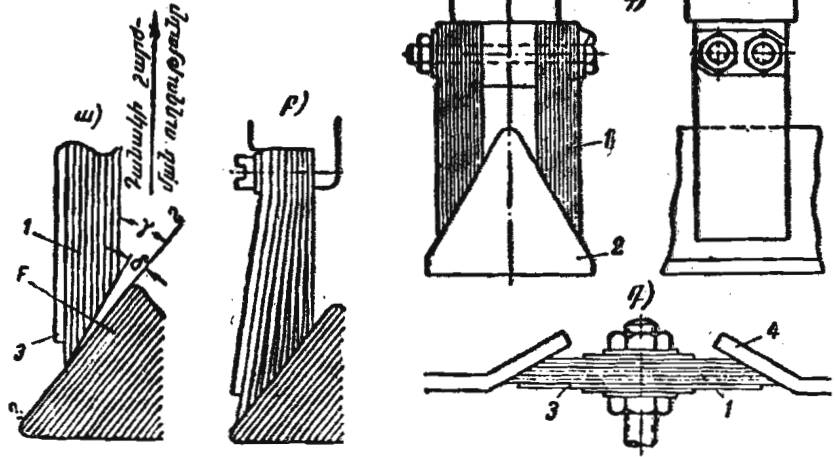
Վարդաշին կոնտակտների անցողիկ դիմադրությունը շատ ավելի փոքր է, քան ճակատայինը։ Օգտագործում են որպես աշխատանքային կոնտակտներ՝ բարձր լարման ապարատներում։



Նկ. 2-8. Մատնային կոնտակտներ. 1—սեպաձև շարժական դաշակ, 2—մատնային կոնտակտ, 3—մատնային կոնտակտը ամրորող որպես աշխատանքային կոնտակտներ։ Նոր միացնող կապ, 4, 7—պողպատյա կոնտակտները սկզբնական վիճակում ունեն զսպանակներ, 5—ամրացուցիչներ, 6—հոսանքատար մաս

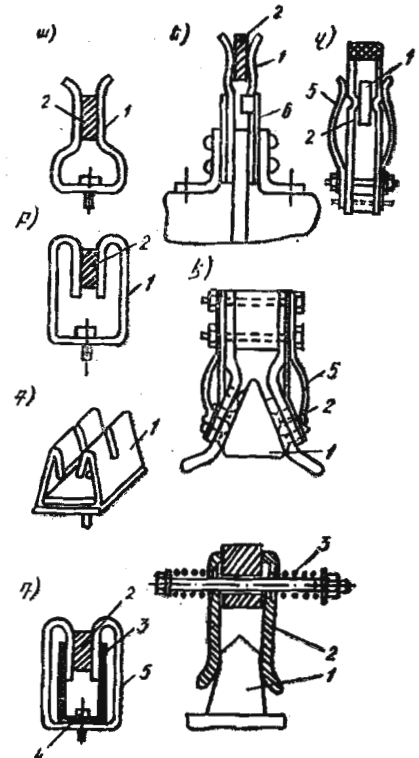
Մատնային կոնտակտները (նկ. 2-8) մեծ մասամբ օգտագործում են բարձր լարման անջատիչներում և բաշխիչներում։ Սրանք որպես աշխատանքային կոնտակտներ օգտագործում են աղեղ մարող խցիկներում։ Կոնտակտների անցողիկ դիմադրությունը համեմատաբար փոքր է։

խոզանակային կոնտակտները (նկ. 2-9) կազմված են լինում մետաղյա բարակ թիթեղների հավաքածուից։ Յուրաքանչյուր թիթեղի հաստությունը լինում է 0,1—0,05 մմ։ Պատրաստում են պղնձից, պողպատից, լատունից և բրոնզից։ Մեծ մասամբ օգտագործվում են անջատող ապարատներում՝ որպես աշխատանքային կոնտակտներ։



Նկ. 2-9. Խոզանակային կոնտակտներ. 1—խոզանակային անշարժ կոնտակտներ, 2—շարժվող կոնտակտ, 3—հարթ կոնտակտային զսպանակ, 4—կոնտակտային թիթեղ, 5—հոսանքատար մաս

Նկ. 2-10. Հատող կոնտակտներ. 1—անշարժ կոնտակտներ, 2—հատող շարժական կոնտակտ, 3—հեղույթ՝ զսպանակի հետ, որը երբեմն կիրառում են անշարժ կոնտակտի ճկունությունը ապահովելու համար, 4—հեղույթ, որի միջոցով ամրացվում է անշարժ կոնտակտը, 5—զբաղանակ՝ անշարժ կոնտակտին ամրություն տալու համար։



Նկ. 2-11. Գծային կոնտակտ

գալում աշխատելու ընթացքում թիթեղները կորցնում են իրենց ճկունությունը, և անցողիկ դիմադրությունը մեծանում է:

5. Հատող կոնտակտներ (նկ. 2-10): Հիմնականում օգտագործում են հատիչներում և ապահովիչներում, լինում են յոթ տեսակի:

Գոյություն ունեն նաև գծային կոնտակտներ (նկ. 2-11), որոնք կիրառվում են կոնտակտորներում՝ որպես աշխատանքային կոնտակտներ:

2-4. ԿՈՆՏԱԿՏՆԵՐԻ ՀԻՄՆԱԿԱՆ ՊԱՐԱՄԵՏՐԵՐԸ

Կոնտակտների՝ հիմնական պարամետրերն են՝

ա) Կոնտակտների ճնշող կամ սեղմող ուժը, բ) կոնտակտների բացվածքը, գ) կոնտակտների անկումը (իջվածքը), դ) կոնտակտների անցողիկ դիմադրությունը:

Կոնտակտների սեղմող ուժը այն ուժն է, որ կոնտակտներն իրար է միացնում որոշակի ճնշող ուժով: Գոյություն ունի կոնտակտային երկու ճնշում. սկզբնական՝ P_0 և վերջնական՝ P_v :

P_0 -ն ստեղծվում է կոնտակտային մակերեսների համան կնիքարթին, իսկ P_v -ն՝ կոնտակտների միացումից հետո: Անբավարար կոնտակտային ուժի դեպքում կոնտակտային մակերեսները իրար թույլ են հալվում, որի հետևանքով մեծանում է անցողիկ դիմադրությունը, և կոնտակտները սկսում են տաքանալ, որը բերում է կոնտակտների փշացմանը: Կոնտակտային սեղմող ուժը ստեղծվում է զսպանակների միջոցով: Գործնականում մեծ զգայունություն ունեցող ուժերի համար (երբ $I_k = 0,5 - 1$ Ա) կոնտակտային ուժը վերցնում են $0,001$ Ն $\div$ $0,02$ Ն, զգայուն ուժերի համար՝ $0,05 - 0,2$ Ն, իսկ 1 Ա-ից մեծ դեպքում վերցվում է $0,2 - 0,3$ Ն: Ավտոմատիկայի միջանկյալ ուժերի համար P_v -ն վերցնում են $0,5 - 1$ Ն, վոլֆրամային կամ մետաղակերամիկական կոնտակտներ ունեցող ուժերի համար P_v վերցնում են $1 - 3$, իսկ $2 - 3$ Ա կոմուտացնող կոնտակտների համար P_v -ն վերցնում են $0,25 - 0,3$ Ն:

Կոնտակտների բացվածքը ($\Delta 12$) շարժական և անշարժ կոնտակտների միջև ամենակարճ հեռավորությունն է: Կոնտակտների բացվածքի մեծությունը ընտրում են՝ ելնելով այն պայմանից, որ կոնտակտների անջատման ժամանակ առաջացած աղեղը հուսալի մարվի:

Կոնտակտների անկումը այն տեղափոխությունն է, որ կատարում է շարժական կոնտակտը անշարժ միացված դիրքից հեռացնելու համար:

Կոնտակտների անկման մեծությունը վերցնում են՝ ելնելով կոնտակտների մաշվածության աստիճանից: Բոլոր մնացած հավասար պայմաններում մեծ անկումը ապահովում է կոնտակտների չմաշվելը

և մեծացնում նրա ծառայության ժամկետը: Անկման բացակայության և չափազանց շատ մաշվածության դեպքում կոնտակտները թույլ են միացվում, որի հետևանքով նրանք տաքանում են և շարքից դուրս գալիս: Կոնտակտների անկման մեծությունը ընտրում են կախված տվյալ կոնտակտի շահագործման աստիճանից և կառուցվածքից: Մեծ անկման դեպքում կոնտակտների ծառայության ժամկետը մեծանում է, բայց միաժամանակ մեծանում է նաև էլեկտրամագնիսի խտրիսխի ընթացքը, որը բերում է փաթույթի, Ամպեր-գալարների և ամբողջ մագնիսական համակարգի մեծացմանը:

Ելնելով այս տեսակետից, կոնտակտների անկումը ընտրելիս հիմնվում են ուելի մեծ ծառայության ժամկետի և նվազագույն չափեր ստանալու պայմանի վրա: Կոնտակտների բացվածքի և անկման մեծությունները զգալի կերպով ազդում են համակարգի մեխանիկական և էլեկտրամեխանիկական բնութագրերի վրա:

2-5. ԿՈՆՏԱԿՏՆԵՐԻ ԱՆՑՈՂԻԿ ԴԻՄԱԴՐՈՒԹՅՈՒՆԸ (ԿՈՆՏԱԿՏԱՅԻՆ ԴԻՄԱԴՐՈՒԹՅՈՒՆ)

Կոնտակտների անցողիկ դիմադրությունը՝ R_{Σ} այն դիմադրությունն է, որն առաջանում է երկու կոնտակտների միացման կետում (նկ. 2-12):

Կոնտակտների դիմադրությունը կազմված է երեք դիմադրությունների գումարից.

$$R_{\Sigma} = R_{\Sigma_0} + R_{\Sigma_1} + R_0,$$

որտեղ

R_{Σ_0} -ը կոնտակտային նյութի դիմադրությունն է, 0 հմ,

R_{Σ_1} -ն՝ անցողիկ դիմադրությունը, որն առաջանում է կոնտակտների միացման կետում,

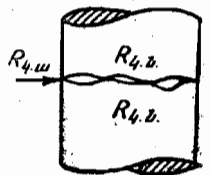
R_0 -ն՝ կոնտակտների օքսիդացնող շերտի դիմադրությունը:

Քանի որ $R_{\Sigma_1} \gg R_{\Sigma_0}$ -ից, իսկ R_0 -ն կարելի է ընդունել հավասար զրոյի, ապա $R_{\Sigma} = R_{\Sigma_1}$:

R_{Σ_1} -ը տվյալ նյութի համար հաստատուն է և կախված է միայն տաքացման ջերմաստիճանից:

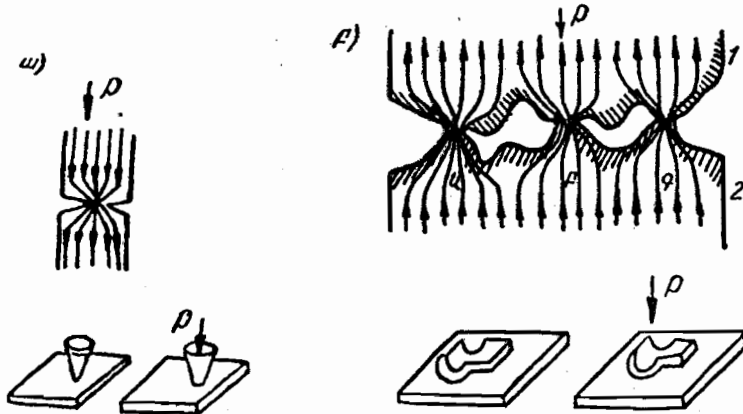
R_{Σ_1} -ն փոփոխական է, որը կախված է կոնտակտային ճնշումից, նյութի մակերեսի մաքրությունից և նյութի տեսակից:

Կոնտակտների միացման տեղն (նկ. 2-13 ա, բ) ունի բավականին բարդ կառուցվածք: Եթե կոնտակտների մակերեսը դիտենք մանրադիտակով, ապա կտեսնենք, որ կոնտակտային զույգը իրենց բոլոր



Նկ. 2-12

կետերով շեն հավում միմյանց: Բերված նկարում իրար են հավում ա, բ, գ կետերը, և այդ կետերում հոսանքի խտությունը մեծանում է,



Նկ. 2-13. Կոնտակտների միացման մակերեսի պատկերներ

որի պատճառով մեծանում են լարման անկումը և կորուստները: Ինչ-քան կոնտակտային ճնշումը՝ P_k -ն մեծ է, այնքան համար կետերի թիվը շատ է, որը հանգեցնում է անցողիկ դիմադրության փոքրացմանը, Նկ. 2-14:

Փորձերից ելնելով նկատել են, որ կոնտակտների միացման մակերեսը՝

$$S = \frac{P}{\sigma}, \text{ սմ}^2,$$

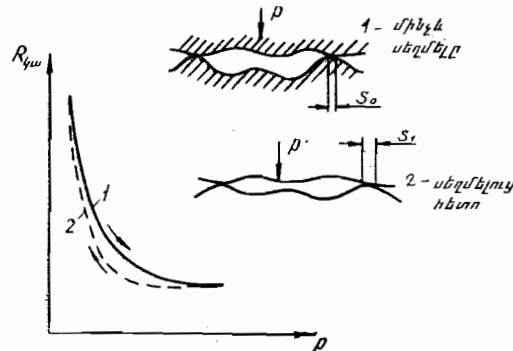
որտեղ՝ P -ն ազդող ուժն է, իսկ σ -ն՝ ժամանակավոր դիմադրությունը, ընդ որում պղնձի համար $\sigma = 52 \cdot 10^7$ Ն/սմ², իսկ փափուկ պղնձի համար $\sigma = 30,2 \cdot 10^7$ Ն/սմ²:

Եթե միացման կետերից որևէ մեկը պատկերացնենք կոնի տեսքով (Նկ. 2-13, ա), որի վրա ազդում են p ուժով և այն համարենք կետային մակերես, ապա անցողիկ $R_{\text{գա}}$ դիմադրությունը կորոշվի հետևյալ բանաձևով՝

$$R_{\text{գա}} = \frac{p}{2a}, \quad (2-1)$$

որտեղ

$$p = \frac{1}{\gamma} \text{ հաղորդիչ մի-$$



Նկ. 2-14. $R_{\text{գա}} = f(P)$ կախվածությունը

շավայրի տեսակարար էլեկտրական դիմադրությունն է, Օհմ-սմ, իսկ a -ն որոշվում է համար մակերեսի միջոցով՝ $S_0 = \pi a^2$:

Եթե կոնտակտային միացումն ունի n հատ հավող կետեր, ապա անցողիկ դիմադրությունը կլինի n անգամ փոքր: Հետևապես, բազմակետային կոնտակտների համար անցողիկ դիմադրությունը կարող ենք արտահայտել հետևյալ կերպ՝

$$R_{\text{գա}} = \frac{p}{2an}, \quad (2-2)$$

Բազմակետային կոնտակտների համար ընդհանուր մակերեսը կլինի՝ $S_0 n = P/\sigma$: Հաշվի առնելով այս, կարելի է գրել a -ի արժեքը հետևյալ ձևով՝

$$a = \sqrt{\frac{P}{\sigma} \cdot \frac{1}{\pi n}}.$$

a -ի արժեքը տեղադրելով 2-2 բանաձևի մեջ, կստանանք.

$$R_{\text{գա}} = \frac{p}{2n \sqrt{P/\sigma} \cdot \frac{1}{\pi n}} = \frac{p}{2 \sqrt{Pn/\pi\sigma}}, \quad (2-3)$$

Համար n կետերի թիվը կախված է կոնտակտների վրա ազդող ճնշումից՝ $n = f(P)$: Ճնշման մեծացմամբ համար կետերի թիվը ավելանում է, և այս պրոցեսը շարունակվում է, մինչև որ $P = \frac{P}{S_0 n}$ չի լինում հավասար կամ մեծ σ -ից:

Քանի որ կոնտակտային ճնշման անընդհատ մեծացումը միշտ չի բերում համար կետերի ուղղադիմադրության ավելացման, ապա ընդհանուր տեսքով կարող ենք գրել, որ

$$n = f(P) = k_n \frac{P^b}{S_0 n},$$

որտեղից

$$n = \sqrt{\frac{k_n P^b}{S_0}},$$

ուրեմն բազմակետային կոնտակտի համար անցողիկ դիմադրությունը կարող ենք արտահայտել հետևյալ բանաձևով.

$$R_{\text{գա}} = \frac{p}{\sqrt{\frac{k_n}{\pi\sigma} \cdot \frac{P^{2+b}}{S_0^4}}}, \quad (2-4)$$

(2-1, 2-2, 2-3, 2-4) բանաձևերից՝ երևում է, որ անցողիկ դիմադրության վրա ազդում են ρ և σ մեծությունները, կոնտակտային նյութը և P ճնշումը: Բազմակետային կոնտակտի վրա ազդում են նաև S_0 -ն, a -ն, հպման կետերի թիվը, կոնտակտների մակերեսը և նրանց վիճակը:

Հաշվի առնելով, որ հաշվարկների ժամանակ n -ի, S_0 -ի և a -ի մեծությունների որոշումը գործնականորեն հնարավոր չէ, ապա ձևափոխելով 2-3 և 2-4 բանաձևերը, կարող ենք գրել, որ

$$R_{\text{կ}} = \frac{k}{\rho m}, \quad (2-5)$$

որտեղ $k = \sqrt{\frac{\rho}{V k_n \pi S_0}}$ կախված է կոնտակտային նյութից, մշակման ձևից և կոնտակտային նյութի մակերեսից. աղյուսակ (2-1),

m -ը կախված է կոնտակտի ձևից և հպվող կետերի թվից (աղյուսակ 2-2):

Աղյուսակ 2-1

Աղյուսակ 2-2

Կոնտակտի նյութը	k	Կոնտակտի ձևը	m
Արծաթ-արծաթ	$0,06 \cdot 10^{-3}$	Կետային	0,5
Պղինձ-պղինձ	$0,08 - 0,141 \cdot 10^{-3}$	Կոնտակտների համար	
Ալյումին-ալյումին	$3 \cdot 6,7 \cdot 10^{-3}$	Խողանակային կոնտակտների համար	0,5—0,7
Հատուն-լատուն	$0,67 \cdot 10^{-3}$	Հարթ կոնտակտների համար	0,7—1,0
Պողպատ-լատուն	$3,04 \cdot 10^{-3}$		

Քանի որ կոնտակտների դիմադրությունը շատ փոքր է, ապա հաշվի ենք առնում միայն անցողիկ դիմադրությունը, որի վրա ազդում են հետևյալ գործոնները:

1. Ուղղանկյուն մեծ են ρ տեսակարար դիմադրությունը և σ ժամանակավոր դիմադրությունը, այնքան մեծ է անցողիկ դիմադրությունը:

2. Անցողիկ դիմադրությունը ճնշող ուժից կախված փոփոխվում է ըստ նկ. 2-14-ում բերված գրաֆիկի:

3. Անցողիկ դիմադրությունը կախված է նաև կոնտակտային մակերեսի մեծությունից, բայց սա սահմանափակ ազդեցություն է թողնում անցողիկ դիմադրության վրա, քանի որ այդ մակերեսը բնորոշվում է m -ով (կոնտակտի ձևով), իսկ $m = 0,5 - 1$ -ի, ապա որքան էլ

մեծանա մակերեսը, m -ը կձգտի հասնել 1-ի սահմանին և անցողիկ դիմադրությունը չի փոխվի:

4. Կոնտակտների դիմադրության կախվածությունը ջերմաստիճանից արտահայտվում է հետևյալ փորձնական բանաձևով:

$$R_{\text{կ}} \tau = \frac{R_{\text{կ}1} (1 + 2/3 \alpha \tau)}{\rho m}, \quad (2-6)$$

որտեղ $R_{\text{կ}1}$ -ը մեկ կետի անցողիկ դիմադրությունն է, 0°C , 0°A , a -ն՝ կոնտակտային նյութի դիմադրության մեծացման ջերմաստիճանային գործակիցը, τ -ը՝ կոնտակտի ջերմաստիճանը:

2-6. ԿՈՆՏԱԿՏՆԵՐԻ ՄԱԿԵՐԵՍԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ

Կոնտակտների մակերեսը պետք է լինի հնարավորին չափ հարթ, մաքուր: Եթե չձեռնարկենք պաշտպանության միջոցներ, ապա կոնտակտների փորատներում կհավաքվեն փոշի և խոնավություն, որը և կդառնա կոռոզիայի և քայքայման աղբյուր:

Փորձերը ցույց են տվել, որ պղնձյա կոնտակտները սովորական ջերմաստիճանում, բաց օդում ծածկվում են մոտ $25 \cdot 10^{-6}$ մմ հաստությամբ օքսիդի շերտով:

Ալյումինի կոնտակտները ևս ենթարկվում են օքսիդացման: Օքսիդացման հետևանքով անցողիկ դիմադրությունը չմեծանալու համար կոնտակտային մակերեսները պատում են վազելինային ցինկի շերտով:

Երկաթյա կոնտակտները շատ արագ են ենթարկվում օքսիդացման, ուստի դրանց առանց պաշտպանության միջոցների չեն օգտագործում: Որպես պաշտպանության միջոց օգտագործում են ցինկ կամ նիկել: Պլատինից և ոսկուց պատրաստված կոնտակտները չեն օքսիդանում, իսկ արծաթից պատրաստվածները օքսիդանում են, բայց քանի որ արծաթի օքսիդն ունի նույն էլեկտրահաղորդականությունը, ինչ որ արծաթը, այդ իսկ պատճառով էլ արծաթի կոնտակտները չեն պաշտպանում օքսիդացումից: Կոռոզիայի դեմ պայքարելու ամենարդյունավետ միջոցը մեծ կոնտակտային ուժ ստեղծելն է, որի դեպքում կապակասի փոսիկների թիվը և կավելանա միացման կետերի թիվը: Որոշ դեպքերում, երբ գործ ունենք փոքր հոսանքներ կոմուտացնելու հետ, էլեկտրական կոնտակտները ոսկեպատում կամ արծաթապատում են:

2-7. ԿՈՆՏԱԿՏԱՅԻՆ ՆՅՈՒԹԵՐ

Կոնտակտների հոսալի և երկարատև աշխատանքը մեծ մասամբ կախված է կիրառվող կոնտակտային նյութերից, որոնք պետք է բավարարեն հետևյալ պայմաններին.

ա) Նյութը պետք է լինի կարծր և ունենա լավ մեխանիկական հատկություններ:

բ) Ունենա լավ էլեկտրահաղորդականություն:

գ) Ունենա հալման և գոլորշացման բարձր ջերմաստիճան:

Կոնտակտների նյութը ընտրում են՝ ելնելով կոնտակտային ճնշող ուժից, միացման հաճախությունից, ինչպես նաև կոմուտացվող հոսանքի (I_0) և լարման (U_0) արժեքներից:

Հոսանքի և լարման արժեքները ամենաշատ օգտագործվող կոնտակտային նյութերի համար տրված են 2-3 աղյուսակում:

Աղյուսակ 2-3

Նյութը	I_0 , Ա	U_0 , Վ
Արծաթ	0,3—0,4	12
Պլատին	0,7—1	12
Ոսկի	0,38	11—15
Պալադի	0,6—0,8	14
Վոլֆրամ	0,5—1	15—17
Նիկել	0,4—0,5	14
Պղինձ	0,72—0,74	20

Փոքր հոսանքների դեպքում ($I < I_0$) ռելեի կոնտակտները պատրաստում են թանկարժեք մետաղներից, միջին հոսանքի համար պատրաստում են պղնձից, նիկելից, վոլֆրամից, իսկ մեծ հոսանքների դեպքում՝ վոլֆրամպալադիի և մետաղակերամիկական համաձուլվածքներից:

Կոնտակտային նյութերի ամենագլխավոր հատկանիշներն են՝ էլեկտրահաղորդականությունը, ջերմահաղորդականությունը, ջերմունակությունը, հալման ջերմաստիճանը, կոշտությունը, ջերմային ընդարձակման գործակիցը, անցողիկ դիմադրությունը, մեխանիկական և էլեկտրական մաշակայունությունը:

Նյութերի էլեկտրահաղորդականությամբ որոշվում է կոնտակտում տեղի ունեցող լարման անկման մեծությունը: Ինչքան մեծ է էլեկտրահաղորդականությունը, այնքան փոքր է լարման անկումը կոնտակտներում, հետևաբար կոնտակտը քիչ է տաքանում:

Ջերմահաղորդականությունը բնորոշվում է կոնտակտների միացման կետում առաջացած ջերմության հեռացման արագությունը: Բարձր ջերմահաղորդականության դեպքում կոնտակտները չեն տաքանում, հետևապես բացառվում է օքսիդացման հնարավորությունը:

Կոնտակտային նյութերի ջերմունակությունը մեծ դեր է խաղում կարճատև մեծ բեռնվածությունների դեպքում: Նյութի համեմատաբար

բարձր ջերմունակության և կարճատև մեծ բեռնվածության դեպքում կոնտակտների միացման մակերեսները ուժեղ չեն տաքանում:

Նյութի հալման ջերմաստիճանը ազդում է կոնտակտի եռակցման հոսանքի վրա: Կոնտակտների միացման և անջատման ժամանակ նրանց միջև առաջացած աղեղի ազդեցության տակ կոնտակտային նյութը տեղափոխվում է մի մակերեսից մյուսը:

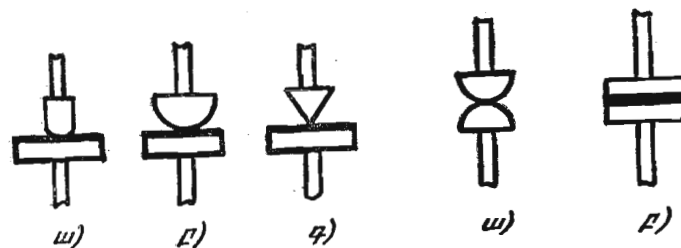
Այս երևույթը կոչվում է կոնտակտային Էռոզիա:

Նյութի սեղմման դիմադրությունը կամ կոշտությունը ազդում է կոնտակտների մեխանիկական մաշվածության և նրանց դիմացկունության վրա:

2-8. ԿՈՆՏԱԿՏՆԵՐԻ ԸՆՏՐՈՒՄԸ

Փոքր հոսանքների դեպքում՝ $I = I_0$ և 0,3 — 0,4 Ն կոնտակտային ճնշման ժամանակ օգտագործում են կետային կոնտակտներ՝ կոն-հարթություն (ա), կիսագունդ-հարթություն (բ) և սրածայր հարթություն (գ) (նկ. 2-15 ա, բ, գ):

Կոնտակտների այդպիսի կառուցվածքը հնարավորություն է տալիս ստանալու մեծ կոնտակտային ճնշող ուժ և հեշտ է նրանց հավաքումը, քանի որ այս դեպքում վերանում է ընդհանուր առանցքային գծի վրա նրանց ճիշտ առանցքային անհրաժեշտությունը: Փոքր հզորության ռելեներում այս տիպի կոնտակտները ամրացնում են ֆոսֆորային բրոնզի, նիկելի բերրի կամ լատունե հարթ զսպանակների վրա, որոնք ապահովում են անհրաժեշտ կոնտակտային ճնշում և կոնտակտային անկում:



Նկ. 2-15

Նկ. 1-16

Մեծ հոսանքների $I > I_0$ և 0,4 Ն-ից մեծ կոնտակտային ճնշման ուժի դեպքում օգտագործում են կիսագունդ-կիսագունդ (ա) և հարթ-հարթ-հարթություն (բ) նկ. 2-16 տեսքի կոնտակտներ:

2-9. ԿՈՆՏԱԿՏՆԵՐԻ ԲԱՅՎԱԾՔԻ ԸՆՏՐՈՒՄԸ

Կոնտակտների բացվածքը ($\Delta 12$) ընտրում են՝ ելնելով կոնտակտների կոմուտացնող հոսանքի և լարման մեծությունից, ինչպես նաև անջատման ժամանակ նրանց միջև առաջացած աղեղի մարման հուսալի պայմանից:

Փոքր հոսանքների ($I < I_0$) դեպքում կոնտակտների բացվածքի նվազագույն մեծությունը որոշվում է այդ բացվածքի էլեկտրական ամրության փորձարկման լարման մեծությունից:

- Համաձայն գոյություն ունեցող նորմաների, կոնտակտային շղթայի մինչև 60 Վ աշխատանքային լարման դեպքում փորձարկման լարման մեծությունը պետք է լինի 500 Վ, այսինքն այդ լարման դեպքում կոնտակտային բացակում գտնվող օդը կամ գազը չպետք է ծակվի:

Փորձարկվող լարման մեծությունը աշխատանքային 60 Վ և ավելի լարումների դեպքում որոշվում է հետևյալ բանաձևով,

$$U_{\phi} = 2 U_k + 1500;$$

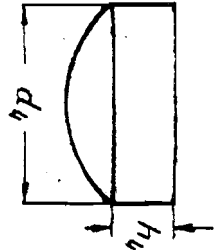
Ելնելով այս պայմաններից կոնտակտի բացվածքի նվազագույն մեծությունը պետք է 0,1 մմ-ից պակաս չլինի, երբ կոմուտացվող լարումը 24 Վ է: Բայց, հաշվի առնելով կոնտակտներում առաջացած կոմուտացիոն գերլարումները, ինչպես նաև ժամանակի ընթացքում կոնտակտի բացվածքի աստիճանաբար փոքրացումը, ցանկալի է կոնտակտների բացվածքի մեծությունը վերցնել 0,25—0,3 մմ-ից ոչ պակաս:

Փոփոխական հոսանքի 50 Հց հաճախության դեպքում, երբ կոնտակտով անցնող հոսանքի մեծությունը 5 Ա է, իսկ կոնտակտների լարումը 220 Վ, կոնտակտների միջև եղած աղեղը հեշտությամբ մարվում է, եթե բացակը հավասար է 1 մմ-ի, իսկ երբ հոսանքը 5 Ա-ից ավելի է, ապա կոնտակտային բացվածքը վերցնում են հավասար 2—3 մմ-ի:

2-10. ԿՈՆՏԱԿՏՆԵՐԻ ՉԱՓԵՐԻ ԸՆՏՐՈՒՄԸ

Կոնտակտների չափերը կախված են նրանց միջոցով անցնող թույլատրելի հոսանքի մեծությունից, նրա ծառայության ժամկետից և տաքացման ջերմաստիճանից: Գործնականում կոնտակտների չափերը ընտրվում են 2-4 աղյուսակից:

Թույլատրելի հոսանք, Ա	Կոնտակտի տրամագիծը՝ d_k մմ	Կոնտակտի բարձրությունը՝ h_k մմ
Մինչև 2	1—2	0,3—1,0
2—5	2—4	0,6—1,2
5—10	3—5	0,8—1,6
10—20	5—8	1,0—0,0
20—40	8—12	1,2—2,2
40—63	12—16	1,4—2,5
63—100	16—20	1,6—3,0
100—160	20—25	2,2—3,0
160—250	25—32	2,5—3,5



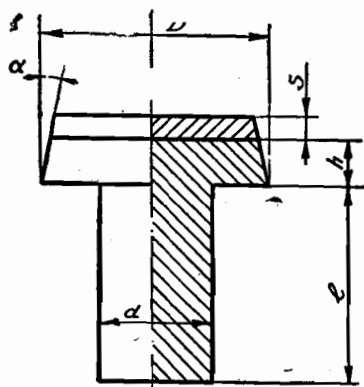
Թանկարժեք մետաղների խնայողության նպատակով երբեմն օգտագործում են երկմետաղական կոնտակտներ, որոնց հիմքը պղինձն է, որի վրա զոդման միջոցով ամրացնում են 0,2—0,5 մմ հաստությամբ արծաթի շերտ: Երկմետաղական կլոր կոնտակտների համար նորմավորված չափերը կարելի է վերցնել 2-5 և 2-6 աղյուսակներից:

Աղյուսակ 2-5

Կոնտակտի տեսակը և չափերը	Գլխիկը				Չողը	
	l	h	s	α°	d	l
0,3 БП 25—05—12	2,5	0,5	0,3	7,5	1,5	1,2
0,3 БП 30—10—12	3,0	1,0	0,3	7,5	1,5	1,2
0,4 БП 40—10—20	4,0	1,0	0,4	7,5	2,0	2,0
0,6 БП 40—12—18	4,0	1,2	0,6	7,5	1,5	1,8
0,7 БП 40—12—35	4,0	1,2	0,3	7,5	2,0	2,5
0,3 БП 50—10—25	5,0	1,0	0,3	7,5	2,5	2,5
0,4 БП 50—12—25	5,0	1,2	0,7	7,5	2,0	3,5
0,5 БП 60—12—30	6,0	1,2	0,5	7,5	2,0	3,0

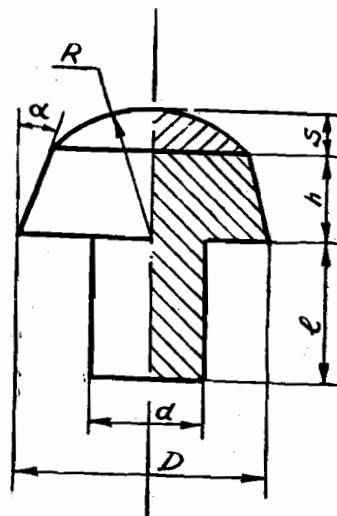
Աղյուսակ 2-6

Կոնտակտի տեսակը և չափերը	Գլխիկը					Չողը	
	l	h	s	R	α°	d	l
0,6 БС 30—10—12	3,0	1,0	0,3	3,0	7,5	1,5	1,0
0,5 БС 35—08—20	3,5	0,8	0,5	10	7,5	2,0	2,0
0,5 БС 40—10—15	4,0	1,0	0,5	4,0	7,5	2,0	1,5
0,6 БС 40—12—15	4,0	1,2	0,6	3,0	7,5	2,0	1,5
0,5 БС 45—10—18	4,5	1,0	0,5	10,0	7,5	2,0	1,8
0,5 БС 45—16—15	4,5	1,6	0,5	10,0	7,5	2,0	1,5
0,6 БС 50—12—20	5,0	1,2	0,6	6,0	7,5	2,5	2,0
0,5 БС 55—15—25	5,5	1,5	5,0	5,0	7,5	2,0	2,5



Աղ. 2-5.

Աղ. 2-6.



Բացի երկմետաղական կոնտակտներից, գոյություն ունեն նաև մետաղակերամիկական կոնտակտներ, որոնք իրենցից ներկայացնում են երկու տարբեր նյութերի փոշիների մեխանիկական միացում՝ տաքացման և ջերմամշակման եղանակով: Այս տիպի կոնտակտների առավելությունը այն է, որ մետաղներից մեկն ունի լավ էլեկտրահաղորդականություն, իսկ մյուսը՝ մեխանիկական ամրություն:

Այդ տիպի կոնտակտներից կարելի է նշել արծաթ-վոլֆրամը (Ag—Wo), արծաթ-մոլիբդենը (Ag—Mo), արծաթ-նիկելը (Ag—Ni), պղինձ-վոլֆրամը (Cu—Wo) և այլն: Սրանք ունեն մեծ կարծրություն, թույլ են տալիս անցկացնելու մեծ հոսանքներ: Այս նյութերից, առանց հետագա մեխանիկական մշակման, կարելի է պատրաստել ցանկացած ձևի կոնտակտներ: Սրանց թերությունն այն է, որ ունեն ցածր էլեկտրահաղորդականություն:

2-11. ԿՈՆՏԱԿՏՆԵՐԻ ՍԱՀՄԱՆԱՅԻՆ ԹՈՒՅԼԱՏՐԵԼԻ ՀՈՍԱՆՔԻ ՈՐՈՇՈՒՄԸ

Կոնտակտի սահմանային թույլատրելի հոսանքի $I_{\text{թ}}$ մեծությունը որոշվում է կոնտակտի գերտաքացումով, որի դեպքում փոքրանում է կոնտակտային նյութի մեխանիկական ամրությունը:

$$I_{\text{թ}} = \frac{\Delta U_{41}}{R_4},$$

որտեղ ΔU_4 -ը այն լարման անկումն է կոնտակտում, որի դեպքում թուլանում է կոնտակտային նյութի մեխանիկական ամրությունը:

R_4 -ը՝ կոնտակտի դիմադրությունը:

ΔU_{41} -ի մեծությունը տարբեր նյութերի համար տարբեր է (ստացվել է փորձի միջոցով), աղյուսակ 2-7, իսկ կոնտակտի թույլատրելի հոսանքի մեծությունը վերցնում են հավասար:

$$I_{\text{թ}} = (0,5 \div 0,8) I_{\text{թ}} = (0,5 - 0,8) \frac{\Delta U_{41}}{R_4},$$

Աղյուսակ 2-7

Կոնտակտի նյութը	ΔU_{41} Վ	ΔU_{42} Վ
Արծաթ	0,08—0,1	0,37
Ոսկի	0,08—0,14	0,45
Պլատին	0,22—0,25	0,7
Պղինձ	0,09—0,13	0,43
Վոլֆրամ	0,3—0,45	1,1
Նիկել	0,13—0,22	0,65

Եթե փակ կոնտուրի դեպքում կոնտակտի ΔU_{41} լարումը հավասարվում է ΔU_4 2-ին, կոնտակտները խիստ տաքանում են և զոդվում իրար հետ կամ հալվում:

2-12. ԿՈՆՏԱԿՏՆԵՐԻ ՍԱՀՄԱՆԱՅԻՆ ԶԵՐՄԱՍՏԻՃԱՆԻ ՈՐՈՇՈՒՄԸ

Կոնտակտների սահմանային թույլատրելի ջերմաստիճանը որոշվում է փակ վիճակում, հետևյալ բանաձևով:

$$\theta_{\text{թ}} = \frac{8U_4}{8\lambda\rho},$$

որտեղ λ -ն՝ նյութի տեսակարար ջերմահաղորդականությունն է,

$$\frac{U_{\text{տ}}}{\text{սմ. աստ.}},$$

ρ -ն՝ կոնտակտի տեսակարար դիմադրությունը, Օհմ/սմ:

Կոնտակտի ջերմաստիճանը հաշվելիս վերցնում են ոչ թե սահմանայինը, այլ առավելագույն ջերմաստիճանը:

λ -ի մեծությունը ստացված է փորձերից և բերված է 2-8 աղյուսակում:

Կոնտակտի նյութը	$\lambda \frac{\text{Վտ}}{\text{սմ. աստ.}}$
Արծաթ	4,16
Պղինձ	4,18
Պլատին	0,7
Նիկել	0,4
Ոսկի	3

$$\theta_{\text{սա}} = (0,5 \div 0,8) \theta_{\text{սա}};$$

$$\theta_{\text{սա}} = (0,5 \div 0,8) \frac{\Delta U_{41}^2}{8\lambda\rho}$$

2-18. ԿՈՆՏԱԿՏՆԵՐԻ ՍԱՀՄԱՆԱՅԻՆ ՎՈՒՏ-ԱՄՊԵՐԱՅԻՆ ԲՆՈՒԹԱԳԻՐԸ

Կոնտակտների Վ/Ա-ին բնութագրող իրենից ներկայացնում է հաստատուն հոսանքի շղթայի լարման և հոսանքի սահմանային մեծությունների կախվածությունը, որի դեպքում կոնտակտների միջև առաջացած աղեղը կայուն բոցավառվում է (նկ. 2-17): Կոնտակտների սահմանային Վ/Ա-ին բնութագրի միջոցով կարելի է որոշել հաստատուն հոսանքի

շղթային միացված կառավարման կամ անջատման հզորությունը, որի դեպքում տեղի է ունենում աղեղի ինքնամարում:

Աղեղի Վ/Ա-ին բնութագիրը (նկ. 2-18) կառուցվում է գրաֆիկորեն, որի համար-օգտվում ենք հետևյալ բանաձևից.

$$U_{\text{աղ}} = a + b \cdot \lg + \frac{c \cdot I_{\text{աղ}} + d}{I_{\text{աղ}}},$$

որտեղ $U_{\text{աղ}}$ -ն աղեղի լարումն է, Վ. $I_{\text{աղ}}$ -ն՝ աղեղով անցնող հոսանքը, Ա. $I_{\text{աղ}}$ -ն՝ աղեղի երկարությունը, մմ.

a, b, c, d-ն հաստատուն գործակիցներ են, որոնք ստացված են փորձերի միջոցով (աղյուսակ 2-9):

Կոնտակտի նյութը	a Վ	b Վ/մմ	c Վ/մմ	d Վտ
Ոսկի	20,8	4,62	20,97	12,17
Պլատին	24,29	4,80	20,33	0
Արծաթ	14,19	3,64	19,01	11,36
Պղինձ	21,38	3,03	15,24	10,69
Նիկել	17,14	3,84	17,48	0
Պողպատ	15,53	15,02	15,02	0,44

$I_{\text{աղ}}$ -ին տալով տարբեր արժեքներ, որոշում ենք $U_{\text{աղ}}$ -ն:

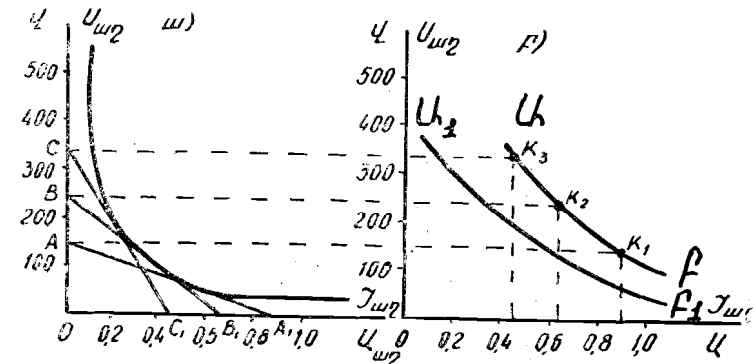
ԱՐ կորը կլինի սահմանային Վ/Ա-ին բնութագիրը. եթե որևէ կետ, որի տվյալները գտնվում են ԱՐ կորից ներքև, ապա աղեղը կմարի, նկ. 2-18:

Հուսալիության համար ԱՐ կորը փոքրացվում է երկու անգամ կամ էլ $\sqrt{2}$ -ով, որի դեպքում կստանանք Ա₁Բ₁ կորը, որը կկոչվի աշխատանքային սահմանային Վ/Ա-ին բնութագիր: Այս կորը ճիշտ է հաստատուն հոսանքի համար:

Փորձերը ցույց են տվել, որ փոփոխական հոսանքի դեպքում աղեղի ինքնամարում ստեղծելու համար նույնպես կարելի է օգտվել հաստատուն հոսանքի կոնտակտների աշխատանքային սահմանային բնութագրից, եթե փոփոխական հոսանքի աշխատանքային անջատման հզորությունը որոշելիս մտցնենք մի դորժակից, որը հաշվի է առնում կոնտակտների հաստատուն հոսանքի Վ/Ա-ին բնութագրից փոփոխական հոսանքի Վ/Ա-ին բնութագրին անցումը.

$$P_{\text{աղ}} \sim \frac{U_{\text{աղ}} \sim I_{\text{աղ}}}{k},$$

որտեղ $k = 10 \div 15$



Նկ. 2-18. Աղեղի սահմանային Վ/Ա բնութագիրը

իսկ կոնտակտներով անցնում է փոքր հոսանք, այսինքն տեղի է ունենում կայծային պարպում, մետաղի մասնիկները տեղափոխվում են անոդից կաթոդ (նկ. 2-21):

Միացման դեպքում, երբ լարման ցածրացման արագությունը փոքր է, կոնդենսատորով անցնում է փոքր հոսանք, իսկ կոնտակտներով՝ մեծ հոսանք, որի հետևանքով տեղի է ունենում աղեղային պարպում (նկ. 2-20):

R-ի և C-ի որոշակի հարաբերության դեպքում կարելի է այնպես անել, որ անջատման և միացման ժամանակ մետաղի մասնիկների տեղափոխումները իրար հավասար լինեն, այսինքն մետաղի տեղափոխում առհասարակ չառաջանա:

Մեծ հոսանքների դեպքում ունակությունը ստացվում է բավականին մեծ, և այդ պատճառով էլ 10 Ա-ից մեծ հոսանքների համար այդ սխեման չեն օգտագործում: Մեծ հոսանքների դեպքում, քանի որ էռոդիայի հիմնական պատճառը աղեղն է և նրա ջերմաստիճանը, ապա ամբողջ պայթյալը էռոդիայի դեմ պետք է ուղղել աղեղի մեծության սահմանափակման և նրա բոցավառման ժամանակը փոքրացնելու ուղղությամբ: Այդ նպատակով օգտագործում են աղեղամարիչ խուցեր:

2-15. ԿՈՆՏԱԿՏՆԵՐԻ ԿԱՅԾՄԱՐՄԱՆ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ

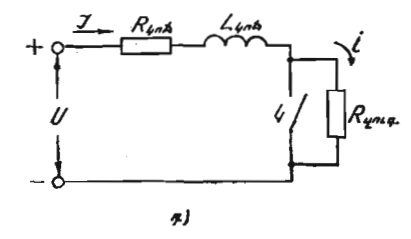
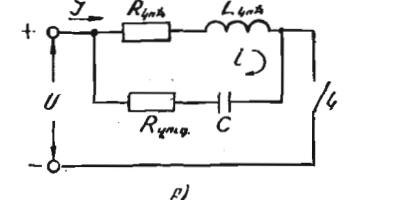
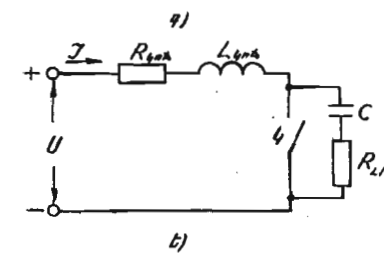
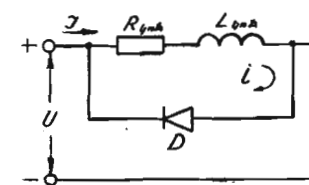
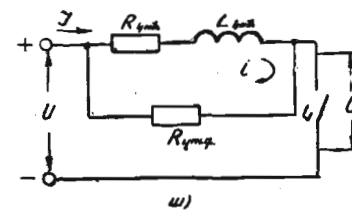
Ռելեների կոնտակտների միջև կայծի կամ աղեղի առաջացման հիմնական պատճառը այն մագնիսական էներգիան է, որը կուտակված է լինում ռելեի կոնտակտների կառավարման շղթայի ինդուկտիվությունում: Ինչքան մեծ է կառավարման շղթայի ինդուկտիվությունը, այնքան ավելի դժվար է աղեղի մարումը:

Ռելեի կոնտակտների միջև կայծ կամ աղեղ առաջանալու համար անհրաժեշտ է, որ նրանց անջատման ժամանակ կոնտակտների միջև լինի այնպիսի լարում, որը մեծ կամ հավասար լինի կայծի կամ աղեղի բոցավառման լարումից: Աղեղի բոցավառման լարման մեծությունը կախված է կոնտակտների $\Delta 12$ բացվածքից և միջավայրի ճնշումից: Բոցավառման լարման նվազագույն մեծությունը 300 Վ է: Դրա համար թվում է, թե ցածր լարման կառավարման շղթաներում ռելեի կոնտակտները անջատելիս չպետք է աղեղ առաջանա: Բայց քանի որ այդ շղթաները պարունակում են ունակություն և ինդուկտիվություն, անջատման ժամանակ նրանց միջև առաջանում են գերլարումներ, որոնք կարող են մի քանի անգամ գերազանցել բոցավառման լարմանը, նույնիսկ այն դեպքում, երբ ցանցի լարումը մի քանի տասնյակ Վոլտ է: Քանի որ գերլարման մեծությունը արտահայտվում է

$$I = L \frac{di}{dt} \quad \text{առնչությամբ, ապա}$$

գերլարման մեծությունը կախված է հոսանքի փոփոխման արագությունից: Այդ պատճառով էլ կայծմարման պահին, շղթայի անջատման

ժամանակ, հոսանքի փոփոխումը պետք է արագ չկատարվի: Այդ նպատակով կիրառում են մի շարք էլեկտրական սխեմաներ (նկ. 2-23 ա, բ, գ, դ, ե):



Նկ. 2-23

Սրանց աշխատանքը (նկ. 2-23 ա, բ, գ, դ, ե) այն է, որ շղթայի անջատման պահին ինդուկտիվության շղթայում կուտակված մագնիսական էներգիան ծախսվում է ոչ թե կոնտակտների օդային բացակում, այլ կայծմարիչ կոնտուրում, որի հետևանքով կոնտակտների միջև լարումը փոքր է լինում բոցավառման լարումից: ա-սխեմայում շղթան անջատելիս մագնիսական էներգիան ծախսվում է $R_{դա}$ -ի վրա: $R_{դա}$ մեծությունը վերցնում են 5—10 անգամ ավելի մեծ, քան կոնտակտի R_k դիմադրությունը: Այս սխեմայի թերությունը այն է, որ զուգահեռալարվող $R_{դա}$ դիմադրության մեջ մենք ունենք հզորության կորուստներ: Այս թերությունը կարելի է վերացնել, եթե $R_{դա}$ -ի հետ հաջորդաբար միացնենք ունակություն (սխեմա բ), որտեղ կոնտակտների փակ վիճակի հետևանքով հզորության կորուստները բացակայում են: բ-սխեմայի թերությունն այն է, որ անջատման ժամանակ $R_{դա}$, C , $L_{դա}$ և $R_{դա}$ կոնտուրում առաջանում են տատանումներ, որոնք վերանում են, եթե ապահովվի հետևյալ պայմանը՝

$$\frac{L_{դա}}{C} < \left(\frac{R_{դա} + R_{դա}}{2} \right)^2$$

դ-սխեմայում կիրառվում է կիսահաղորդիչ: Փակ կոնտուրի դեպքում ուղղիչով հոսանք չի անցնում, քանի որ հիմնական աշխատանքային հոսանքի համար կիսահաղորդիչը հանդիսանում է մեծ դիմադրություն: Անջատման ժամանակ ինքնինդուկցված հոսանքը անցնում է ուղղիչով, և ուղղիչի դիմադրության վրա տեղի է ունենում լարման անկում:

դ-սխեմայում կոնտակտի անջատման ժամանակ հիմնական հոսանքը կանցնի $R_{\text{ուլ.}}$ -ով, իսկ կոնտակտներով՝ փոքր հոսանք, որը կայծ չի կարող առաջացնել: Թերությունն այն է, որ կոնտակտների բաց վիճակի հետևանքով $R_{\text{ուլ.}}$ -ի մեջ լինում են հզորության կորուստներ:

ե-սխեմայում կոնտակտները զուգահեռալարվում են C ունակությամբ և $R_{\text{ուլ.}}$ ակտիվ դիմադրությամբ: Այս դեպքում լիցքավորված կոնդենստորը լիցքաթափվում է լրացուցիչ դիմադրության վրա, որի հետևանքով կոնդենստորով անցնում է փոքր հոսանք: Ունակության $C=0,5$ — 2 մՖ արժեքի դեպքում, $R_{\text{ուլ.}}$ լրացուցիչ դիմադրությունը պետք է բավարարի

$$R_{\text{ուլ.}} > \frac{U}{0,84} \quad \text{կամ} \quad R_{\text{ուլ.}} = \frac{U_h^2}{a} \quad \text{պայմանին,}$$

որտեղ a -ն գործակից է և կախված է կոնտակտի նյութից: Արժաթյա կոնտակտների համար՝ $a=140$, վոլֆրամի համար՝ $a=170$, պլատինի համար՝ $a=200$:

Այս տիպի կայծամարիչները մեծացնում են կոնտակտների անջատման հզորությունը և նրանց ծառայության ժամկետը:

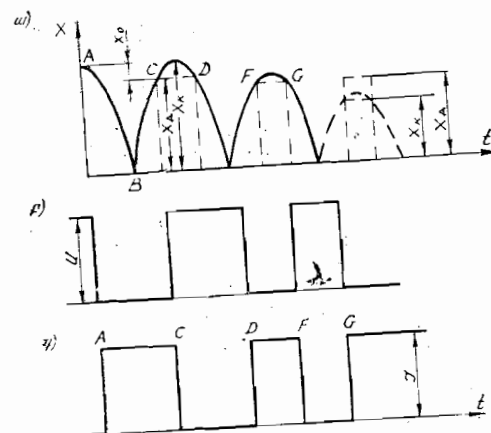
2-16. ԿՈՆՏԱԿՏՆԵՐԻ ԹՐԹՈՒՈՒՄԸ (ՎԻՐՈՒՅԻԱՆ)

Շարժական կոնտակտի թրթռոցն առաջանում է, երբ այն միացման պահին հարվածում է անշարժ կոնտակտին: Այս երևույթը առաջացնում է կոնտակտների մաշվածություն և եռակցում:

Կոնտակտների թրթռոցը ընթանում է հետևյալ կերպ՝ շարժական կոնտակտը (1) (նկ. 2-26) մոտենում է անշարժ կոնտակտին (2) որոշ արագությամբ, երկու կոնտակտների միջև առաջանում է հարված, կոնտակտային զսպանակի առաձգականության հետևանքով շարժական կոնտակտը ետ է շարժվում, բայց կոնտակտային զսպանակի (3) շնորհիվ կոնտակտները նորից են միանում իրար, հարվածում և ետ շարժվում: Այս պրոցեսը շարունակվում է մի քանի անգամ՝ մարող ամպլիտուդով (նկ. 2-24, նկ. 2-25, 2-26), որտեղ X_M -ը կոնտակտների միջև եղած հեռավորությունն է՝ կախված ժամանակից:

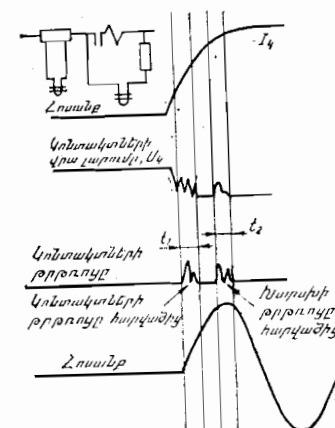
Կոնտակտների յուրաքանչյուր թռիչքի դեպքում նրանց միջև առաջանում է աղեղը, հետևաբար նաև կոնտակտների մաշվածություն: Քանի

որ օգտագործվող կոնտակտային նյութերը ունեն մեծ առաձգականություն, ապա կոնտակտների թրթռոցից խուսափելը տեսականորեն հնարավոր չէ, բայց այն կարելի է փոքրացնել՝ կոնտակտները կառուցելով այնպես, որ X_M -ը լինի փոքր:



Նկ. 2-24. Կոնտակտների թրթռոցը միացնելու ժամանակ.

ա) թրթռոցի ամպլիտուդը, բ) կոնտակտի լարումը, գ) կոնտակտով անցնող հոսանքը



Նկ. 2-25. Կոնտակտների թրթռոցը միացման ժամանակ

Դիտարկենք մի քանի տեսակի կոնտակտային համակարգեր:

1. Փոքր հզորության ռելենների կոնտակտների համար, որոնք ունեն փափուկ կոնտակտային զսպանակ և նախնական ճնշման համար շունեն հենակ (նկ. 2-26, ա):

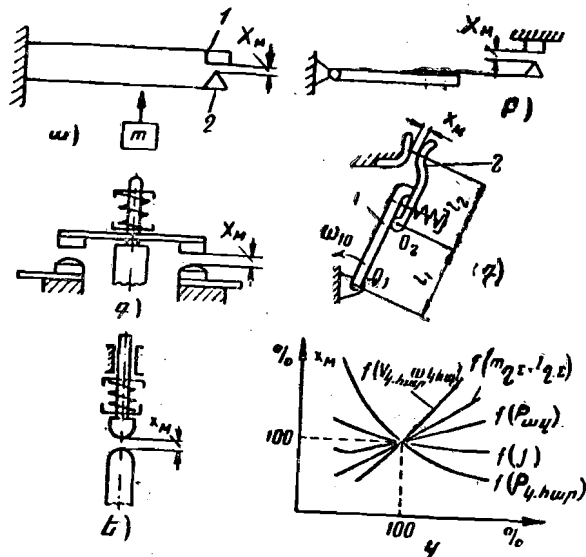
Վտանգավոր թրթռոցի բացակայության պայմանը կլինի $j_{\text{ա}}$ անշարժ և j_2 շարժական զսպանակների կոշտության կախվածությունը, որը որոշվում է հետևյալ արտահայտությունից

$$j_{\text{ա}} \geq j_2:$$

Այս պայմանը սահմանափակում է անշարժ զսպանակի կոշտության փոքրացումը և շարժական կոնտակտի կոշտության մեծացումը: Կոնտակտների անջատման ժամանակ թրթռոցը վերացնելու համար օգտագործում են կոշտ հենակներ, որի վրա զսպանակը հենվում է նախնական սեղմումով:

2. Փոքր հզորության ռելենների կոնտակտների համար, որոնք ունեն տափակ կոնտակտային զսպանակ, որն ամրացված է խարսխին (նկ. 2-26, բ): Վտանգավոր թրթռոցի բացակայության համար անհրաժեշտ

է, որ հարվածի պահին $P_{ազ}$ ազդող և $P_{հ}$ հակազդող ուժերի տարբերությունը բերված կոնտակտացման տեղին՝ կլինի.



Նկ. 2-26. Կոնտակտների մեխանիկական բրբռոցը.

1, 2-շարժական և անշարժ կոնտակտներ, 3-կոնտակտային զսպանակ, X_M -ը՝ շարժական կոնտակտի առաջին մնացորդային ամպլիտուդը

$$P_{ազ} - P_{հ} \geq 0.5 \frac{k_s}{1 - k_s} j \left(\frac{m_2 \cdot V_4^2 \cdot \omega_{ազ}}{2} \right).$$

որտեղ $P_{ազ}$ -ը՝ ազդող ուժն է, կգ. $P_{հ}$ -ը՝ հակազդող ուժը, կգ. k_s -ը՝ հարվածի գործակիցը, որը կախված է հարվածող նյութի դեֆորմացիայի առաձգականության հատկությունից (աղ. 2-10).

j -ն՝ զսպանակի կոշտությունը, կգ. ու/մ,

m_2 -ը շարժական մասի զանգվածը, կգ. ու. մ²/մ,

$V_4, \omega_{ազ}$ -ը հարվածի ժամանակ կոնտակտի արագությունը, մ/վ,

Աղյուսակ 2-10

Նյութը	k_s
Ոսկի	0,90
Հատուկ	0,87
Պողպատ	0,75—0,9

3. Կամրջակային ձևի կոնտակտներ (նկ. 2-26, գ): Այս ձևի կոնտակտներում թրթռոցը գնահատվում է շարժական կոնտակտը անշարժ կոնտակտից X_M ամպլիտուդի առաջին մաքսիմալ ետ շարժմամբ այն t_M ժամանակահատվածում, որի ընթացքում կոնտակտները ետ են շարժվում մինչև X_M -ը:

$$X_M = \frac{m_2 \cdot V_4^2 \cdot \omega_{ազ} (1 - K_s)}{2 P_{4, հաթ}}, \quad \text{մ}, \quad t_M = \frac{2 m_2 \cdot V_4 \cdot \omega_{ազ} \sqrt{1 - K_s}}{P_{4, հաթ}}, \quad \text{վ}:$$

4. Տատանվող շարժական կոնտակտային մասով կոնտակտներ, որոնք ունեն պարուրաձև գլանային կոնտակտային զսպանակ (նկ. 2-26, դ): Թրթռոցը գնահատվում է ինչպես նախորդ դեպքում՝ X_M -ով և t_M -ով,

$$X_M = \sqrt{\frac{(a_{20} l_2)^2 + \frac{1 - k_s}{j_{բթ}} j_4^2 \omega_{10}^2 - a_{20} l_2}{1 + 2/\sqrt{1 - k_s}}}, \quad \text{մ},$$

$$t_M = \frac{2 X_M}{(l_1 + l_2) \omega_{10} \sqrt{1 - k_s}}, \quad \text{վ}.$$

այստեղ $X_{հաթ} = a_{20} l_2$, a_{20} -ն O_2 առանցքի նկատմամբ կոնտակտային զսպանակի նախնական սխեմային համապատասխանող անկյունն է, $j_{բթ}$ -ը՝ հարվածի տեղին և նրա ուղղությամբ անցնող առանցքին բերված կոնտակտային զսպանակի կոշտությունը, կգ. ու/մ,

ω_{10} -ը՝ հարվածի պահին խարսխի անկյունային արագությունը, 1/վ.

$$\omega_{10} = \sqrt{\frac{2 s_{դ, ղ}}{j_4 + j_{բ}}}, \quad 1/վ,$$

որտեղ

$s_{դ, ղ}$ -ը՝ կոնտակտների սկզբնական վիճակից մինչև հարվածային պահը անցած ճանապարհի (գրաֆիկի վրա նկ. 2-27) P_4 ազդող ուժերի բնութագրի և $P_{հ}$ մեխանիկական հակազդող ուժերի միջև եղած մակերեսն է:

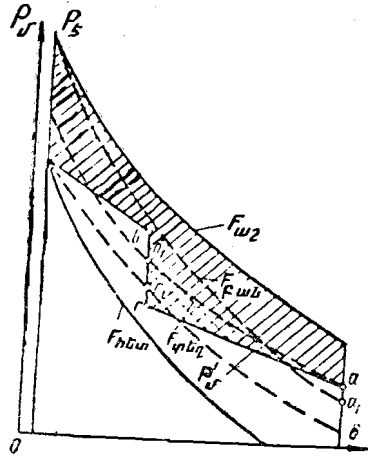
$j_4, j_{բ}$ կոնտակտի (2) և խարսխի (1) իներցիայի մոմենտն է O_2 առանցքի նկատմամբ:

5. Շարժական մասի ուղղագծային շարժումով և անշարժ կոնտակտով կոնտակտներ, որոնք ունեն պարուրաձև գլանային զսպանակ (նկ. 2-26, է): Թրթռոցի X_M -ը, ամպլիտուդը և t_M ժամանակը գնահատվում են ինչպես 3-րդ ու 4-րդ կետերում:

$$X_M = \sqrt{\frac{f_{k, \text{ար}}^2 + \frac{1-k}{j_{k, \text{ար}}} m_{2\Sigma}^2 V_{k, \text{ար}}^2 - f_{k, \text{ար}}}{1 + \frac{2}{\sqrt{1-kh}}}}, \text{ մ},$$

$$t_m = 2 X_M / V_{k, \text{ար}}, \text{ վ},$$

որտեղ $f_{k, \text{ար}}$ -ը կոնտակտային զսպանակի նախնական ճնշումն է, $f_{k, \text{ար}}$ -ը՝ կոնտակտային զսպանակի նախնական ճկվածությունը:



Նկ. 2-27.

Թրթռոցի թուլատրելի մեծությունը և նրա փոքրացման ճանապարհները

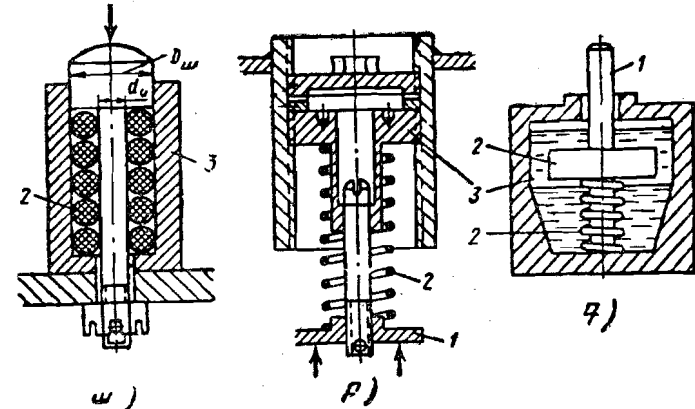
Այն թրթռոցը, որի դեպքում կոնտակտները միմյանցից չեն անջատվում և նրանց մաշումը տեղի չի ունենում, համարվում է անվտանգ և թուլատրելի:

Տարբեր տեսակի ապարատներում թրթռոցի թուլատրելի մեծությունը ունի տարբեր արժեքներ:

Օրինակ՝ կոնտակտորների համար թրթռոցի գումարային ժամա-

նակը պետք է լինի 0,3 մ/վ-ից փոքր: Նկ. 2-26, գ-ում պատկերված են X_M -ի կախվածությունը մի քանի տարբեր գործոններից ($V_{k, \text{ար}}$ -ը՝ հարվածի պահին կոնտակտի արագությունը, $\omega_{k, \text{ար}}$ -ը՝ հարվածի պահին շարժական մասի արագությունը, $m_{2\Sigma}$ -ը՝ շարժական մասի զանգվածը, $j_{k, \text{ար}}$ -ը՝ շարժական մասի իներցիայի մոմենտը, $P_{ազ}$ -ը՝ շարժական մասի վրա ազդող ուժը, j_{Σ} -ն՝ զսպանակի կոշտությունը, $P_{k, \text{ար}}$ -ը՝ հարվածի պահին կոնտակտի սեղմող ուժը): Բերված բնութագրի (նկ. 2-26, գ) 100 %-ին համապատասխանում են ապարատի սովորական պարամետրերը: X_M -ի կախվածության որոշումը նշված գործոնների որևէ մեկից կատարվել է մնացածների հաստատուն արժեքների դեպքում: Այս բնութագրից երևում է, որ X_M -ը փոքրացնելու համար կարելի է՝ ա) մեծացնել կոնտակտների $P_{k, \text{ար}}$ ուժը հարվածի պահին և զսպանակի j կոշտությունը, բ) հարվածի պահին փոքրացնել $V_{k, \text{ար}}$ արագությունը և $\omega_{k, \text{ար}}$ շարժական մասի շարժումը, շարժական մասի $m_{2\Sigma}$ զանգվածը և j_{Σ} իներցիայի մոմենտը, $P_{ազ}$ ուժը, որը ազդում է շարժական մասի վրա:

Բացի վերը նշված թրթռոցի փոքրացման միջոցներից կան նաև արհեստական միջոցներ, որոնցից գլխավորը կոնտակտների հարվածի պահին շարժական կոնտակտի հետ շարժման մեղմացումն է զսպանակների միջոցով (կայունարարներ, ամորտիզացիոն զսպանակներ և այլն, նկ. 2-23, ա, բ, գ):



Նկ. 2-28. Թափարգելային մեխանիզմներ.

ա) ձկուն թափարգել, բ) զսպանակային թափարգել, գ) հաստատուն ճնշմամբ յուղային թափարգել

ԵՐՐՈՐԴ ԳԼՈՒԽ

ԷԼԵԿՏՐԱՄԵԽԱՆԻԿԱԿԱՆ ՌԵԼԵՆԵՐ

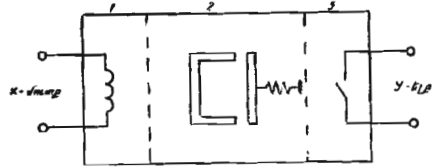
Ռելեններ են կոչվում այն ավտոմատ ապարատները, որոնք մուտքի ազդանշանի որոշակի արժեքի դեպքում ելքի մեծությունը թուլեցնում են: Որպես մուտքի պարամետր կարող է դիտվել հոսանքը, լարումը և այլն, իսկ ելքի պարամետր՝ կոնտակտների դիրքը, որոնց միջոցով կատարվում է միացում կամ անջատում, իսկ անկոնտակտ ռելենների համար՝ լարման, հոսանքի, դիմադրության ու հզորության և այլ պարամետրերի փոփոխումը:

Էլեկտրամեխանիկական ռելենները փակելով կամ բացելով իրենց կոնտակտները՝ էլեկտրական էներգիան փոխակերպում են մեխանիկականի:

Յուրաքանչյուր ռելե կազմված է երեք հիմնական օրգաններից, նկ. 3-1:

1. Ընկալող օրգան, որն ընկալում է նախատեսված պարամետ-

ընդհատ փոփոխումները (հոսանք, դիմադրություն, լարում, հզորություն և այլն):



Նկ. 3-1.

2. Միջանկյալ օրգան, որը ընկալվող պարամետրերը համեմատում է նախօրոք նշված մեծությունների հետ և եթե նրանք շեղված են այդ համապատասխան մեծություններից, ապա գործողության մեջ է դնում կատարողական օրգանը:

3. Կատարողական օրգան, որը նախատեսված է կոմուտացիա կատարելու համար (դրանք հիմնականում կոնտակտներն են):

3-1. ՌԵԼԵՆԵՐԻ ԴԱՍԱԿԱՐԳՈՒՄԸ

Ռելեների դասակարգումը կատարվում է, ելնելով նրանց տարբեր հատկանիշներից: Օրինակ՝ ըստ նշանակման, չափվող մեծությունների, աշխատանքի սկզբունքի, միացման ձևի և այլն:

1. Ըստ ընկալող օրգանի աշխատանքի սկզբունքի ռելեները բաժանվում են՝ ա) էլեկտրամագնիսական, բ) մագնիսաէլեկտրական, գ) էլեկտրադինամիկական, դ) ինդուկցիոն, ե) էլեկտրաշերտային, զ) մագնիսական:

2. Ըստ կատարողական օրգանի գործողության սկզբունքի բաժանվում են՝ ա) կոնտակտային, բ) անկոնտակտ ռելեներ:

Կոնտակտային սկզբունքով աշխատող ռելեները ունեն կոնտակտներ, որոնց միջոցով ազդում են կառավարման շղթաների վրա՝ միացնելով կամ անջատելով նրանց:

Անկոնտակտ ռելեները կառավարման շղթայի վրա ազդում են՝ փոփոխելով իրենց պարամետրերը (U , I , R , L , C): Օրինակ, մագնիսական ուժեղացուցիչում փոփոխվում է աշխատանքային փաթույթի ինդուկտիվությունը և կառավարող փաթույթի հոսանքը, էլեկտրոնային ժամանակի ռելեում ունակության մեծության փոփոխմամբ փոփոխվում է միացման և անջատման ժամանակը և այլն:

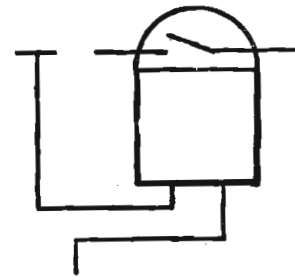
3. Ըստ մուտքի պարամետրերի բնույթի ռելեները բաժանվում են՝ ա) հոսանքի, բ) լարման, գ) ժամանակի, դ) հզորության, ե) դիմադրության:

Այս ռելեները կարող են աշխատել նշված պարամետրերի առավելագույն և նվազագույն արժեքների դեպքում: Օրինակ, երբ հոսանքի ռելեն աշխատում է հոսանքի առավելագույն արժեքով, ապա այդպիսի ռելեն կոչվում է առավելագույն հոսանքի ռելե:

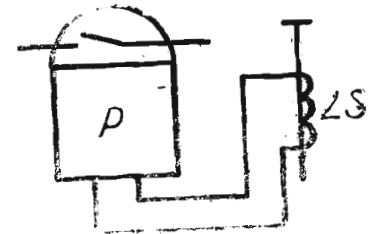
4. Ըստ ընկալող օրգանի միացման ձևի ռելեները բաժանվում են կրեք խմբի. ա) առաջնային, բ) երկրորդային, գ) միջանկյալ:

Առաջնային ռելեի ընկալող օրգանը անմիջապես միացվում է կառավարման շղթային (Նկ. 3-2):

Երկրորդային ռելեի ընկալող օրգանը կառավարման շղթայի հետ միացվում է չափման տրանսֆորմատորի միջոցով (Նկ. 3-3):



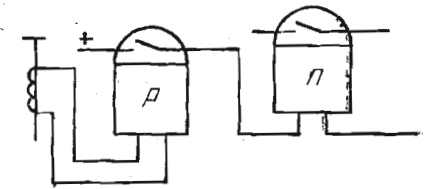
Նկ. 3-2. Առաջնային ռելեի սխեման



Նկ. 3-3. Երկրորդային ռելեի սխեման

Միջանկյալ ռելեի ընկալող օրգանը միացվում է մյուս ռելեների կատարողական օրգանին և ծառայում է ազդանշանները ուժեղացնելու համար:

5. Ըստ նշանակման ռելեները բաժանվում են երեք խմբի՝ ա) էլեկտրական համակարգերը պաշտպանող, բ) էլեկտրաբանցումը (էլեկտրահզորակի) կառավարող, գ) ավտոմատիկայի և էլեկտրակապի ռելեներ:



Նկ. 3-4. Միջանկյալ ռելեի սխեման

Պաշտպանող և էլեկտրակապի ռելեները մեծ մասամբ լինում են

երկրորդային ռելեներ և նախատեսված են գնեռատորները, էլեկտրական մեքենաները, տրանսֆորմատորները և էլեկտրահզորության գծերը գերբեռնավորվածությունից և կարճ միացման հոսանքներից պաշտպանելու համար: Այս տիպի ռելեները հիմնականում օգտագործվում են էլեկտրակայաններում և ենթակայաններում: Նրանց կատարողական օրգանը նախատեսված է փոքր հոսանքների համար՝ $5 \div 10$ Ա:

6. Ըստ ժամանակի գործողության ռելեները բաժանվում են չորս խմբի՝

ա) գերաբազ գործող, որոնց գործելու ժամանակը $0,001$ վ-ից փոքր է,

բ) արագ գործող, որոնց գործելու ժամանակը $0,01$ վ-ից փոքր է,

գ) նորմալ գործող, որոնց բանեցման ժամանակը $0,05 \div 0,15$ վ. է,
դ) դանդաղ գործող, որոնց բանեցման ժամանակը $0,15$ վ-ից ավելի է:

7. Ըստ հոսանքի ուղիները լինում են՝ հաստատուն և փոփոխական:

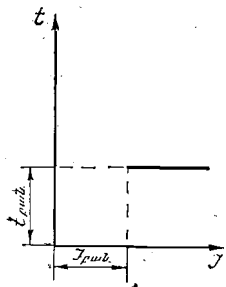
8. Ըստ կառավարման շղթայի գործելու ձևի ուղիները լինում են երկու տեսակի. ա) ուղղակի գործողության և բ) անուղղակի գործողության:

Ուղղակի գործողության ուղիները կառավարման շղթայի վրա ազդում են անմիջականորեն, իսկ անուղղակիները՝ էլեկտրամագնիսական ապարատների, մեծ մասամբ կոնտակտների, էլեկտրամագնիսների, վերափոխիչների (տվիչների) և այլ ապարատների միջոցով:

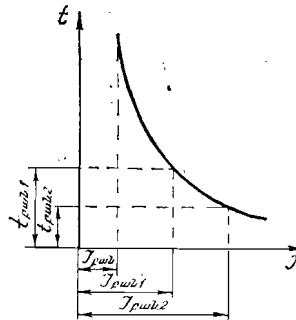
9. Ըստ ժամանակի բնութագրի ուղիները բաժանվում են երեք խմբի՝

ա) ժամանակից անկախ կամ ակնթարթային բնութագրով, բ) ժամանակից կախված, գ) ժամանակից սահմանափակ կախումով ուղիներ:

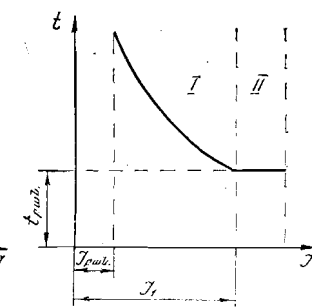
Ժամանակից անկախ կամ ակնթարթային բնութագրով ուղիները աշխատում են էլեկտրամագնիսական սկզբունքով (նկ. 3-5):



Նկ. 3-5.



Նկ. 3-6.



Նկ. 3-7.

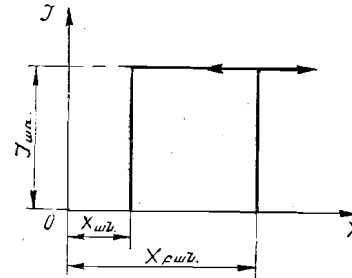
Ժամանակից կախված ուղիները աշխատում են ինդուկցիոն, ունակային կամ էլեկտրամեխանիկական սկզբունքով (նկ. 3-6):

Ժամանակից սահմանափակ կախումով ուղիները աշխատում են ինդուկցիոն և էլեկտրամագնիսական սկզբունքով (նկ. 3-7):

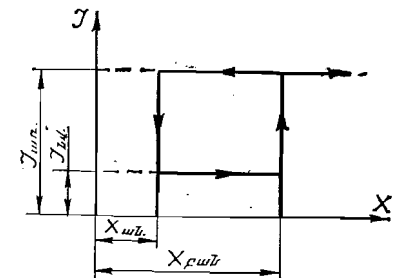
3-2. ՌԵԼԵՆԵՐԻ ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԲՆՈՒԹԱԳՐԵՐԸ ԵՎ ՊԱՐԱՄԵՏՐԵՐԸ

ա) Ռելեների բնութագրերը: Ռելեի հիմնական բնութագրերը՝ դա մուտքի-ելքի բնութագրերն է, որը կապ է հաստատում մուտքի X , և ելքի Y մեծությունների միջև և փոփոխվում է հետևյալ օրինաչափությամբ (նկ. 3-8 և նկ. 3-9):

Մուտքի X մեծությունը 0 -ից մինչև $X_{բա}$ մեծության փոփոխման դեպքում ելքի Y մեծությունը հավասար է լինում 0 -ի. դա նկատվում է



Նկ. 3-8. Կոնտակտային ռելեի բնութագիրը



Նկ. 3-9. Անկոնտակտ ռելեի բնութագիրը

կոնտակտային ռելեներում (նկ. 3-8), իսկ անկոնտակտներում հավասար է լինում $Y_{դ}$ -ի (նկ. 3-9):

Եթե մուտքի մեծությունը՝ X -ը, հավասար է լինում $X_{բա}$ -ի, ելքի մեծությունը՝ փոփոխվում է թռիչքաձև և հասնում իր առավելագույն արժեքին՝ $Y_{ա}$, որից հետո X -ի հետագա մեծացման դեպքում Y -ը մնում է անփոփոխ (նկ. 3-8):

Մուտքի մեծության փոփոխման դեպքում մինչև $X_{ա}$, Y -ը մնում է անփոփոխ և $X=X_{ա}$ -ի դեպքում կոնտակտային ռելեների մոտ X -ը թռիչքաձև փոքրանում է մինչև 0 , իսկ անկոնտակտ ռելեի համար՝ մինչև $Y_{դ}$:

բ) Ռելեների պարամետրերը: Մուտքի $X_{բա}$ մեծությունը համապատասխանում է ռելեի բանեցման պարամետրին (բանեցման լարում, բանեցման հոսանք և այլն), իսկ մուտքի $X_{ա}$ մեծությունը համապատասխանում է ռելեի անջատման պարամետրերին (անջատման լարում, անջատման հոսանք և այլն):

Ռելեի հիմնական պարամետրերն են՝

1. Ռելեի ետադարձի գործակիցը՝

$$k_s = \frac{X_{ա}}{X_{բա}} < 1,$$

եթե վերցնում ենք ըստ հոսանքի՝

$$k_s = \frac{I_{ա}}{I_{բա}} < 1,$$

$$k_z = \frac{F_{\text{աղ. 3}}}{F_{\text{բառ}}} < 1;$$

2. Ռելեի բանեցման պաշարի գործակիցը՝ $k_{\text{բ. պ.}}$

$$k_{\text{բ. պ.}} = \frac{x_{\text{բառ}}}{x_{\text{աղ. 3}}} > 1;$$

3. Ռելեի կառավարման հզորությունը՝ $P_{\text{հ. 3.}}$

$$P_{\text{հ. 3.}} = U_{\text{հ. 3.}} \cdot I_{\text{հ. 3.}}$$

$P_{\text{հ. 3.}}$ -ը կառավարման շղթայի $y_{\text{առ.}}$ պարամետրերին համապատասխանող հզորությունն է, որի ժամանակ ռելեի կատարողական օրգանով կարող է անցնել երկարատև հոսանք՝ առանց վնասելու կամ խիստ տաքացնելու այն: Կոնտակտային ռելեները կարող են առանց վնասվելու բաղմապատիկ անգամ միացնել և անջատել կառավարման հզորությանը համապատասխանող շղթաները:

4. Ռելեի բանեցման հզորությունը՝ $P_{\text{բ. 3.}}$

Սա մուտքի $x_{\text{բառ}}$ -ին համապատասխանող հզորությունն է, որն անհրաժեշտ է ռելեի կատարողական օրգանը հստակ աշխատեցնելու համար:

$$P_{\text{բ. 3.}} = U_{\text{հ. 3.}} \cdot I_{\text{հ. 3.}}$$

5. Ռելեի զգայունությունը՝ $k_{\text{զ.}}$

Սա մուտքի պարամետրի այն ամենափոքր $x_{\text{զ.}}$ մեծությունն է, որի դեպքում ռելեն աշխատում է, իսկ նրան համապատասխանող հզորությունը կոչվում է նվազագույն բանեցնող հզորություն և նշանակվում $P_{\text{զ. 3.}}$: Զգայունությունը արտահայտվում է հետևյալ տեսքով՝

$$k_{\text{զ.}} = \frac{P_{\text{զ. 3.}}}{P_{\text{բ. 3.}}} < 1;$$

6. Ռելեի կառավարման գործակիցը՝ $k_{\text{կառ. 3.}}$

Կառավարման հզորության հարաբերությունն է բանեցման հզորությանը-

$$k_{\text{կառ. 3.}} = \frac{P_{\text{կառ. 3.}}}{P_{\text{բ. 3.}}}$$

Ստորև (աղ. 3-1) բերված են մի քանի ավելի տարածված ռելեների հիմնական պարամետրերը:

Ռելեի տեսակը	$P_{\text{զ. 3.}}$, վտ	$P_{\text{բ. 3.}}$, վտ	$k_{\text{կառ.}}$	$t_{\text{բառ.}}$, վ.
Էլեկտրամագնիսական	$10^{-1} - 10^4$	$10^{-3} - 10^2$	$10^2 - 10^3$	$2 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 10^{-1}$
Բևեռացված	$1 - 20$	$10^{-5} - 5 \cdot 10^5$	$10^2 - 5 \cdot 10^5$	$10^{-4} - 2 \cdot 10^{-2}$
Մագնիսաէլեկտրական	$0,1 - 2$	$10^{-10} - 10^{-4}$	$10^4 - 10^8$	$10^{-2} - 5 \cdot 10^{-1}$
Էլեկտրոնային	$10^{-3} - 10^2$	$10^{-12} - 10^{-2}$	$10^5 - 10^9$	$10^{-8} - 10^{-7}$
Մագնիսական	$10^{-2} - 10^3$	$10^{-5} - 10^{-4}$	$10^4 - 10^7$	$10^{-3} - 10^{-2}$

7. Հուսալիության գործակիցը՝ $k_{\text{հուս.}}$ -ը կատարողական օրգանի միացումների կամ անջատումների Q թվի հարաբերությունն է ռելեի ընկալող օրգանի կողմից ընկալված ազդանշանների P թվին:

$$k_{\text{հուս.}} = \frac{Q}{P}$$

Հուսալիության գործակիցը որոշելու համար տրվող ազդանշանների թիվը պետք է վերցնել $10^5 - 5 \cdot 10^6$ -ից ոչ պակաս:

8. Ռելեի բանեցման ժամանակը՝ $t_{\text{բառ.}}$ -ը ընկալող օրգանի ազդանշանի ստանալուց մինչև ռելեի լրիվ բանեցումը և կոնտակտների միացումը ընկած ժամանակն է:

9. Ռելեի անջատման ժամանակը՝ $t_{\text{առ.}}$ -ը այն ժամանակն է, որն ստացվում է ընկալող օրգանի ազդանշանազդրկումից մինչև ռելեի կոնտակտների լրիվ անջատումը:

Տարբեր սկզբունքով աշխատող ռելեները ունեն տարբեր բանեցման ժամանակներ, օրինակ՝

- ա) էլեկտրամագնիսական ռելեների համար՝ $1 - 200$ մկ. վ,
- բ) մագնիսաէլեկտրական ռելեների համար՝ $10 - 500$ մկ. վ,
- գ) ինդուկցիոն ռելեների համար՝ $1 - 100$ մկ. վ,
- դ) բևեռացված ռելեների համար՝ $1 - 15$ մկ. վ:

Միացման և անջատման ժամանակներից կախված ռելեները բաժանվում են հետևյալ խմբերի՝ ա) գերարագ, բ) արագ, գ) դանդաղ:

10. Ռելեի միացման $f_{\text{հ.}}$ հաճախությունը, այսինքն միավոր ժամանակում ռելեի կոնտակտների միացման թիվը:

$$f_{\text{հ.}} = \frac{1}{t_{\text{բ.}} + t_{\text{առ.}} + t_{\text{բառ.}} + t_{\text{առ.}}}, \text{ որտեղ}$$

$t_{\text{բ.}}$ -ը՝ ռելեի ընդմիջման ժամանակն է,

$t_{\text{առ.}}$ -ը՝ ընդմիջման ժամանակը,

$t_{բաշ-ը}$ ՝ ուղիի բանեցման ժամանակը,
 $t_{անշ-ը}$ ՝ ուղիի անջատման ժամանակը:
 Քանի որ $t_{անշ}$ և $t_{անշ}$ շատ փոքր են, ապա դրանց կարող ենք անտեսել, հետևաբար

$$f_{ս} = \frac{1}{t_{բ} + t_{անշ}}$$

Տարբեր ուղիներ նախագծելիս տրվում է միացման հաճախությունը, թե մեկ ժամում քանի միացում կամ անջատում պետք է կատարի նախագծվող ուղին:

11. Ռեկի ստատիկ ֆորշային կամ էլեկտրամեխանիկական բնութագիրը, որն իրենից ներկայացնում է ձգող ուժի կախվածությունը օդային բացակի մեծությունից՝ հաստատուն մ. շ. ու-ի կամ լարման դեպքում:

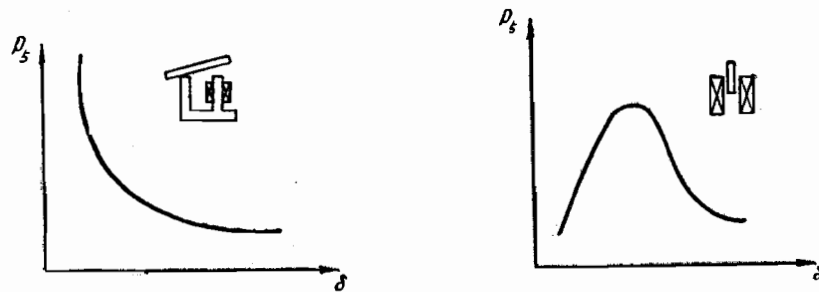
1. $P_t = f(\delta)$, երբ $F = \text{const}$ կամ

$M_t = f(\alpha)$, երբ $F = \text{const}$

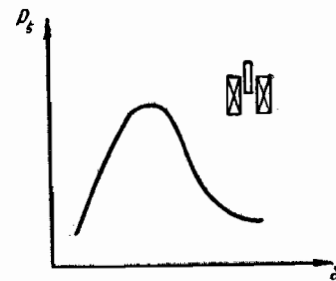
2. $P_t = f(\delta)$, երբ $U = \text{const}$ կամ

$M_t = f(\alpha)$, երբ $U = \text{const}$

Այս երկու արտահայտությունները գրաֆիկորեն պատկերված են նկ. 3-10-ում և նկ. 3-11-ում:



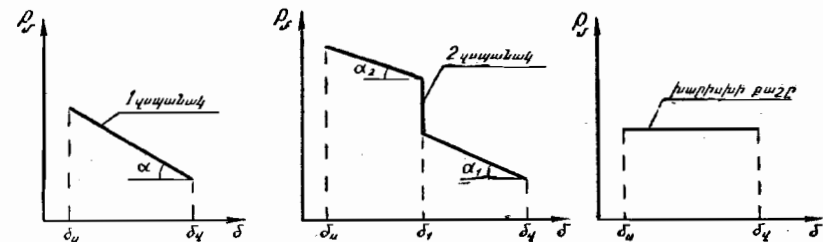
Նկ. 3-10. Կախվածություն ուղիի համար



Նկ. 3-11. Բաց մագնիսական համակարգով ուղիի համար

12. Ռեկի հակազդող ուժերը կամ մեխանիկական բնութագիրը՝ $f(\delta)$ հակազդող ուժերի կախվածությունն է օդային բացակից, սկ. 3-12, նկ. 3-13, նկ. 3-14:

13. Ռեկի բեռնավորման բնութագիրը, որը ցույց է տալիս էլեկտրամագնիսի ձգող ուժի կախվածությունը կոճին մատուցվող լարու-



Նկ. 3-12.

Նկ. 3-13.

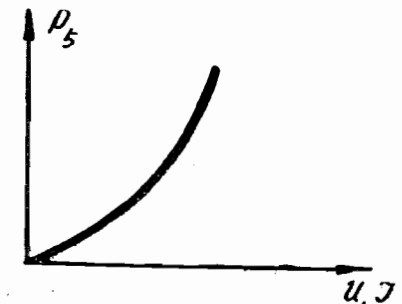
Նկ. 3-14.

մից կամ նրա միջով անցնող հոսանքից, երբ օդային բացակը հաստատուն է (նկ. 3-15):

$$\left. \begin{aligned} P_t &= f(U) \\ P_t &= f(I) \end{aligned} \right\}$$

$$\delta = \text{const}, \quad P_t = k \cdot F^2 \frac{d \Delta \delta}{d \delta},$$

14. էլեկտրամագնիսի պահեստի գործակիցը՝ $k_{պ}$. դա կոճի հաստատված հոսանքի հարաբերությունն է նրա բանեցման հոսանքին.



Նկ. 3-15.

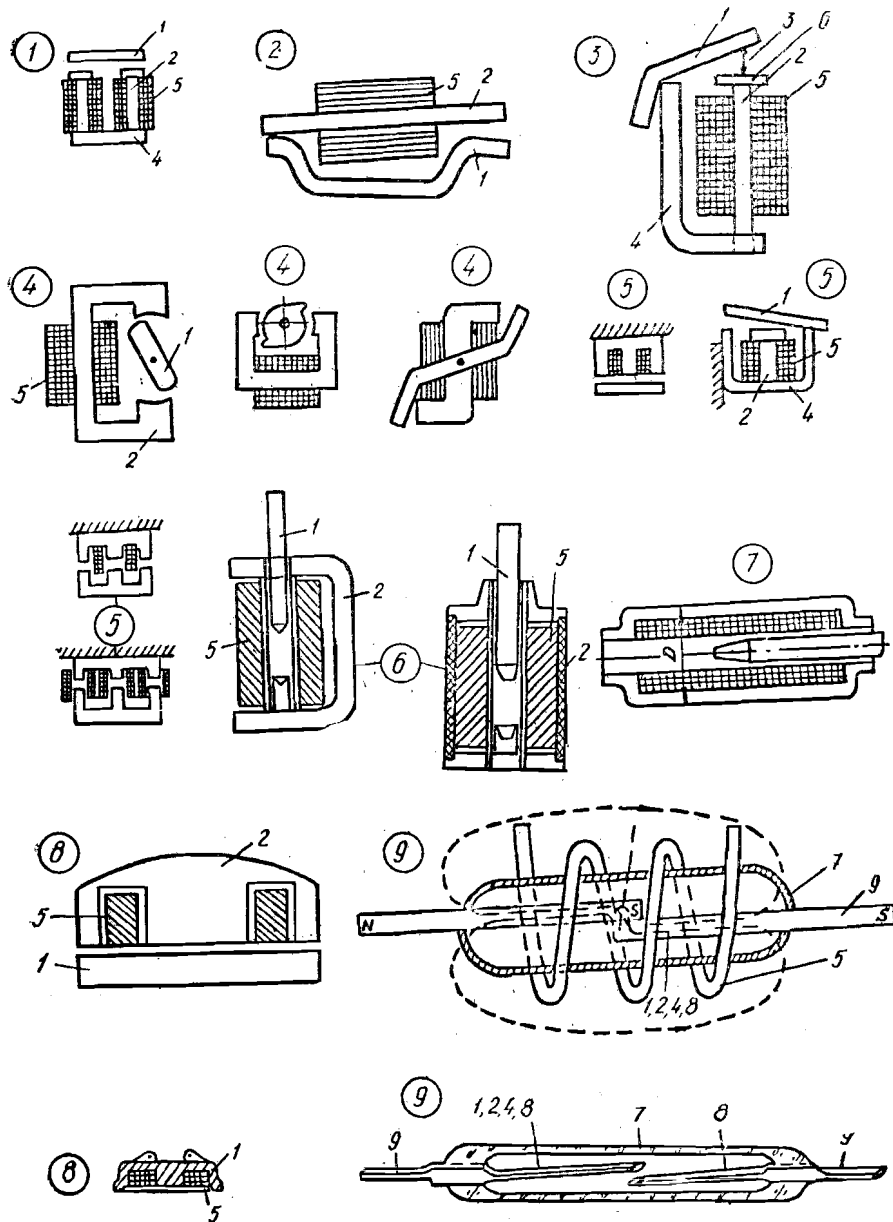
$$k_{պ} = \frac{I_t}{I_{բաշ}} = \frac{U}{I_{բաշ} R},$$

3-3. ԷԼԵԿՏՐԱՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆ ՌԵԼԵՆԵՐ

էլեկտրամագնիսական ուղիների աշխատանքի սկզբունքը հիմնված է կոճից ստեղծված մագնիսական դաշտի և ֆերոմագնիսական միջուկի փոխազդեցության վրա, որի շնորհիվ ստեղծվում է ձգող ուժ՝ ուղղված խորիսխի օդային բացակի փոքրացման ուղղությամբ:

էլեկտրամագնիսական ուղիները ավտոմատիկայի և հեռուստամեխանիկայի ամենատարածված տարրերն են և լայնորեն կիրառվում են ավտոմատ կառավարման, պաշտպանողական համակարգերում: էլեկտրամագնիսական ուղիները պատրաստում են հաստատուն և փոփոխական հոսանքների համար:

Հաստատուն հոսանքի էլեկտրամագնիսական ուղիները բաժանվում են երկու խմբի.



Նկ. 3-16. Հաստատուն հոսանքի էլեկտրամագնիսներ.

1-խարիսխ, 2-միջուկ, 3-օդային բացակ, 4-լուծ, 5-կոճ, 6-ծայրապանակ,
7-ապակյա բալոն, 8-կոնտակտներ, 9-ելուստներ

ա) չեզոք էլեկտրամագնիսական ուղեղներ, որոնց աշխատանքը կախված չէ հաստատուն հոսանքի բևեռականությունից:

բ) բևեռացված, որոնց աշխատանքը կախված է հոսանքի բևեռականությունից:

էլեկտրամագնիսական ուղեղները կազմված են լուծից, միջուկից, որի վրա տեղավորված է կոճը և խարիսխը, որը ձգվելով միջուկի կողմից, միացնում կամ անջատում է ուղեղի կոնտակտները:

Ըստ մագնիսական շղթայի կառուցվածքի էլեկտրամագնիսական ուղեղները լինում են բազմազան տեսակի, օրինակ՝ (նկ. 3-16, նկ. 3-17):

1-ը Ու-աձև էլեկտրամագնիս է, որտեղ ցրման հոսքերը չեն ազդում ձգող ուժի վրա:

2-ը տափակ խարիսխով և միջուկով էլեկտրամագնիս է: Այստեղ ցրման հոսքերը ազդում են ձգող ուժի վրա և մեծացնում այն:

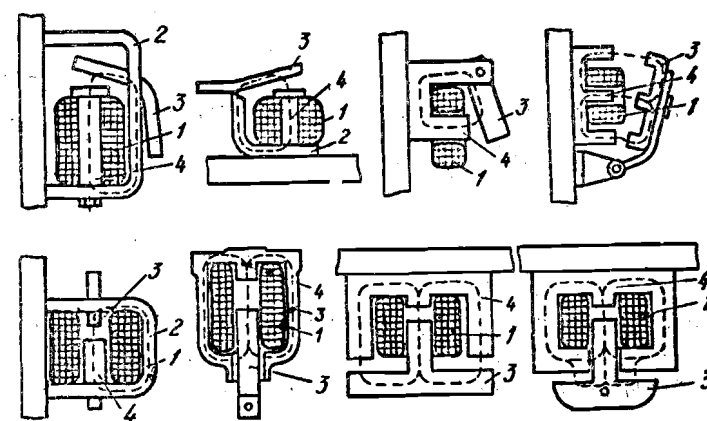
3-ը կափուլրած էլեկտրամագնիս է, որի ցրման հոսքերը չեն ազդում ձգող ուժի վրա:

4-ը շրջադարձային խարիսխով էլեկտրամագնիս է, որի ցրման հոսքերը չեն ազդում ձգող ուժի վրա:

5-ը Մ-աձև էլեկտրամագնիս է, որի ցրման հոսքերը նույնպես չեն ազդում ձգող ուժի վրա:

6-ը զրահապատ էլեկտրամագնիս է, որի ցրման հոսքերը ազդում են ձգող ուժի վրա. ընդ որում ձգող ուժի մեծությունը կախված է խարիսխի և կոնի ձևից: Կոնայինի դեպքում ձգող ուժը ավելի մեծ է:

7-ը ստենոիդային էլեկտրամագնիս է, որտեղ ցրման հոսքերը ազդում են ձգող ուժի վրա:



Նկ. 3-17. Հաստատուն և փոփոխական հոսանքի էլեկտրամագնիսներ.

1-կոճ, 2-լուծ, 3-խարիսխ, 4-միջուկ

8-ը հարթ վերամբարձ և զլանային արգելակման էլեկտրամագնիս է, խարիսխը և միջուկը հարթ են: Յրման հոսքերը խանգարում են խարիսխի շարժմանը և փոքրացնում ձգող ուժը:

9-ը հերմետիկ էլեկտրամագնիսական ուղի է, որը որոշ դեպքում կոչվում է նաև լեզվակային ուղի: Սրանց մոտ ցրման հոսքերը ձգող ուժի վրա չեն ազդում:

3-4. ԷԼԵԿՏՐԱՄԱԳՆԻՍԻ ԶԳՈՂ ՈՒԺԸ

Էլեկտրամագնիսի ձգող ուժի ճշգրիտ որոշումը բավականին դժվար է, քանի որ այդ ուժի վրա ազդում են մի շարք գործոններ: Դրանցից են՝ մագնիսական համակարգի հագեցվածությունը, հիստերեզիսի և մրրկային հոսանքներից առաջացած կորուստները, միջավայրի ջերմաստիճանը և այլն: Այդ պատճառով էլ մինչև այժմ հեղինակների մոտ չկա մի ընդհանուր կարծիք ձգող ուժի ճիշտ որոշման վերաբերյալ: Տարբեր հեղինակներ էլեկտրամագնիսի ձգող ուժը պարզելիս տարբեր մոտեցում են ցուցաբերում. ընդ որում նրանց կարելի է բաժանել 4 խմբի: Առաջին խմբի մեջ են մտնում՝ Ստուպելը, Պիկը, Շլայնդինը և Վիտենբերգը, որոնք էլեկտրամագնիսի ձգող ուժը որոշում են՝ ելնելով տվյալ էլեկտրամագնիսի լրիվ մագնիսական էներգիայի փոփոխումից՝

$$P_{\xi} = \frac{dW_{\xi}}{dx}, \quad \text{որտեղ} \quad (3-1)$$

W_{ξ} -ը մագնիսական համակարգի լրիվ էներգիան է.

$$W_{\xi} = \frac{1^2}{2} L = \frac{1^2}{2} W^2 \Lambda_{\xi \xi}$$

W_{ξ} -ի արժեքը տեղադրելով (3-1) բանաձևի մեջ, կստանանք.

$$P_{\xi} = -0,5 F^2 d\Lambda_{\xi \xi} / dx, \quad \text{ն. մ.}$$

իսկ մոմենտը կլինի՝

$$M_{\xi} = -0,5 F^2 d\Lambda_{\xi \eta} / d\alpha, \quad \text{ն. մ.}$$

Երկրորդ խմբի մեջ են մտնում՝ Բուլլովը և Ռոտերսը, որոնք ձգող ուժը կամ մոմենտը որոշում են ելնելով օդային բացակի էլեկտրամագնիսական էներգիայի փոփոխությունից, ըստ խարիսխի անցած ճանապարհի՝

$$P_{\xi} = \frac{dW_{\xi \delta}}{dx}, \quad \text{որտեղ}$$

$W_{\xi \delta}$ -ն օդային բացակի մագնիսական էներգիան է

$$P_{\xi} = -0,5 \cdot F_{\delta}^2 \cdot \frac{d\Lambda_{\delta}}{dx}, \quad \text{ն. մ.}$$

$$M_{\xi} = -0,5 \cdot F_{\delta}^2 \cdot \frac{d\Lambda_{\delta}}{d\alpha}, \quad \text{ն.մ/աստ.}$$

$$F = F_{\eta \eta} + F_{\eta \omega} + F_{\delta},$$

Երրորդ խմբի մեջ են մտնում Բաբիկովը, Սոտսկովը և Լվովը, որոնք ձգող ուժը կամ մոմենտը որոշում են ելնելով խարիսխի մեխանիկական աշխատանքից.

$$P_{\xi} = \frac{dA_{\omega \omega}}{dx}, \quad M_{\xi} = \frac{dA_{\omega \alpha}}{d\alpha},$$

Չորրորդ խմբի մեջ է մտնում Լիսովը, որը ձգող ուժը և մոմենտը որոշում է՝ ելնելով էլեկտրամագնիսական էներգիայից և մեխանիկական աշխատանքից:

Էլեկտրամագնիսի ձգող ուժի որոշման բարդությունը բացատրվում է բազմապիսի բարդ ֆիզիկական պրոցեսներով, որոնք առաջանում են էլեկտրամագնիսներում:

Նշված մեթոդներով էլեկտրամագնիսի ձգող ուժը որոշելիս ընդունում են, որ էլեկտրամագնիսի միջուկը հագեցած չէ: Փոփոխական հոսանքի էլեկտրամագնիսի ձգող ուժը որոշելիս անտեսում են մրրկային հոսանքների, հիստերեզիսի և մակերևութային էֆեկտի ազդեցությունը հոսքակցման վրա: Առաջարկված է հաստատուն և փոփոխական հոսանքի համար ուժի որոշման մի նոր մեթոդ, որտեղ ուժը որոշելիս հաշվի են առնվում միջուկի մագնիսական դիմադրությունները, B ինդուկցիայի և դաշտի H լարվածության ոչ գծային կապը, ինչպես նաև փոփոխական հոսանքի դեպքում հոսքակցման փոփոխման ազդեցությունը էլեկտրամագնիսի ձգող ուժի վրա: Այս մեթոդով էլեկտրամագնիսի ուժը կամ մոմենտը որոշելիս իրական մագնիսական համակարգը փոխարինվում է համարժեք մագնիսական համակարգով և որոշվում այդ համակարգի համարժեք մագնիսական դիմադրությունը՝ $R_{m \cdot \xi}$ և ոչ համարժեք մագնիսական համակարգի օդային բացակի մագնիսական դիմադրությունը՝ $R_{m \cdot \delta}$, ըստ որում, $R_{m \cdot \xi}$ -ի և $R_{m \cdot \delta}$ -ի հարաբերությունը պետք է փոքր լինի 1-ից:

$$\frac{R_{m \cdot \delta}}{R_{m \cdot \xi}} = k < 1.$$

այս դեպքում

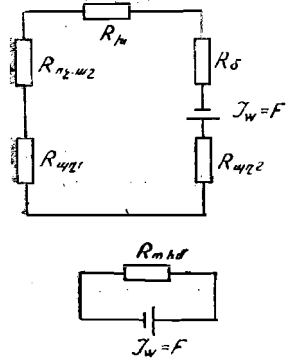
$$P_{\xi} = -0,5 F^2 \cdot k^2 d\Lambda_{\delta \delta} / d\delta, \quad \text{ն. մ.}$$

$$M_{\xi} = -0,5 F^2 k^2 d\Lambda_{\delta \alpha} / d\alpha, \quad \text{ն.մ/աստ.}$$

որտեղ K -ն ցույց է տալիս, թե էլեկտրամագնիսի ձգող ուժը կամ մոմենտը ոչ գծայնության դեպքում ինչքանով է փոքր ստացվում էլեկտրամագնիսի ձգող ուժից կամ մոմենտից, եթե անտեսենք հոսքի և հոսքակցման ոչ գծայնությունը և մյուս գործոնները, որոնք ազդում են հոսքակցման վրա:

F -ը մագնիսաշարժ ուժն է, $\Lambda_{\text{դ}}$ -ն՝ օդային բացակի մագնիսական հաղորդականությունը:

Համարժեք մագնիսական համակարգի փոխարինման սխեման բերված է նկ. 3-18-ում



Նկ. 3-18.

$$R_{m\text{,}} = R_m + R_{n2} + R_d + R_{n1} + R_{n2}$$

$$R_{m\text{,}0} = R_{n2} + R_d, \quad K = \frac{R_{m\text{,}0}}{R_{m\text{,}}}$$

Վերահիշյալ բանաձևով էլեկտրամագնիսի ուժը կամ մոմենտը որոշելիս բավականին մեծ դժվարությունների են հանդիպում այն տեսակետից, որ այստեղ հաշվարկումները շատ են դժվար, քանի որ հաշվի են առնվում այն բոլոր ֆիզիկական երևույթները, որոնք գոյություն ունեն էլեկտրամագնիսներում: Հաշվարկման այս

մեթոդը բարդ է ու բավականին աշխատատար և այդ պատճառով էլ այս մեթոդով կարելի է հաշվել այն դեպքերում, երբ պահանջվում է էլեկտրամագնիսի բավականին ճշգրիտ հաշվարկ:

Գործնականում ցանցի լարման փոփոխման պատճառով, ինչպես նաև էլեկտրամագնիսի կոճի տաքացման հետևանքով (կոճի դիմադրությունը մեծանում է) փոքրանում է կոճի հաշվարկային մ. շ. ու.-ն, որը պակասեցնում է միջուկի հագեցման ազդեցությունը էլեկտրամագնիսի ձգող ուժի և մոմենտի վրա: Այդ պատճառով էլ ձգող ուժը որոշում են ելնելով լրիվ մագնիսական էներգիայի փոփոխումից, այսինքն՝

$$P_{\text{է}} = d W_{\text{է}} / dx:$$

3-5. ԷԼԵԿՏՐԱՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆ ՄԵԽԱՆԻԶՄՆԵՐԻ ՍՏԱՏԻԿ ՔԱՐԾԱՅԻՆ ԿԱՄ ԷԼԵԿՏՐԱՄԵԽԱՆԻԿԱԿԱՆ ԲՆՈՒԹԱԳՐԵՐԸ ԵՎ ԴՐԱՆՑ ԿԱՌՈՒՅՈՒՄԸ

Էլեկտրամագնիսի ձգող ուժի կամ մոմենտի կախումը օդային բացակից հաստատուն մ. շ. ու.-ի դեպքում կոչվում է էլեկտրամագնիսի քարշային կամ էլեկտրամեխանիկական բնութագիր:

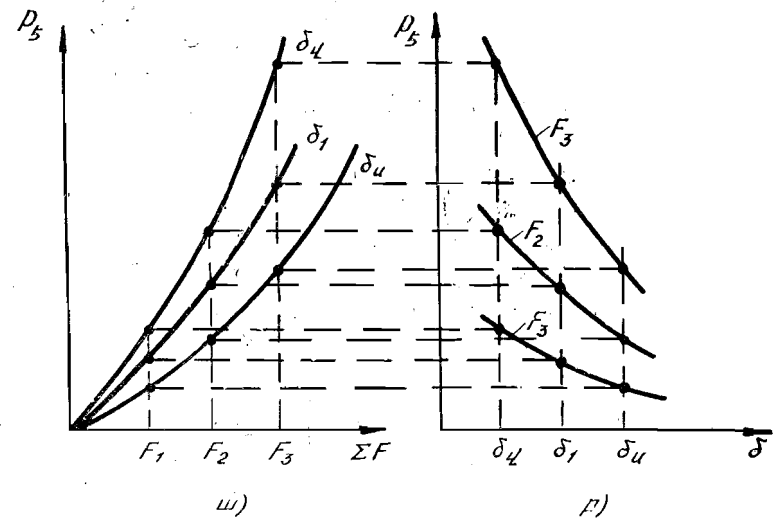
$$P_{\text{է}} = f(\delta), \quad F = \text{const}, \quad \Psi = \text{const}:$$

Քարշային բնութագրի ձևը կախված է տվյալ էլեկտրամագնիսի ձևից: Տարբեր մագնիսական համակարգեր ունեն տարբեր քարշային բնութագրեր: Էլեկտրամագնիսների քարշային բնութագիրը կարելի է կառուցել մի քանի եղանակով. դիտարկենք երկուսը: Առաջին եղանակով կառուցելիս պետք է տվյալ համակարգի մագնիսական շղթայի լրիվ հաշվարկը կատարել օդային բացակի մի քանի արժեքների համար:

Օրինակ, ունենք մի կափույրաձև էլեկտրամագնիս. կատարենք այդ համակարգի լրիվ հաշվարկը δ_1 — δ_4 բացակների համար և կառուցենք այդ արժեքների համար $P_{\text{է}} = f(F)$, ընդ որում

$$P_{\text{է}} = 51 \cdot F^2 d \Lambda_{\text{դ}} / d\delta, \text{ ն:}$$

Դիցուք այդ կորը մենք կառուցել ենք (նկ. 3-19, ա, բ):



Նկ. 3-19.

$$\text{ա) } P_{\text{է}} = f(F), \\ \text{երբ } \delta = \text{const}$$

$$\text{բ) } P_{\text{է}} = f(\delta), \\ \text{երբ } F = \text{const}$$

Էլեկտրամագնիսի քարշային բնութագրի կառուցման երկրորդ եղանակը հետևյալն է. նախ պետք է որոշել համակարգի լրիվ մ. շ. ու.-ն.

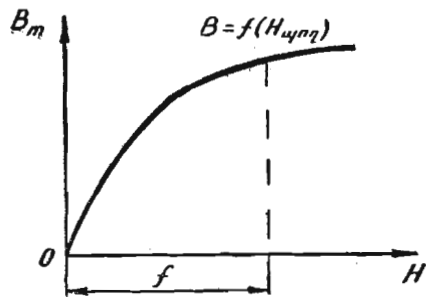
$$\Sigma F = F_{\text{դոդ}} + F_{\text{ծ}}:$$

Գումարային մ. շ. ու.-ն որոշում ենք հաշվարկային եղանակով, որից հետո գտնում տեսակարար մ. շ. ու.-ն

$$f = \frac{\Sigma F}{l},$$

Մեզ հայտնի է տվյալ մագնիսական շղթայում օգտագործվող պողպա-

տին համապատասխան $B-H$ կորը (նկ. 3-20). այդ կորի H առանցքի վրա տեղադրում ենք տեսակարար մ. շ. ու. ն. f -ը:



Նկ. 3-20.

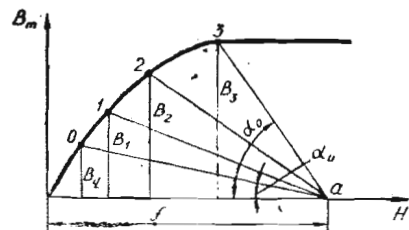
$$\Lambda_{\delta} = \frac{\mu_0 S}{\delta} \rightarrow \Lambda_{\delta u 1}, \Lambda_{\delta 1}, \Lambda_{\delta 2}, \Lambda_{\delta 3} \dots \Lambda_{\delta q}$$

2. Համապատասխան օդային բացակի հաղորդականությունում որոշում ենք $\text{tg} \alpha$ -ն.

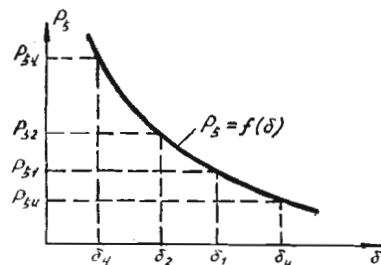
$$\text{tg} \alpha = \frac{\Lambda_{\delta} l}{S} \cdot \frac{\Pi_n}{\Pi_B} \rightarrow \alpha_u, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \dots \alpha_q$$

Π_n / Π_B -ը մասշտաբի գործակիցն է:

3. Ստացված տվյալներով, $B-H$ կորի վրա (3-21) ա կետից տանում ենք ճառագայթներ α անկյան տակ, մինչև $B-H$ կորի հետ հատվելը:



Նկ. 3-21.



Նկ. 3-22.

4. Օգտվելով Մաքսվելի բանաձևից, $B-H$ կորից և գտնելով համապատասխան B ինդուկցիան, որոշում ենք համակարգի ձգող ուժը $\delta_u - \delta_q$ օդային բացակների համար և կառուցում $P_m = f(\delta)$ կախումը (նկ. 3-22).

$$P_{\epsilon, \delta_u} = \left(\frac{B_{\delta_u}}{5000} \right)^2 S, P_{\epsilon \delta 1} = \left(\frac{B_{\delta 1}}{5000} \right)^2 S, P_{\epsilon \delta q} = \left(\frac{B_{\delta q}}{5000} \right)^2 S$$

3-6. ՄԻ ՔԱՆԻ ՏԵՍԱԿԻ ԷԼԵԿՏՐԱՄԱԳՆԵՍՆԵՐԻ ՁԳՈՂ ՈՒԺԸ ԵՎ ՆՐԱՆՑ ԷԼԵԿՏՐԱՄԵԽԱՆԻԿԱԿԱՆ ԲՆՈՒԹԱԳՐԵՐԸ

Ձգող ուժը և էլեկտրամեխանիկական բնութագրերը կառուցելու համար հայտնի պետք է լինեն էլեկտրամագնիսական համակարգի չափերը, օգտագործվող մագնիսալարի տեսակը և այլն:

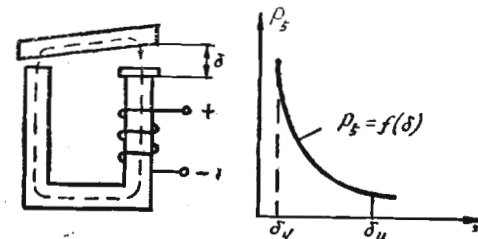
1. Կափույրած և էլեկտրամագնիսի ձգող ուժը և էլեկտրամեխանիկական բնութագրերը կլինի (նկ. 3-23).

$$P_{\epsilon} = 0,5 F^2 \frac{\mu_0 S}{\delta^2}, \text{ Ն,}$$

$$P_{\epsilon}^* = \left(\frac{B}{5000} \right)^2 \cdot S, \text{ Ն,}$$

փոփոխական հոսանքի համար.

$$P_{m, \epsilon} = 0,63 \cdot 10^{-3} F_{m, n}^2 \frac{S}{\delta^2}, \text{ Ն,}$$



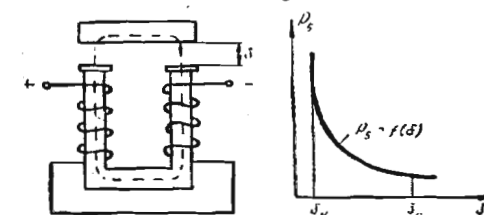
Նկ. 3-23.

2. II-աձև էլեկտրամագնիսի ձգող ուժը և էլեկտրամեխանիկական բնութագրերը կլինի (նկ. 3-24). $P_{\epsilon} = 0,31 F^2 \frac{\mu_0 S}{\delta^2}, \text{ Ն,}$

$$F_{\epsilon} = 0,2 \left(\frac{B}{5000} \right)^2 S, \text{ Ն,}$$

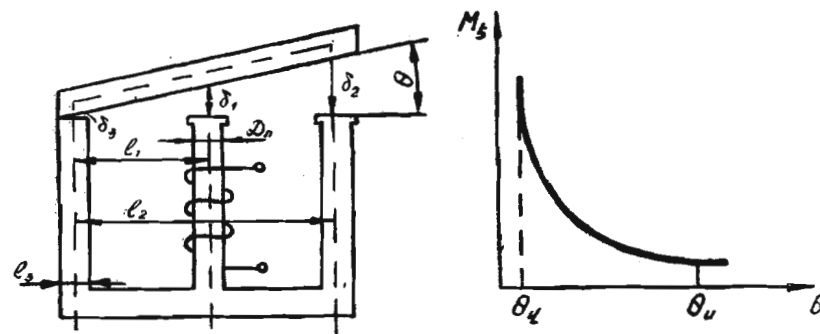
փոփոխական հոսանքի դեպքում.

$$P_{\epsilon} = 0,32 F_{m, n}^2 \cdot \frac{\mu_0 S}{\delta^2}, \text{ Ն,}$$



Նկ. 3-24.

3. III-աձև էլեկտրամագնիսի ձգող ուժը և էլեկտրամեխանիկական բնութագրերը կլինի (նկ. 3-25).



Նկ. 3-25.

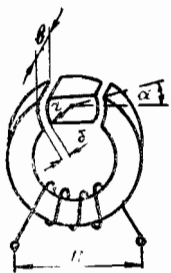
$$M_t = -0,5 F^2 \frac{d\Lambda_\delta}{d\theta}, \quad \text{ն. մ.}, \quad \Lambda_\delta = \frac{\Lambda_1 (\Lambda_2 + \Lambda_3)}{\Lambda_1 + \Lambda_2 + \Lambda_3}$$

$$\frac{d\Lambda_\delta}{d\theta} = \frac{(d\Lambda_2/d\theta + d\Lambda_3/d\theta) \Lambda_1^2 + d\Lambda_1/d\theta (\Lambda_2 + \Lambda_3)^2}{(\Lambda_1 + \Lambda_2 + \Lambda_3)}$$

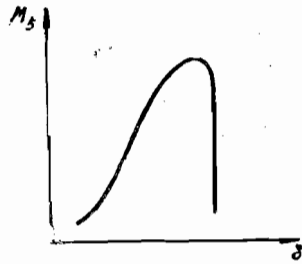
$$\Lambda_1 = \frac{D_n^2 \pi \mu_0}{4 l_1 \theta}, \quad \Lambda_2 = \frac{\mu_0 S}{l_2 \theta}, \quad \Lambda_3 = \frac{\mu_0 S}{l_3 \theta}$$

$$\frac{d\Lambda_1}{d\theta} = -\frac{D_n^2 \pi \mu_0}{4 l_1 \theta^2}, \quad \frac{d\Lambda_2}{d\theta} = -\frac{\mu_0 S}{l_2 \theta^2}, \quad \frac{d\Lambda_3}{d\theta} = -\frac{\mu_0 S}{l_3 \theta^2}$$

4. Շրջադարձային խարիսխով էլեկտրամագնիսի ձգող ուժը և քարշային բնութագիրը կլինի (նկ. 3-26).



Նկ. 3-26.



$$M_t = -0,32 F^2 \frac{d\Lambda_\delta}{d\theta},$$

$$\Lambda_\delta = \frac{b (r + \delta/2) \mu_0 \theta}{2\delta},$$

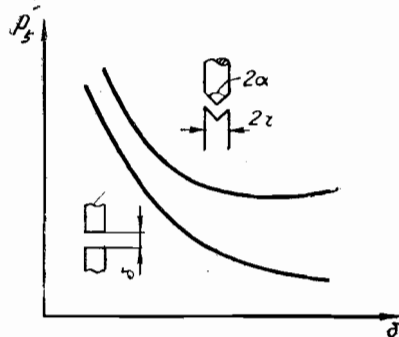
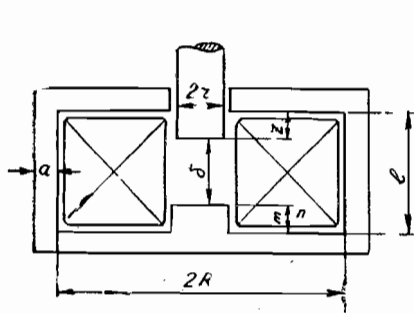
$$M_t = 0,32 F^2 \frac{b (r + \delta/2) \cdot 10^{-8}}{\delta}$$

ն. մ., θ -ռադիաններով:

Փոփոխական հոսանքի համար.

$$M_{\text{առ. է}} = 0,4 \left(\frac{U \cdot 10^4}{f \cdot W} \right)^2 \cdot \frac{\delta}{b \theta^2 (r + \delta/2)}, \quad \text{ն. մ.}$$

5. Զրահապատ էլեկտրամագնիսի ձգող ուժը և էլեկտրամեխանիկական բնութագիրը կլինի (նկ. 3-27).



Նկ. 3-27.

$$P_t = 0,63 \cdot F^2 \left[\frac{\pi r^2}{\delta^3} + \lambda \left(\frac{z}{l} \right)^2 \right] \cdot 10^{-8}, \quad \text{ն.}$$

$$\lambda = \frac{2 \pi \mu_0}{\ln R/r}, \quad \Lambda_\delta = \frac{\pi r^2 \mu_0}{\delta}$$

էթե մ. շ. ուն արտահայտենք հոսքով՝

$$P_t \approx 0,39 B_\delta^2 S^2 \left[\frac{1}{\pi r^2} + \left(\frac{z}{l} \right)^2 \cdot \frac{\lambda}{\lambda^2} \right] \cdot 10^{-8}, \quad \text{ն.}$$

Կոնսյունի ժամանակ ձգող ուժը կլինի.

$$P_t = 0,39 B_\delta^2 S^2 \left[\frac{\sin^2 \alpha}{\pi r^2} + \left(\frac{z}{l} \right)^2 \cdot \frac{\lambda}{\lambda^2} \right] \cdot 10^{-8}, \quad \text{ն.}$$

$$\Lambda_\delta \approx \frac{\pi r^2 \mu_0}{\delta \cdot \sin^2 \alpha}$$

Փոփոխական հոսանքի համար.

$$P_{\text{առ. է}} = 0,2 \left(\frac{U \cdot 10^4}{f \cdot W} \right)^2 \cdot \frac{\pi r^2 / \delta^2 + \lambda \cdot (z/l)^2}{[\pi r^2 / \delta + \lambda (z^3 + \pi^3 / 3 l^2)]^2}, \quad \text{ն.}$$

6. Բաց մագնիսական շղթայով էլեկտրամագնիսի ձգող ուժը և էլեկտրամագնիսական բնութագիրը կլինի (նկ. 3-28).

$$\text{էթե } D_{\text{առ}} \gg d, \quad l \gg D_{\text{առ}},$$

էթե միջուկը հագեցած է՝

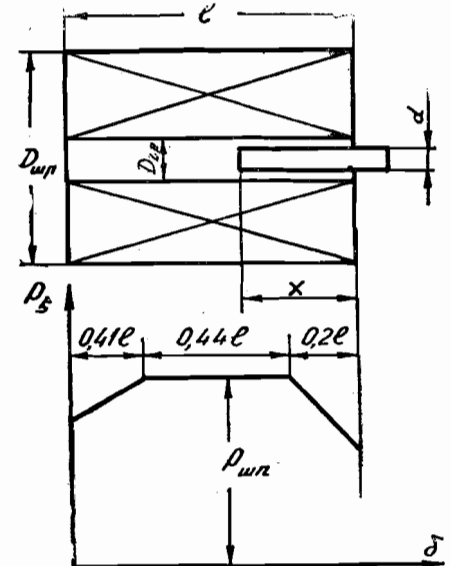
$$P_{\text{առ}} = 0,16 \cdot 10^{-3} F \frac{\pi d^2}{4 l}, \quad \text{ն.}$$

իսկ էթե հագեցած է

$$P_{\text{առ}} = \frac{(F - S\tau) (l - r/1,07 \cdot l)}{981 \cdot l}, \quad \text{ն.}$$

$$\text{որտեղ } r = D_{\text{առ}} + D_{\text{տ/4}}.$$

S-ը միջուկի կտրվածքն է $\pi d^2/4$,
 τ -ն գործակից է, որը կախված է կոճի երկարությունից (աղ. 3-2):



Նկ. 3-28.

l , սմ	3	5	10	15	20	30
τ	500	355	230	180	140	96

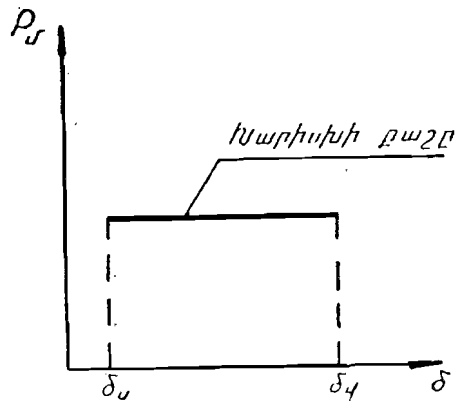
3-7. ԷԼԵԿՏՐԱՄԱԳՆԻՍԻ ՄԵԽԱՆԻԿԱԿԱՆ ԲՆՈՒԹԱԳԻՐԸ

Յուրաքանչյուր էլեկտրամագնիսական համակարգում բացի էլեկտրամեխանիկական ուժից գոյություն ունեն նաև հակազդող ուժեր, որոնք խանգարում են խարիսխի շարժմանը: Խարիսխի նկատմամբ հակազդող ուժերն են՝

1. խարիսխի քաշը, 2. պարուրային զսպանակը, 3. հարթ զսպանակները:

Հակազդող ուժի կախվածությունը δ օդային բացակից կոչվում է էլեկտրամագնիսի մեխանիկական բնութագիր՝ $P_{\delta} = f(\delta)$:

1. Որպես հակազդող ուժ օգտագործվում է խարիսխի կշիռը, օրինակ, մագնիսական թողարկիչներում (նկ. 3-29):



Նկ. 3-29.

2. Որպես հակազդող ուժ օգտագործվում է պարուրաձև զսպանակը (նկ. 3-30).

$$i = \frac{P_{\delta}}{f} = \operatorname{tg} \alpha, \text{ որտեղ}$$

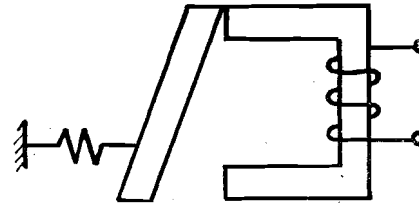
i -ն զսպանակի կոշտությունն է, P_{δ} -ը՝ հակազդող ուժը, f -ը՝ զսպանակի ճկվածությունը:

Պարուրային զսպանակի ճկվածքը (նկ. 3-31) որոշվում է հետևյալ բանաձևով.

$$f = \frac{8w D^3 P_{\delta}}{d^4 \cdot E}, \text{ որտեղ}$$

W -ն զսպանակի գալարների թիվն է, D -ն՝ պարուրի արտաքին տրամագիծը, E -ն՝ նյութի առաձգականության մոդուլը, E կգ/մմ², P_{δ} -ը՝ մեխանիկական հակազդող ուժը, d -ն՝ հաղորդալարի տրամագիծը:

3. Որպես հակազդող ուժ օգտագործվում են հարթ զսպանակային կոնստրուկցիաներ, որոնք կարող են պարունակել՝ ա) մեկ զսպանակ, բ) երկու զսպանակ, գ) կամրջաձև զսպանակ:

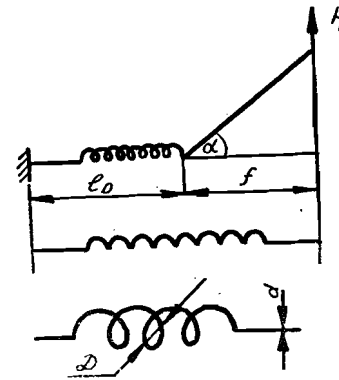


Նկ. 3-30.

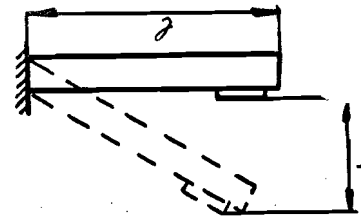
Ընդհանրապես էլեկտրամագնիսական ուժերում օգտագործվում են հարթ զսպանակներ, որոնց վրա ամրացվում են կոնստրուկցիաները: Այդպիսի կոնստրուկցիան զսպանակի ճկվածքը կարտահայտվի հետևյալ բանաձևով.

$$f = P_{\delta} \cdot l^3 / 2 \cdot E \cdot j:$$

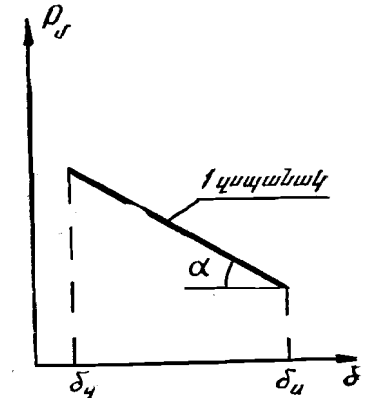
ա) եթե ունենք մեկ զսպանակ, ապա հակազդող ուժը կունենա հետևյալ տեսքը (նկ. 3-32):



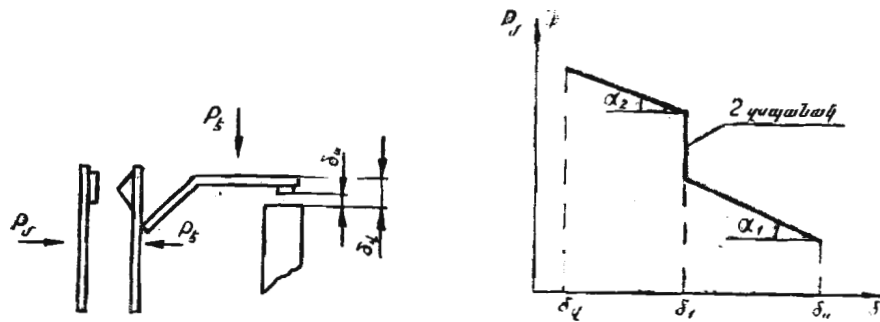
Նկ. 3-31.



Նկ. 3-32.

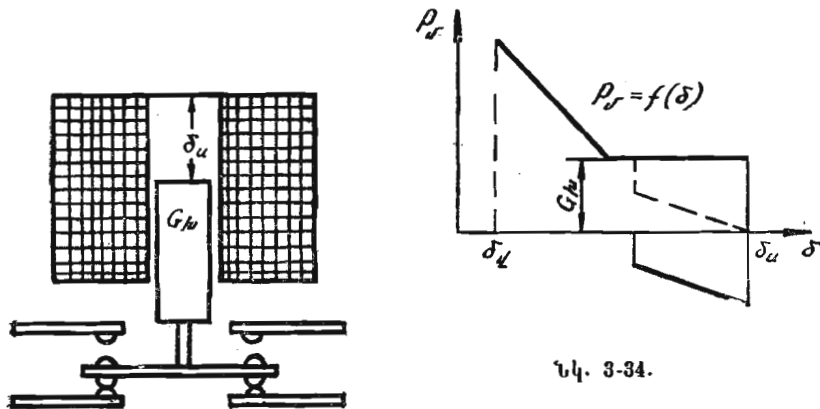


բ) եթե ունենք երկու զսպանակ, ապա հակազդող ուժը կունենա հետևյալ տեսքը (նկ. 3-33):



Նկ. 3-33.

գ) Եթե ունենք կամրջակային զսպանակ, ապա հակազդող ուժը կունենա հետևյալ տեսքը (Նկ. 3-34):



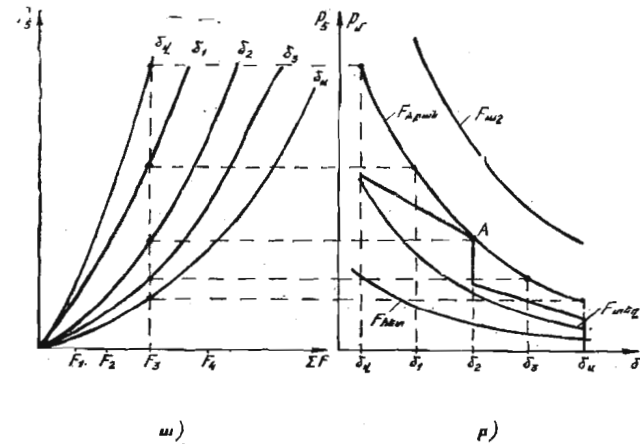
Նկ. 3-34.

8-8. ՌԵԼԵԻ ԷԼԵԿՏՐԱՄԵԽԱՆԻԿԱԿԱՆ ԵՎ ՄԵԽԱՆԻԿԱԿԱՆ ԲՆՈՒԹԱԳՐԵՐԻ ՀԱՄԱՁԱՅՆԵՑՈՒՄԸ

Բնութագրի համաձայնեցումը կատարվում է ունիի օպտիմալ աշխատանքի համար, այսինքն անհրաժեշտ է ունենալ անհրաժեշտ կառուցել, որ հուսալի աշխատի, ունենալ փոքր բանեցման ժամանակ, նյութի նվազագույն ծախս: Ահա այս պատճառով էլ անհրաժեշտ է համաձայնեցնել այս երկու բնութագրերը և այնպես անել, որ նրա տեղաշարժման և բանեցման Ամպեր-գալարները իրար մոտ լինեն:

Եթե մեզ հայտնի է էլեկտրամեխանիկական բնութագրի ընտանիքը՝ $P_k = f(\delta)$, $F_{ազ} = \text{const}$ դեպքի և տարբեր մ. շ. ու. ների համար (Նկ. 3-35, ա) այդ գրաֆիկի վրա նույն մասշտաբներով տեղադրվում ենք ունիի մեխանիկական բնութագիրը, որից հետո կատարվում երկու բնութագրերի համաձայնեցում:

Այս երկու բնութագրերի համաձայնեցում ասելով հասկանում ենք այն, որ էլեկտրամեխանիկական բնութագիրը չի հատում մեխանիկական բնութագրին և գտնվում է նրանից բարձր կամ նրա հետ առնվազն ունի մեկ հատման կետ: Այդպիսի համաձայնեցման կետ կարող է լինել մեխանիկական և էլեկտրամեխանիկական բնութագրերի շոշափման. Ա կետը (Նկ. 3-35, բ): Հետևաբար, ունիի բանեցման անհրաժեշտ մ. շ. ու. ն կլինի $F_{ազ}$: Եթե ունիները սնվում են էլեկտրական ցանցից, ապա քանի որ ցանցի լարումը կարող է փոփոխվել $\pm 5-15\%$,



Նկ. 3-35.

այդ դեպքում ցանցի լարման փոքրացման դեպքում՝ աշխատանքն ու մ. շ. ու. ն կփոքրանա և կբերի հակազդող ուժի մեծացման, ու ունենալանջատվի: Այդ երևույթից խուսափելու և աշխատանքային մ. շ. ու. ն ստանալու համար անհրաժեշտ է բանեցման մ. շ. ու. ն $F_{ազ}$ բաղադրատեսակի պաշարի գործակցով՝ $k_{ազ}$, այսինքն՝ $F_{ա2} = F_{ազ} \cdot k_{ազ}$, որտեղ $k_{ազ} = 1,5 \div 3$:

Եթե էլեկտրամագնիսի կոճի հոսանքը պակասեցնենք, ապա խարսխը որոշ Ամպեր-գալարների դեպքում վերադառնում է իր նախնական դիրքին՝ δ_0 : Դրանց անվանում են դարձի Ամպեր գալարներ:

Էլեկտրամեխանիկական և մեխանիկական բնութագրերի համաձայնեցումը կատարվում է երեք եղանակով.

1. Հակազդող զսպանակի լարվածությունը կամ կոշտությունը փոխելու միջոցով,
2. Նախնական օդային բացակի՝ δ_0 մեծությունը փոփոխելով,
3. Օդային բացակի ձևը փոխելով:

Գործնականում համաձայնեցումը կատարվում է առաջին և երկրորդ եղանակով:

3-9. ԱՐԱԳ ԳՈՐԾՈՂ ԷԼԵԿՏՐԱՄԱԳՆԻՍՆԵՐ

Արագագործ են համարվում այն էլեկտրամագնիսները, որոնք ունեն $0,05$ վ-ից փոքր բանեցման ժամանակ:

Այդպիսի բանեցման ոչ մեծ ժամանակի էլեկտրամագնիսների պատրաստումը ապահովվում է, եթե պատրաստելիս պահպանվեն մի շարք նախապայմաններ: Հիմնական նախապայմանները դժվար չէ վերծանել բանեցման ժամանակի վերլուծական (անալիտիկ) արտահայտություն:

$$t_{բան.հ} = t_{ս.հղ.հ} + t_{շար.հ} = \frac{L}{R} \cdot \ln \frac{k_{պաշ}}{k_{պաշ1}} + \sqrt{\frac{2m \delta_{ս}}{P_{է} - P_{ջ}}},$$

1. Պաշարի գործակիցը՝ $k_{պաշ1} = I_{է}/i_{բան}$ պետք է հնարավորին չափ մեծ լինի: Այն կարելի է բարձրացնել էլեկտրամագնիսի կոճում հոսանքը բարձրացնելով:

Այդ դեպքում կոճը միանում է հաջորդաբար լրացուցիչ ակտիվ դիմադրությամբ, որը խարիսխի շարժման ժամանակ զուգահեռալարվում է: էլեկտրամագնիսի բանեցումից հետո լրացուցիչ դիմադրությունը նորից միացվում է շղթային և սահմանափակում հոսանքի մեծացումը կոճում:

Պաշարի գործակցի մեծացման մյուս ճանապարհը բանեցման հոսանքի փոքրացումն է: Դրան կարելի է հասնել՝ փոքրացնելով նախնական մեխանիկական հակազդող ուժը:

2. Սկզբնական բացակի դեպքում մագնիսական համակարգի ինդուկտիվությունը պետք է ունենա իր օպտիմալ մեծությունը:

3. Կոճի շղթայի ակտիվ դիմադրությունը նույնպես պետք է ունենա օպտիմալ արժեք: Այն կարելի է փոփոխել՝ հաջորդաբար միացնելով լրացուցիչ ակտիվ դիմադրություն, որը յուրաքանչյուր էլեկտրամագնիսի համար ունենա օպտիմալ արժեք:

Իրոք՝ մեծացնելով R -ը, փոքրանում է մագնիսական համակարգի ժամանակի հաստատունը, հետևապես մեծանում է էլեկտրամագնիսի արագագործությունը: Միևնույն ժամանակ R -ի մեծացումը փոքրացնում է $I_{է}$ -ի հոսանքը, որը, ինչպես նշվեց վերևում, վատացնում է արագագործությունը:

4. Մրրկային հոսանքների ազդեցությունը փոքրացնելիս անհրաժեշտ է էլեկտրամագնիսի մագնիսալարը պատրաստել շերտավոր, ինչպես փոփոխական հոսանքի էլեկտրամագնիսներում:

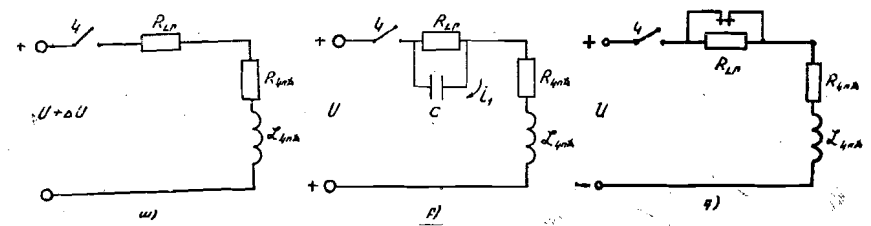
5. էլեկտրամագնիսի բանեցման ժամանակ մագնիսալարի պողպատի մեջ ինդուկցիան պետք է լինի ոչ մեծ $(0,2-0,3) \cdot 10^{-4}$ վբ/սմ²:

6. Արագագործ էլեկտրամագնիսի մագնիսալարը պատրաստելու համար անհրաժեշտ է օգտագործել այնպիսի նյութեր, որոնք դաշտի H լարվածության փոքր արժեքների դեպքում ունենան μ -ի մեծ արժեքներ, օրինակ՝ պերմալոյը:

7. էլեկտրամագնիսի խարիսխը, ինչպես նաև մեխանիզմի բոլոր շարժվող մասերը, պետք է ունենան հնարավորին չափ փոքր քաշ:

8. Սկզբնական օդային բացակի մեծությունը պետք է լինի նվազագույնը, երբեմն $\delta_{ս}$ -ն վերցնում են $0,2-0,3$ մմ:

Այն դեպքում, երբ վերոհիշյալ միջոցները չեն նպաստում անհրաժեշտ արագ գործող էլեկտրամագնիսներ ստանալուն, ապա կիրառում են հատուկ սխեմաներ, որոնք արագացնում են էլեկտրամագնիսի բանեցումը (նկ. 3-36, ա, բ, գ):



Նկ. 3-36, ա, բ, գ

Նկ. 3-36, ա սխեմայում կարող ենք տեղաշարժման ժամանակը փոքրացնել, եթե ΔU լարման բարձրացման հետ միասին շղթա մտցնել այնպիսի $R_{է}$ դիմադրություն, որ հաստատված հոսանքի մեծությունը մնա անփոփոխ: Այս դեպքում տեղաշարժման ժամանակի փոքրացումը տեղի կունենա էլեկտրամագնիսի փաթույթի ժամանակի հաստատունի փոքրացման շնորհիվ: Այս սխեմայի թերությունը այն է, որ լրացուցիչ դիմադրության մեջ տեղի են ունենում հզորության կորուստներ: Նկ. 3-36, բ սխեմայում կոճին հաջորդաբար միացված դիմադրությունը զուգահեռալարված է C ունակությամբ: Սխեմայի էությունը այն է, որ փաթույթի հաստատված ռեժիմում, այսինքն երբ այն երկարատև միացված է էլեկտրական շղթային, կոնդենսատորով հոսանք չի անցնում, և հաստատված հոսանքի մեծությունը որոշվում է

$$I_{է} = U/R_{է} + R_{կո} \text{ արտահայտությամբ:}$$

Փաթույթի միացման առաջին իսկ պահին, երբ տեղի է ունենում հոսանքի աճ, կոնդենսատորով նույնպես անցնում է i_1 հոսանք, որը գումարվում է լրացուցիչ $R_{է}$ դիմադրության միջոցով անցնող i_2 հոսանքին, հետևաբար կոճով անցնող $i_{է}$ աշխատանքային հոսանքը մեծանում է, որը բերում է տեղաշարժման հոսանքի մեծացմանը:

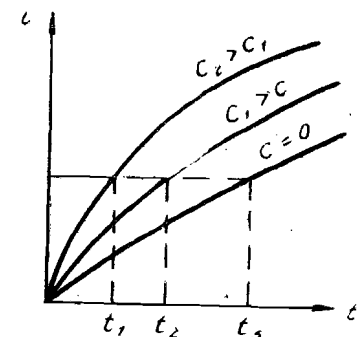
Այս սխեման կոչվում է էլեկտրամագնիսի արագացման սխեմա: Տեղաշարժման ժամանակի մեծությունը կախված է կոնդենսատորի ունակությունից, որի մեծությունը որոշվում է հետևյալ բանաձևով.

$$C = \frac{L_{\text{հոս}} \cdot 10^6}{R_{\text{հոս}} \cdot R_{\text{ըր}}}, \text{ մկֆ,}$$

որտեղ՝ $L_{\text{հոս}}$ -ը կոճի ինդուկտիվությունն է, $R_{\text{հոս}}$ -ը՝ կոճի ակտիվ դիմադրությունը, $R_{\text{ըր}}$ -ը՝ կոճի լրացուցիչ դիմադրությունը:

Նկ. 3-37-ում տրված է տեղաշարժի ժամանակի կախվածությունը տարբեր ունակության կոնդենսատորների դեպքում:

Նկ. 3-36, գ-ում ցույց է տրված հոսանքի արագացման սխեման, որը հնարավորություն է ստեղծում որոշ չափով փոքրացնելու էլեկտրամագնիսի քաշը և չափերը: Այս էլեկտրամագնիսն ունի փաթույթի փոքր դիմադրություն, բայց նրան հաջորդաբար միացվում է լրացուցիչ դիմադրություն, որը զուգահեռալարվում է էլեկտրամագնիսի խարիսխի հետ կապված անջատող կոնտուրով: Եթե կոճով հոսանք չի անցնում,



Նկ. 3-37.

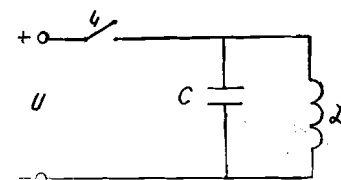
ապա կոնտակտը փակ է: Կոնտակտը բացվում է այն ժամանակ, երբ էլեկտրամագնիսի կոճի հոսանքը հավասարվում է տեղաշարժման հոսանքին: Խարիսխը փակվելուց հետո անջատող կոնտակտը բացվում է, և լրացուցիչ դիմադրությունը հաջորդաբար միանում է փաթույթին, որի շնորհիվ փաթույթի հաստատված հոսանքի մեծությունը մնում է անփոփոխ: Շղթայում հաջորդաբար միացված դիմադրությունը պաշտպանում է էլեկտրամագնիսի կոճն այրվելուց: Թերությունն անջատող կոնտակտի առկայությունն է:

Այն դեպքում, երբ պահանջվում է դանդաղեցնել էլեկտրամագնիսի անջատման ժամանակը, կարելի է օգտվել էլեկտրամագնիսի կոճը ունակությամբ զուգահեռալարելու սխեմայից (Նկ. 3-38):

Այսպիսի սխեմայի դեպքում կարող է ստացվել անջատման ժամանակի արագացում կամ դանդաղեցում՝ կախված սխեմայի պարամետրերի ընտրությունից: Եթե կոնդենսատորի ունակությունը վերցվի այնպես, որ անջատման ժամանակ փաթույթով անցնող հոսանքը ունենա ոչ պարբերական բնույթ, ապա այս դեպքում անջատման ժամանակը մեծանում է, իսկ եթե կոնդենսատորի ունակությունը ընտրենք

այնպես, որ ապահովի LRC կոնտուրում հոսանքի պարբերաբար փոփոխությունը, ապա էլեկտրամագնիսի կոճը արագորեն անջատվում է ցանցից:

Հոսանքի բարձր հաճախականային տատանումը բերում է ձգող ուժի արագ փոքրացմանը, և զսպանակի հակազդող ուժի ազդեցության տակ խարիսխը հետ է վերադառնում:



Նկ. 3-38.

3-10. ԳԱՆԴԱԼ ԳՈՐԾՈՂ ԷԼԵԿՏՐԱՄԱԳՆԻՍՆԵՐ

Որոշ էլեկտրամագնիսներ նախագծելիս պահանջվում է, որ նրանք դանդաղ գործեն, այսինքն աշխատեն ժամանակի պահումով. օրինակ՝ ժամանակի ռելեները, ժամանակի պահումով հոսանքի ռելեները և այլն: Գոյություն ունի ժամանակի պահում ստեղծելու երկու եղանակ.

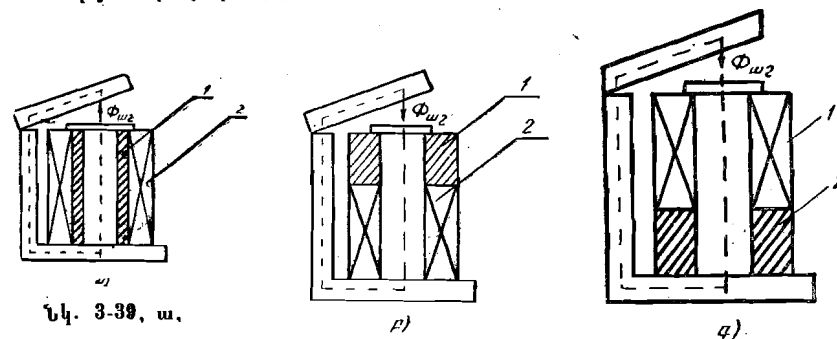
1. հատուկ մեխանիկական սարքերի միջոցով, օրինակ, ժամացույցի մեխանիզմի, յուղային դեմպֆերի (մարիշի), էլեկտրաշարժիչների, օդաձնշող մեխանիզմների և այլն:

Նշված եղանակներով ժամանակի պահումը ստեղծվում է՝ մեծացնելով խարիսխի շարժման ժամանակը:

2. մագնիսական դեմպֆերացման (մարման-հանգստացման) միջոցով՝ հենց իրեն էլեկտրամագնիսով:

Մագնիսական մարումը համակարգում մագնիսական հոսանքի փոփոխության պրոցեսի դանդաղեցումն է:

Այսպիսի մարման բոլոր եղանակները հիմնված են մրրկային մագնիսական հոսքի օգտագործման վրա, որոնք ծագում են էլեկտրամագնիսի կոճում և զանգվածային մասերում՝ հիմնական մագնիսական հոսքի մեծության փոփոխության դեպքում:



Նկ. 3-39, ա.

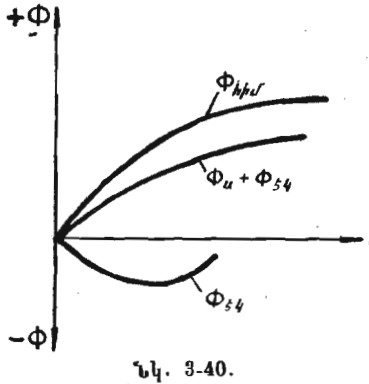
բ)

գ)

Մարման համար էլեկտրամագնիսներում օգտագործում են կարճ միացված գալարներ, որոնք հազցվում են էլեկտրամագնիսի միջուկի վրա, տարբեր եղանակներով (Նկ. 3-39, ա, բ, գ):

կարճ միացված գալարը իրենից ներկայացնում է պղնձից, լատու-
նից կամ էլ ալյումինից պատրաստված մեկ գալար կամ օղակ:

Մարումը տեղի է ունենում հետևյալ կերպ. էլեկտրամագնիսի
փաթույթը էլեկտրական շղթային միացնելու կամ անջատելու պա-
հին կարճ միացված գալարում մրրկային հոսանքներից առաջացած
մագնիսական հոսքերը մշտապես ուղղված են հիմնական $\Phi_{\text{հիմ}}$ հոսքի
(նկ. 3-40) նկատմամբ այնպես, որ ապահովեն մագնիսական համա-
կարգի նախնական վիճակը, այսինքն՝ խարիսխի ձգման դեպքում նրանք
ուղղված են հիմնական հոսքին հակառակ
և արգելակում են նրա արձմանը, իսկ խա-
րիսխի անջատման ժամանակ ուղղված են
հիմնական հոսքի նվազմանը հակառակ,
հետևապես խանգարում են նրա նվազ-
մանը:



Նկ. 3-40.

Այս էլեկտրամագնիսներում անջատ-
ման ժամանակի պահումը շատ ավելի մեծ
է ստացվում, քան միացման ժամանակի
պահումը: Դա բացատրվում է նրանով, որ
անջատման ժամանակ խարիսխը գտնվում
է ձգված վիճակում, որի դեպքում օղային
բացակի δ մեծությունը չափազանց

փոքր է, իսկ ինդուկտիվությունը՝ $L_u = W^2 \mu_0 S / \delta$ մեծ, հետևաբար
մեծ է նաև փաթույթի ժամանակի T հաստատունը: Այսպիսի հա-
մակարգերում կարելի է ստանալ 5—10 վ-ի ժամանակի պահում:
Ամենալավ արդյունք ստացվում է այն դեպքում, երբ կարճ միացված
գալարը դասավորված է միջուկի երկարությամբ (նկ. 3-39, ա):

էլեկտրամագնիսը միացնելիս մարման պրոցեսը ավելի քիչ արդյու-
նավետ է, քան անջատելիս, քանի որ միացման ժամանակ էլեկտրա-
մագնիսն ունի մեծ օղային բացակ, հետևաբար կունենա փոքր ժա-
մանակի հաստատուն:

Անջատման պահին տեղաշարժման ժամանակի մեծությունը կախ-
ված է կարճ միացված գալարի ակտիվ դիմադրությունից, վերջնական
 δ օղային բացակի և հակազդող մեխանիկական ուժերի մեծություն-
ներից: Ինչքան փոքր լինեն այդ մեծությունները, այնքան անջատման
տեղաշարժման ժամանակը կստացվի մեծ: Հետևաբար, փոխելով վերջ-

նական δ օղային բացակի (այսինքն՝ ոչ մագնիսական բովանդակի մե-
ծությունը), ինչպես նաև վերջնական հակազդող ուժերի մեծությունը,
կարելի է կարգավորել էլեկտրամագնիսի անջատման ժամանակը:

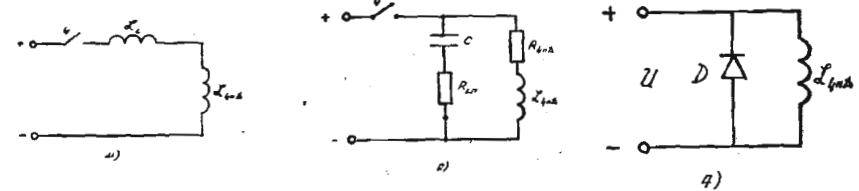
Մրրկային հոսանքները և նրանցից ստացված մագնիսական հոս-

քերը մեծացնելու նպատակով էլեկտրամագնիսի մագնիսական շղթան
պատրաստում են հոծ ֆերոմագնիսական նյութից, որն ունի փոքր տե-
սակարար էլեկտրական դիմադրություն: Այդ նպատակի համար մագնի-
սալարը պատրաստում են Θ 10 կամ 20 մակնիշների պողպատներից,
որոնց տեսակարար դիմադրությունը

$$\rho = (10-15) \cdot 10^{-6} \text{ Օհմ} \cdot \text{մ է:}$$

Երբեմն էլեկտրամագնիսի միացման տեղաշարժման ժամանակը
մեծացնելու նպատակով կիրառում են մի շարք էլեկտրական սխեմաներ
(նկ. 3-41, ա, բ, գ):

Նկ. 3-41, ա սխեմայում էլեկտրամագնիսի փաթույթին հաջորդա-
բար միացնում են ինդուկտիվ դիմադրություն, որի առկայությամբ ան-
ցողիկ ռեժիմում մեծանում է համակարգի ժամանակի հաստատունը,
իսկ հաստատված հոսանքի մեծությունը՝ մնում անփոփոխ:



Նկ. 3-41, ա, բ, գ

Անջատման տեղաշարժման ժամանակը մեծացնելու համար օգտա-
գործում են տարբեր սխեմաներ, որոնցից երկուսը բերված են նկ. 3-41,
գ, դ-ում: Նկ. 3-41, գ-ում էլեկտրամագնիսի կոճին զուգահեռ միացված
է $R_{\text{ը}}$ դիմադրությունը, իսկ նկ. 3-41, դ-ում՝ կիսահաղորդիչ փական:
Նկ. 3-41, բ սխեմայում տեղաշարժման անջատման ժամանակը
կարելի է որոշել հետևյալ բանաձևով.

$$t_{\text{տեղ.աջ}} = \frac{W^2}{R_{\text{ը}} + R_{\text{ը}}} \cdot \text{tg} \alpha \cdot \ln \frac{F_{\text{հ}}}{F_{\text{հ.ա}}}$$

Այստեղից երևում է, որ $t_{\text{տեղ.աջ}}$ -ն կլինի այնքան մեծ, ինչքան փոքր
է $R_{\text{ը}}$ -ը: էլեկտրամագնիսը միացնելիս $R_{\text{ը}}$ -ի փոքրացումը բերում է
նրանում էլեկտրաէներգիայի կորստի մեծացմանը: Նկ. 3-41, գ սխեման
զերծ է այդ թերությունից:

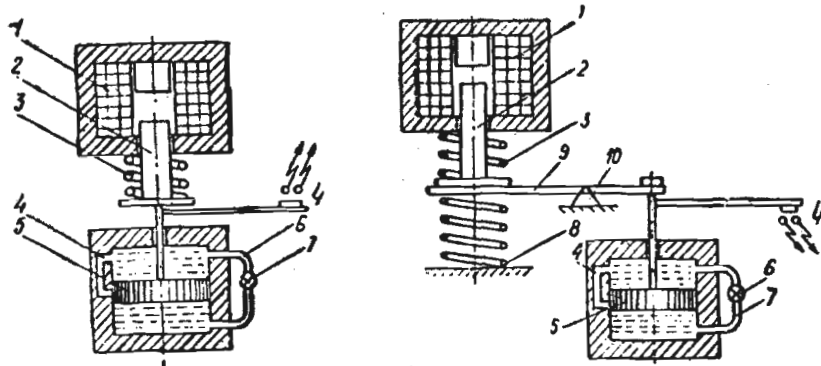
3-11. ՄԵԽԱՆԻԿԱԿԱՆ ՀԱՆԳՍՏԱՑՈՒՑԻՉ ԴԱՆՈՒՄ ԳՈՐԾՈՂ ԷԼԵԿՏՐԱՄԱԳՆԻՍՆԵՐ

էլեկտրամագնիսի բանեցման դանդաղեցմանը կարելի է հասնել
լրացուցիչ մեխանիկական հարմարանքներով՝ մեծացնելով խարիսխի

շարժման ժամանակը: Այդ պրոցեսը կոչվում է մեխանիկական դեմպֆինգում-հանգստացում (մարում):

Հայն կիրառություն են գտել յուղային, օդային ֆեկանիվներով և ժամացույցի մեխանիզմով դեմպֆերները (հանգստացուցիչները):

Նկ. 3-42, ա-ում բերված է յուղային դեմպֆերով էլեկտրամագնիսի կառուցվածքը, որն ունի կոշտ կապ: խարիսխը (2) կոշտ կապով միացված է մխոցին (5), որը շարժվում է յուղով լցված գլանի մեջ: Գլանի վերևի և ներքևի մասերը միացված են իրար խողովակով (6) փականի միջոցով (7):



Նկ. 3-42. Յուղային հանգստացուցիչով դանդաղագոյծ էլեկտրամագնիս

էլեկտրամագնիսի բանեցման դեպքում խարիսխը սեղմելով զսպանակին (3), ձգում է մխոցին, և յուղը վերևի խողովակով վերելվում է դեպի ներքևին: խարիսխի շարժման արագությունը կարելի է կարգավորել ասեղնավոր փականով, որը ներպտուտակելով փոխում է խողովակի կտրվածքը: Կրացուցիչ կանալը (4) պաշտպանում է կոնտակտը՝ միացման և անջատման պահին այրվելուց:

Կոնտակտների միացման դեպքում, փոքր տարածության վրա, երբ նրանց միջև կարող է առաջանալ էլեկտրական աղեղ, մխոցը բացում է կանալի ներքևի բացվածքը, և յուղը անարգել նրա միջով վերևի խողովակով վերելվում է ներքևին: Շարժական կոնտակտի արագությունը այդ դեպքում մեծանում է, և կոնտակտները արագ փակվում են:

խարիսխի և մխոցի վերադարձը ելման դրություն կատարվում է զսպանակի միջոցով (3):

Եթե անտեսենք շփման և իներցիոն ուժերը, ապա յուղային հանգստացուցիչներով համակարգի շարժման հավասարումը կունենա հետևյալ տեսքը.

$$P_3 = P_2 - P_1, \quad (3-2)$$

որտեղ $P_2 = CU^2$ -ին էլեկտրամագնիսի ձգող ուժն է,

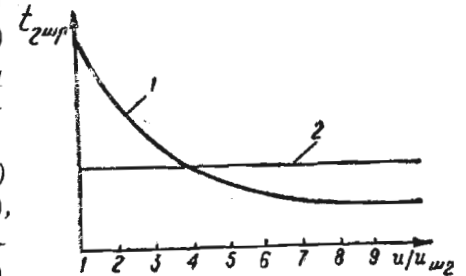
P_1 -ը՝ հանգստացնող ուժը:

Հանգստացնող ուժը համեմատական է k_x հանգստացման գործակցին: Հաշվի առնելով յուղի բաղադրությունը և մխոցի տեղաշարժման արագությունը՝ $P_1 = k_x dx/dt$ և տեղադրելով P_2 -ի արժեքը (3-2) հավասարման մեջ և լուծելով այդ հավասարումը t_{2ap} նկատմամբ, կստանանք.

$$t_{2ap} = k_x \frac{X}{CU^2 - P_1}, \quad (3-3)$$

որտեղ X -ը էլեկտրամագնիսի տեղաշարժման երկարությունն է սմ-ով: (3-3) բանաձևից երևում է, որ էլեկտրամագնիսի խարիսխի և յուղային մխոցի միջև կոշտ կապի դեպքում մեծ կարեկություն ունի ժամանակի կախվածությունը ցանցի լարումից, ընդ որում որքան մեծ է լարումը, այնքան մեծ է շարժման ժամանակը (Նկ. 3-43, 1 կորը):

Եթե հրաժարվենք խարիսխի (2) և մխոցի միջև կոշտ կապից (5) (Նկ. 3-42, ա), կարելի է ստանալ $t_{2ap} = f(U)$ (Նկ. 3-43, 2 կորը) անկախ բնութագիրը: խարիսխը (2) զսպանակի ազդեցության տակ (3) սեղմվում է երկկողմանի լծակին (9), որը կարող է պտտվել առանցքակալի մեջ (10): Երկկողմանի լծակը (9) սեղմվում է խարիսխին (2) զսպանակի միջոցով (8): Այդ (8) զսպանակի ուժը փոքր է զսպանակի ուժից (3):

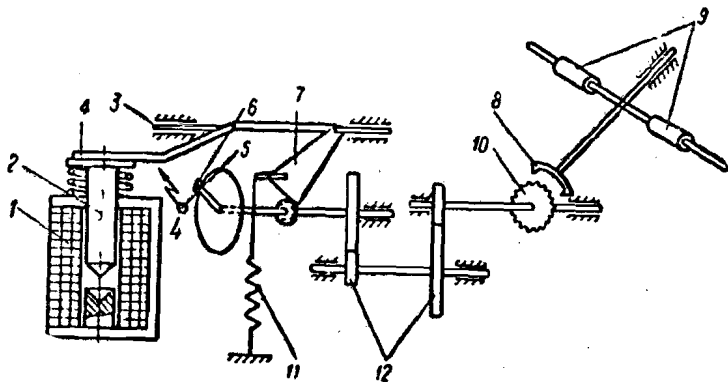


Նկ. 3-43.

Երկկողմանի լծակի առաջին ծայրը հողակապով միացված է մխոցի կոթին (5): էլեկտրամագնիսի (1) խարիսխը (2) ներքաշվելով միայն ազատում է սեղմված զսպանակին (8), որը բացվելով պտտեցնում է լծակը (9) ժամասլաքի ուղղությամբ և տեղափոխում հանդարտիչի մխոցը: էլեկտրամագնիսի խարիսխի իջեցման դեպքում զսպանակը (8) սեղմվում է խարիսխի քաշի և զսպանակի (3) ներգործության տակ: Նկ. 3-44-ում բերված է ժամացույցի մեխանիզմով էլեկտրամագնիսի կինեմատիկական սխեման:

էլեկտրամագնիսի (1) խարիսխի (2) ձգման դեպքում ազատվում է զսպանակը (11), որը ձգում է ատամնավոր սեկտորին (7): Վերջինս լծակով (4), կոշտ կապով ամրացված է լիսեռին (3): Մի քանի միջանկ-

յալ (12) ատամնավոր անիվներից հետո, ուժեղացումը տրվում է անկերային անվին, Անկերային բռնակը (9) սկսում է ճռճվել՝ մերթ թույլ տալով շարժվելու անկերային անվին և, հետևաբար, շարժական (6) կոնտակտին, մերթ փակելով ամբողջ մեխանիզմը: Շարժական կոնտակտի (6) շարժման ժամանակը, մինչև նրա կալնելը անշարժ (5) կոնտակտին, կախված կլինի անկերային բռնակի (9) իներցիայի մոմենտից, փոխանցման թվից, անկերային անվի ատամների թվից և շարժական ու անշարժ կոնտակտների միջև եղած տարածությունից:

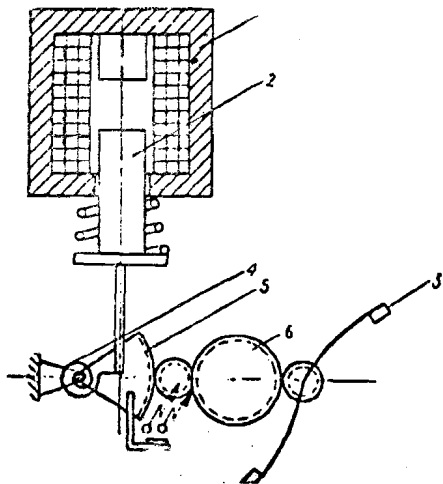


Նկ. 3-44.

Բեռիկների հեռացման և մոտեցման դեպքում փոփոխվում է անկերային բռնակի տատանման հաճախությունը և հենց դրանով էլ փոփոխվում է (6) կոնտակտի շարժման ժամանակը: Ժամացույցային մեխանիզմը ապահովում է բանեցման բարձր ճշգրտություն:

Էլեկտրամագնիսի էտոդային թևիկներով առաձգական կապ ունեցող մեխանիկական հանգրստացուցիչի սկզբունքային սխեման բերված է Նկ. 3-45-ում:

Ներքաշումից հետո էլեկտրամագնիսի (1) սեկտորը (5) զսպանակի ազդեցության տակ կտեղաշարժվի վերև և ատամնանիվի (6) միջոցով շարժումը կհաղորդի թևիկներին (3), որի հետևանքով առանցքների վրա կստեղծվի արգելակող ուժ՝ պտույտների քանակի քառակուսուն համեմատական



Նկ. 3-45.

3-12. ՓՈՓՈԽԱԿԱՆ ՀՈՍԱՆՔԻ ԷԼԵԿՏՐԱՄԱԳՆԻՍՆԵՐ

Ա. Էլեկտրամագնիսի աշխատանքի առանձնահատկությունները փոփոխական հոսանքի շրջաններում

Էլեկտրամագնիսները կարող են աշխատել (խարիսխը ձգել) ոչ միայն հաստատուն, այլև փոփոխական հոսանքով: Դա բացատրվում է նրանով, որ համաձայն $P_{\Sigma} = -F_{\Sigma}^2 / 2 \cdot d\Lambda_{\Sigma} / d\delta$ բանաձևի՝ էլեկտրամագնիսում ձգող ուժը համեմատական է մ. շ. ու.-ի քառակուսուն, նշանակում է փաթույթում՝ նույնպես:

Չնայած փոփոխական հոսանքը պարբերաբար փոփոխում է իր ուղղությունը, բայց էլեկտրամագնիսի ձգող ուժի նշանը մնում է անփոփոխ: Դրանում համոզվելու համար օգտվենք Մաքսվելի բանաձևից.

$$P_{\Sigma} = \Phi_{\Sigma}^2 / 2 \mu_0 S_{\Sigma} \quad (3-4)$$

Եթե էլեկտրամագնիսի կոճուռ հոսանքը փոփոխական է, ապա աշխատանքային բացակում առաջացած մագնիսական Φ_{Σ} հոսանքը կլինի փոփոխական, այսինքն.

$$\Phi_{\Sigma} = \Phi_{\Sigma, \max} \cdot \sin \omega t \quad (3-5)$$

Տեղադրելով (3-5) արտահայտությունը Մաքսվելի բանաձևի մեջ, կըստանանք.

$$P_{\Sigma} = P_{\Sigma, \max} \sin^2 \omega t, \quad (3-5)$$

որտեղ

$$P_{\Sigma, \max} = \Phi_{\Sigma, \max}^2 / 2 \mu_0 S_{\Sigma}$$

Ձգող ուժի կախվածությունը ժամանակից կունենա հետևյալ տեսքը (Նկ. 3-46):

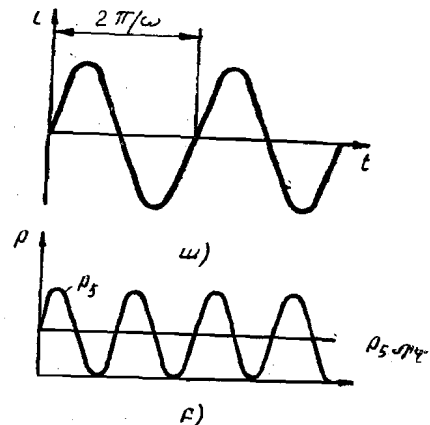
Էլեկտրամագնիսի խարիսխը կձգվի ձգող ուժի միջին արժեքով, այսինքն հաստատուն բաղադրիչով՝ $P_{\Sigma, \text{միջ}}$:

$P_{\Sigma, \text{միջ}}$ մեծությունը կարելի է որոշել (3-5) բանաձևով՝ տեղադրելով այնտեղ $\sin^2 \omega t = 0,5(1 - \cos 2\omega t)$:

$$\text{Ապա} \quad P_{\Sigma} = \frac{P_{\Sigma, \max}}{2} (1 - \cos 2\omega t) = P_{\Sigma, \text{միջ}} - P_{\Sigma, \sim},$$

որտեղ

$$P_{\Sigma, \text{միջ}} = \frac{P_{\Sigma, \max}}{2} = \frac{\Phi_{\Sigma, \max}^2}{4 \mu_0 S_{\Sigma}} \quad \text{ձգող ուժի հաստատուն}$$



Նկ. 3-46. Հոսանքի կախվածությունը կոճուռ (ω) և բարձային ուժի փոփոխական հոսանքի էլեկտրամագնիսում (P)

բաղադրիչն է, $P_{\text{բ.ա.}} \approx P_{\text{է.ա.}} / 2 \cdot \cos 2\omega t - \epsilon^*$ փոփոխական բաղադրիչը:

Ձգող ուժի հաստատուն բաղադրիչը փոփոխական հոսանքի էլեկտրամագնիսներում զգալիորեն փոքր է ստացվում, քան նույն չափի հաստատուն հոսանքի էլեկտրամագնիսներում:

Այսպես, եթե $\Phi_{\text{ա.ա.}} = \Phi_{\text{ա.}} \cdot \cos \omega t$, որտեղ $\Phi_{\text{ա.}} -$ ը աշխատանքային հոսքն է փաթույթում, հաստատուն հոսանքի դեպքում, (այսինքն էլնելով այն բանից, որ կոճը փոփոխական և հաստատուն հոսանքի դեպքում ունի միևնույն հագեցված միջուկը), ապա ձգող ուժի միջին արժեքը փոփոխական հոսանքի ժամանակ, համաձայն (3-4) բանաձևի, ստացվում է երկու անգամ փոքր, քան հաստատունի դեպքում:

Փոփոխական հոսանքի ձգող ուժի բնութագրի ձևը նույնպես տարբերվում է հաստատուն հոսանքի ձգող ուժի բնութագրի ձևից: Դա պայմանավորված է նրանով, որ փոփոխական հոսանքի մեծությունը էլեկտրամագնիսի կոճում կախված է ոչ միայն կոճի ակտիվ դիմադրությունից, ինչպես հաստատուն հոսանքի էլեկտրամագնիսներում, այլև նրա ինդուկտիվ դիմադրությունից, որը փոփոխվում է՝ կախված օդային բացակի ծ մեծությունից:

Հաստատուն հոսանքի ազդանշանի դեպքում կոճում հոսանքը կլինի՝

$$I = \frac{U}{R} = \text{const}$$

և կախված չէ խարիսխի վիճակից, իսկ փոփոխական հոսանքի ազդանշանի դեպքում կոճում հոսանքի գործող արժեքը կլինի՝

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + x^2}},$$

Ըստ $L = \Psi / 2 \approx W^2 / R_{\text{ա.}} = W^2 \Lambda_{\text{ա.}}$ բանաձևի՝ կոճի ինդուկտիվ դիմադրությունը կլինի՝ $x = \omega L = \omega W^2 \Lambda_{\text{ա.}}$, որի հետևանքով, համաձայն Մաքսվելի բանաձևի, հաստատուն հոսանքի էլեկտրամագնիսի ձգող ուժը աշխատանքի ժամանակ կտրուկ աճում է ($P_{\text{է.}} -$ ի կորը, նկ. 3-46), քանի որ այդ ժամանակ մեծանում է հոսքը՝ $\Phi = F \Lambda$, որտեղ $F = IW = \text{const}$, ապա փոփոխական հոսանքի դեպքում, ծ օդային բացակի փոքրացման հետևանքով ձգող ուժի մեծացումը բավականին փոքր է՝ մագնիսաշարժ ուժի փոքրացման պատճառով ($P_{\text{է.ա.}}$ կորը, նկ. 3-47): Եթե կարելի է կոճի ակտիվ դիմադրությունը նրա ինդուկտիվ դիմադրության համեմատ անտեսել, ապա նրա լրիվ մուտքային լարումը՝ $U_{\text{ա.}}$, կհավասարակշռվի միայն ինքնինդուկցիայի է. շ. ու. -ով՝ $U = \omega W \Phi$ (ցրումը անտեսում ենք), իսկ հոսքը կլինի՝ $\Phi = U / \omega W = \text{const}$, այսինքն հոսքը կախված չէ ծ օդային բացակից:

Մաքսվելի բանաձևի համաձայն, էլեկտրամագնիսի ձգող ուժի բնութագիրը այդ դեպքում կլինի հորիզոնական գիծ՝ $P_{\text{է.ա.}}$, $R=0$ (նկ. 3-47):

Այսպիսով, եթե էլեկտրամագնիսի կոճը սնվում է հաստատուն հոսանքով, ապա բնութագրվում է հետևյալ պայմաններով.

$$U = \text{const}, \quad I = \text{const}, \quad \Phi = \text{Var},$$

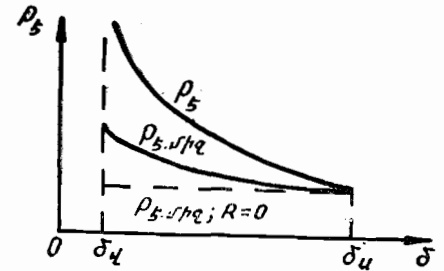
իսկ փոփոխական հոսանքի էլեկտրամագնիսին բնորոշ է հակառակը՝

$$\Phi = \text{const}, \quad I = \text{Var},$$

Այսպիսով, մենք պարզեցինք, որ փոփոխական հոսանքի էլեկտրամագնիսի քարշային բնութագրի ձևը կախված է կոճի ինդուկտիվ դիմադրության չափից լրիվ դիմադրության մեջ: Այստեղից հետևում է, որ փոփոխական հոսանքի էլեկտրամագնիսի քարշային բնութագիրը կախված է կոճի միացման սխեմայից: Կոճին հաջորդաբար միացված լրացուցիչ $Z_{\text{լ.}}$ դիմադրության ժամանակ քարշային բնութագիրը ոչ միայն կլինի ներքև, ինչպես հաստատուն հոսանքի դեպքում, այլ կիջնի որոշ չափով թեք (նկ. 3-47): Եթե $Z_{\text{լ.}} \rightarrow \infty$, ապա փոփոխական հոսանքի էլեկտրամագնիսի քարշային բնութագիրը մոտենում է հաստատուն հոսանքի քարշային բնութագրին:

Մինչև հիմա մեզ հետաքրքրում էր փոփոխական հոսանքի էլեկտրամագնիսի քարշային ուժի միջին արժեքը: Սակայն ինչպես տեսանք, նրա ակնթարթային արժեքը հավասար չէ միջին արժեքին: Այն ժամանակի ընթացքում հաստատուն չէ, բաբախում է կրկնակի 2ω հաճախությամբ և մուտքային ազդանշանի ընթացքում երկու անգամ անցնում է զրո արժեքով: Դրա համար էլ էլեկտրամագնիսի խարիսխը հակազդող ուժերի շնորհիվ կարող է թրթռալ՝ պարբերաբար հեռացվելով միջուկից: Խարիսխի թրթռոցը վերացնելու համար փոփոխական հոսանքի էլեկտրամագնիսներում օգտագործում են կարճ միացված գալար:

Հաստատուն հոսանքի էլեկտրամագնիսները փոփոխական հոսանքի էլեկտրամագնիսների հետ համեմատած ունեն նվազագույն պարամետրեր, քանի որ նույն չափերի դեպքում առաջացնում են փոքր ձգող ուժ, ունեն փոքր զգայունություն, և պարամետրերը կայուն չեն: Չնայած փոփոխական հոսանքը բավականին շատ է տարածված, քան հաստատունը, համեմայն դեպս տեխնիկայում հիմնականում օգտագործում են հաստատուն հոսանքի էլեկտրամագնիսներ:



Նկ. 3-47. Փոփոխական հոսանքի էլեկտրամագնիսի քարշային բնութագիրը

Մասնավորապես, փոփոխական հոսանքի շղթաներում հարմար է փոփոխական հոսանքի էլեկտրամագնիսի փոխարեն օգտագործել հաստատուն հոսանքի էլեկտրամագնիսներ՝ լրացուցիչ մուտքային ուղղիչով:

Բ. Փոփոխական հոսանքի ուղեի խարսխի թրթռոցի վերացման պայմանները

Խարսխի թրթռոցը վերացվում է երեք ճանապարհով՝

1) ծանրացված խարսխի միջոցով, 2) բազմաֆազ էլեկտրամագնիսների օգտագործմամբ, 3) կարճ միացված գալարի (էկրանի) օգտագործմամբ, որն ընդգրկում է միջուկի կտրվածքի $1/3$ մասը:

1. Ծանրացված խարսխի դեպքում թրթռոցը բացակայում է, քանի որ խարսխի մեծ իներցիայի շնորհիվ այն չի կարող վիբրացիայի ենթարկվել Ձ առաջադրությամբ, այսինքն չի կարողանում հասցնել հեռանալ միջուկից ժամանակի այն պահին, երբ հոսանքն անցնում է 0 արժեքով:

Քանի որ խարսխի չափերի մեծացումը իջեցնում է էլեկտրամագնիսի զգայունությունը և մեծացնում նրա կշիռը, ապա այս եղանակը օգտագործվում է հազվադեպ:

2. Բազմաֆազային էլեկտրամագնիսը սովորաբար լինում է երկֆազ կամ եռաֆազ: Բաղկացած է երկու կամ երեք էլեկտրամագնիսներից, որոնք սնվում են միմյանց նկատմամբ փուլային շեղում ունեցող հոսանքներով և ունեն մեկ ընդհանուր խարսխ: Քանի որ հոսանքը ժամանակի տարբեր պահերին անցնում է 0 արժեքով, խարսխի վրա ազդող գումարային ուժը երբեք չի հավասարվի 0-ի, իսկ համապատասխան փուլային շեղման ընտրության դեպքում ընդհանրապես մնում է հաստատուն:

Եթե երկու էլեկտրամագնիսների փաթույթներում գոյություն ունի հոսանքի շեղում $\pi/2$ -ով, ապա երկֆազ էլեկտրամագնիսի գումարային ձգող ուժը ստացվում է հաստատուն, այսինքն փոփոխական բաղադրիչներ չի պարունակում, ապա, ըստ (3-4) բանաձևի, այդ դեպքում գումարային ձգող ուժը կլինի՝

$$P'_z = P_{z1} + P_{z2} = P_{z1\cos} \sin^2 \omega t + P_{z2\cos} \sin^2 (\omega t + \pi/2)$$

և, երբ

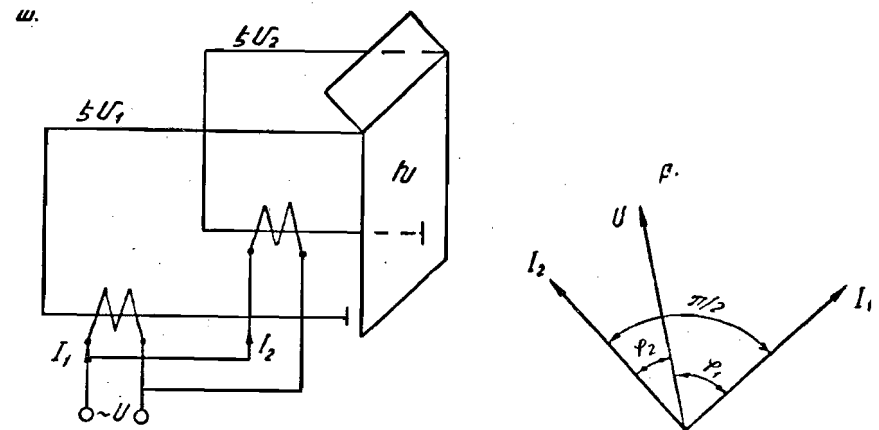
$$P_{z1\cos} = P_{z2\cos} = P_{z\cos} \text{ կլինի հավասար}$$

$$P_z = P_{z\cos} (\sin^2 \omega t + \cos^2 \omega t) = P_{z\cos} = \text{const},$$

որտեղ

$$P_{z\cos} = \Phi_{\cos}^2 / 2 \mu_0 S_{\text{էլ}}^2$$

Նկատենք, որ այստեղ, ինչպես և փոփոխական հոսանքի էլեկտրամագնիսներում ձգող ուժը ստացվում է 2 անգամ փոքր, քան հաստատուն հոսանքի էլեկտրամագնիսներով: Երկֆազային էլեկտրամագնիսները աշխատում են մի մուտքային լարումով, որը տրվում է երկու էլեկտրամագնիսների զուգահեռ փաթույթներին, ընդ որում հոսանքների միջին փուլային շեղում ստանալու համար փաթույթներից մեկին հաջորդաբար միացնում են կոնդենսատոր (նկ. 3-48):



Նկ. 3-48. Երկֆազ էլեկտրամագնիս.

ա) համակարգի սկզբունքային սխեման, բ) կոճի հոսանքների վեկտորական դիագրամը

Եռաֆազ էլեկտրամագնիսի փաթույթները սնվում են եռաֆազ հոսանքի աղբյուրից: Փաթույթներում հոսանքի սիմետրիկ համակարգի դեպքում, երբ նրանք մեծությամբ հավասար են և շեղված են ըստ փուլի 120° -ով, ապա ձգող ուժը ըստ (3-4) բանաձևի կլինի՝

$$P_z = P_{z1} + P_{z2} + P_{z3} = 3/2 P_{z\cos} + P_{z\cos}/2 \cdot [\cos 2\omega t + \cos 2(\omega t + 2\pi/3) + \cos 2(\omega t + 4\pi/3)] = 3/2 \cdot P_{z\cos} = \text{const},$$

$$(\omega t + 2/3 \cdot \pi) + \cos 2(\omega t + 4/3 \cdot \pi)] = 3/2 \cdot P_{z\cos} = \text{const},$$

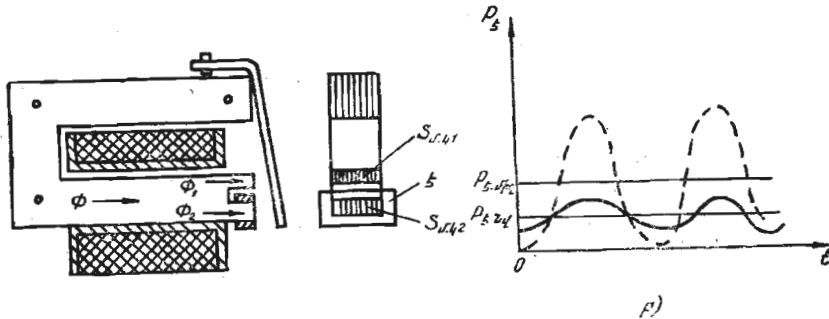
այսինքն ժամանակի ընթացքում այն հաստատուն է, քանի որ միմյանցից 120° -ով շեղված երեք հարմոնիկաների ակնթարթային գումարը հավասար է 0-ի: Եռաֆազ էլեկտրամագնիսները օգտագործվում են միայն որպես ուժային ապարատներ:

Թրթռոցի վերացման մյուս մեթոդը էկրանի օգտագործումն է (նկ. 3-49), որը վերջին ժամանակներս լայն տարածում է գտել:

Կարճ միացված գալարի դեպքում այն է, որ միջուկի ծայրը բաժանվում է երկու մասի, որից մեկը ընդգրկվում է կարճ միացված գալարով:

րով (էկրանով), որում առաջացած հոսքը խանգարում է հիմնական զալարի ստեղծած հոսքի փոփոխմանը: Ուստի Φ_2 փոփոխական հոսքնքը, որն անցնում է $S_{\mu 1}$ միջուկի ծայրի մասով, ըստ փուլի ետ է մնում $S_{\mu 2}$ ծայրի միջուկ փակվող հոսքից:

Արդյունքում, խարխսի վրա ազդում են երկու մագնիսական հոսքեր, որոնք շեղված են ըստ փուլի: Երկու հոսքերի շնորհիվ ստեղծված գումարային ձգող ուժը հավասար կլինի՝



Նկ. 3-49. Կարն միացված զալարով փոփոխական հոսանքի էլեկտրամագնիսական ռելե.

ա) մագնիսական համակարգի էսքիզը, բ) ձգող ուժի փոփոխման գրաֆիկը՝ կախված ժամանակից (կետագծերով էկրանի բացակայության ժամանակ)

$$P_z = P_{z1} + P_{z2} = \frac{\Phi_{1\omega n}^2}{2\mu_0 S_{\mu 1}} \cdot \sin^2 \omega t + \frac{\Phi_{2\omega n}^2}{2\mu_0 S_{\mu 2}} \sin^2 (\omega t - \varphi) = P_{z,avg} + P_{z,\sim}, \quad (3-6)$$

$$P_{z,avg} = \frac{P_{z,1\omega n} + P_{z,2\omega n}}{2},$$

$$P_{z,\sim} = \frac{P_{z,1\omega n} \cos 2\omega t + P_{z,2\omega n} \cos 2(\omega t - \varphi)}{2},$$

$$P_{z,1\omega n} = \frac{\Phi_{1\omega n}^2}{2\mu_0 S_{\mu 1}},$$

$$P_{z,2\omega n} = \frac{\Phi_{2\omega n}^2}{2\mu_0 S_{\mu 2}};$$

Միշտ $P_{z,\sim} \neq 0$, քանի որ երկու հոսքերն էլ անցնում են 0 արժեքով ժամանակի տարբեր պահերին (նկ. 3-48, բ):

Փոփոխական բաղադրիչը լրիվ վերացնելու համար անհրաժեշտ է՝ ա) որպեսզի $P_{z,1\omega n} = P_{z,2\omega n}$ կամ համաձայն (3-6) բանաձևի՝

$$\frac{\Phi_{1\omega n}^2}{\Phi_{2\omega n}^2} = \frac{S_{\mu 1}}{S_{\mu 2}},$$

բ) որպեսզի Φ_1 և Φ_2 հոսքերի միջև փուլային շեղման անկյունը կազմի

$$\varphi = \pi/2:$$

Երկրորդ պայմանը լրիվ իրագործելը հնարավոր չէ, քանի որ φ -ն կարող է հավասար լինել $\pi/2$ -ին միայն այն ժամանակ, երբ կարճ միացված զալարի դիմադրությունը հավասարվի 0-ի: Գործնականում $\varphi = 60^\circ - 80^\circ$: Այդ դեպքում ձգող ուժը պարունակում է փոփոխական բաղադրիչ:

էկրանի առկայության դեպքում ձգող ուժի միջին արժեքը ավելի փոքր է, քան էկրանի (կարճ միացված զալար) բացակայության դեպքում (նկ. 3-49):

Գ. Փոփոխական հոսանքի էլեկտրամագնիսի հաշվարկի առանձնահատկությունները

Փոփոխական հոսանքի էլեկտրամագնիսների հաշվարկի հերթականությունը նույնն է, ինչ որ հաստատուն հոսանքի էլեկտրամագնիսներին: Սկսում են նույն նախնական հաշվարկից, որը թույլատրում է մագնիսալարի շափերը: Տարբերությունը միայն այն է, որ օղային բացակի ինդուկցիայի $B_{\omega, \omega n}$ մեծությունը վերցնում են նրանց ամպլիտուդային արժեքով, այսինքն վերցնում են $\sqrt{2P_{z, \omega n}/\delta_d}$ տեսքով: Դրանով հաշվի է առնվում, որ նույն էլեկտրամագնիսը հաստատուն հոսանքի դեպքում կստեղծի կրկնակի ուժ, քան փոփոխականը մագնիսալարի հազեցվածության միևնույն արժեքի դեպքում:

Փոփոխական հոսանքի էլեկտրամագնիսների $l_{\omega n}/h_{\omega n}$ օպտիմալ հարաբերությունը փոքր է, քան հաստատուն հոսանքի էլեկտրամագնիսներինը, որի շնորհիվ կոճերը ստացվում են կարճ և հարմար: Դա բացատրվում է նրանով, որ փոփոխական հոսանքի էլեկտրամագնիսներում գոյություն ունեն մուտքի աղղանշանի հզորության կորուստներ մրրկային հոսանքի և մագնիսալարի վերամագնիսացման վրա, որոնք համեմատական են մագնիսալարի ծավալին: Այդ կորուստները փոքրացնելու համար պետք է փոքրացնել միջուկի երկարությունը, այսինքն՝ $l_{\omega n}$ -ը: Այդպիսի փոքրացման սահմանը պայմանավորված է փաթույշ-

թում պղնձի կորուստներով: Եվ իրոք, փաթույթի կարճացման ժամանակ այն մեծանում է համաչափ ընդլայնական, որը նույն գալարի միջին երկարության մեծացման հետևանքով առաջ է բերում փաթույթի ակտիվ դիմադրության մեծացում: $I_{\text{հոգ}}/I_{\text{հոգ}}$ օպտիմալ նշանակությունը, որը համապատասխանում է հզորությունների գումարային կորուստների նվազագույնին, արդյունքում ստացվում է փոքր, քան հաստատուն հոսանքի էլեկտրամագնիսներում, որտեղ գոյություն ունեն միայն պղնձի կորուստներ:

Էլեկտրամագնիսի վերջնական հաշվարկը կատարելիս հաշվի են առնվում հոսանքի և մագնիսաշարժ ուժի կորուստները: Սակայն փոփոխական հոսանքի էլեկտրամագնիսի դեպքում անհրաժեշտություն է ստեղծվում որոշելու մոտեքային ազդանշանի հզորության կորուստը մագնիսալարում և էկրանում $P_{\text{է.է.}},$ վերամագնիսացման $P_{\text{վ}}$ և մրրկային հոսանքի $P_{\text{ս}}$ պատճառով. $P_{\text{է.է.}} = P_{\text{է.է.}} + P_{\text{վ}} + P_{\text{ս}}$:

$P_{\text{է.է.}}$ -ի մեծությունը որոշվում է էկրանի հոսանքով և նրա դիմադրությամբ, իսկ $P_{\text{վ}}$ և $P_{\text{ս}}$ հետևյալ բանաձևերով՝

$$P_{\text{վ}} = \sigma_{\text{վ}} \frac{f B^2}{100} V_{\text{պղ}} \gamma, \text{ վտ.}$$

$$P_{\text{ս}} = \sigma_{\text{ս}} \left(\frac{f B_{\text{հոգ}}}{100} \right)^2 V_{\text{պղ}} \gamma, \text{ վտ.}$$

որտեղ՝

$$B_{\text{հոգ}} [\text{վ. վ/մ}^2 = \text{Տեսլա}] \cdot, f (\text{պար/վ}) \text{Հց,}$$

$V_{\text{պղ}}$ -ը՝ մագնիսալարի ծավալը, մ³,

γ -ն՝ մագնիսալարի նյութի տեսակարար դիմադրությունը,

$\sigma_{\text{վ}}$ -ը և $\sigma_{\text{ս}}$ -ը էլեկտրական գործակիցներ են, որոնք կախված են նյութից և նրա հաստությունից:

Քանի որ $P_{\text{ս}}$ և $P_{\text{վ}}$ կախված են $B_{\text{հոգ}}$ ինդուկցիայից, ապա նրանք մագնիսալարի տարբեր մասերում տարբեր են, հետևաբար վերամագնիսացման և մրրկային հոսանքների կորուստները պետք է որոշել այնպես, ինչպես որ հաշվում են մագնիսալարի մագնիսացնող ուժերի կորուստները հաջորդական գումարումներով:

Փոփոխական հոսանքի էլեկտրամագնիսի մագնիսալարում ակտիվ հզորության կորուստի հետևանքով փաթույթի հաշվարկը ստացվում է ավելի բարդ, քան հաստատուն հոսանքինը:

Էլեկտրամագնիսի փաթույթի գալարների թիվը որոշվում է հետևյալ բանաձևով՝

որտեղից՝

$$U_{\text{հոգ}} = \omega W \Phi_{\text{հոգ}},$$

$$W = \frac{U_{\text{հոգ}}}{\omega \Phi_{\text{հոգ}}},$$

Իսկ հաղորդալարի տրամագիծը, հաշվի առնելով տաքացումը, որոշվում է լրիվ հոսանքով.

$$I = \sqrt{I_{\text{հոգ}}^2 + I_{\text{ս}}^2},$$

որտեղ $I_{\text{հոգ}}$ -ը հոսանքի կորուստն է,

$I_{\text{ս}}$ -ն՝ մագնիսացնող հոսանքը:

Փոփոխական հոսանքի էլեկտրամագնիսի փոխարինման էլեկտրական սխեման բերված է նկ. 3-50-ում:

Եթե նկատի չառնենք լարման անկումը կոճի ակտիվ R դիմադրության և ցրման հոսքի վրա, ապա համաձայն նկ. 3-50-ի, հոսանքի կորուստը կլինի՝

$$I_{\text{հոգ}} = \frac{P_{\text{է.է.}}}{U_{\text{հոգ}}},$$

Մագնիսացնող հոսանքը՝ $I_{\text{ս}}$, հիշատակվում է մագնիսաշարժ ուժի միջոցով.

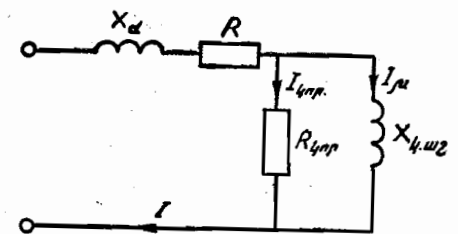
$$I_{\text{ս}} = \frac{F}{W},$$

որտեղ՝ F -ը որոշվում է մագնիսական շղթայի հաշվարկից:

Եթե մագնիսաշարժ ուժի կորուստները հաշվի չառնենք՝

$$I_{\text{ս}} = \frac{\Phi_{\text{հոգ}}}{W \Delta_{\text{հոգ}}},$$

Կարճ միացված գալարով էլեկտրամագնիսի նախնական հաշվարկը կարելի է կատարել առանց էկրանը (կարճ միացված գալարը) հաշվի առնելու, իսկ վերջնական հաշվարկի ժամանակ պետք է նկատի ունենալ (նկ. 3-49, բ):



Նկ. 3-50. Փոփոխական հոսանքի էլեկտրամագնիսի փոխարինման սխեման.

R -ը կոճի ակտիվ դիմադրությունն է, $X_{\text{կաշ}}$ -ը՝ կոճի ինդուկտիվ դիմադրությունը պայմանավորված աշխատանքային հոսքով, $X_{\text{դ}}$ -ն՝ կոճի ինդուկտիվ դիմադրությունը պայմանավորված ցրման հոսքերով, $R_{\text{կոր}}$ -ը՝ կոճի ակտիվ դիմադրությունը՝ պայմանավորված մագնիսալարում եղած կորուստներով

Այդ դեպքում խարիսխի տատանումները վերացնելու համար անհրաժեշտ է, որպեսզի P_{Σ} գերազանցի $P_{\Sigma 0}$ հակազդող ուժին:

Կարճ միացված գալարով էլեկտրամագնիսի հաշվարկի առանձնահատկությունն այն է, որ անհրաժեշտ է հաշվել այդ գալարը և ընտրել $S_{\Sigma 1}/S_{\Sigma 2}$ հարաբերությունը: Որոշիչը այստեղ P_{Σ} ամենամեծ արժեքի ստացումն է, քանի որ նա ինքն է համեմատվում $P_{\Sigma 0}$ -ի հետ, որով և որոշվում է կոճի մագնիսաշարժ ուժը:

$S_{\Sigma 2}/S_{\Sigma 1} = 2 \div 4$ -ը օպտիմալ հարաբերությունն է:

Ինչպես տեսանք $S_{\Sigma 2}$ -ի կտրվածքը, որը ընդգրկված է կարճ միացված գալարով, վերցվում է ավելի մեծ, քան $S_{\Sigma 1}$ -ը:

Փոփոխական հոսանքի էլեկտրամագնիսի ժամանակի պարամետրը հաշվարկելիս տեղաշարժման ժամանակը անտեսում ենք, քանի որ այն ընդհանրապես չի գերազանցում մուտքի լարման $1/4$ ժամանակահատվածին, այսինքն շատ փոքր է, քան հաստատուն հոսանքի էլեկտրամագնիսներին:

ՉՈՐՐՈՐԳ ԳԼՈՒԽ

ԲԵՎԵՌԱՅՎԱԾ, ՄԱԳՆԵՍԱԷԼԵԿՏՐՈՄԱԿԱՆ ԵՎ ՋԵՐՄԱՑԻՆ ՌԵԼԵՆԵՐ

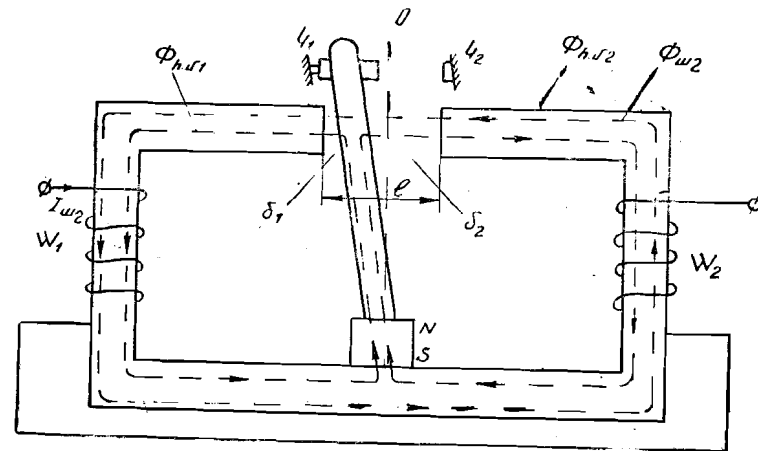
4-1. ԲԵՎԵՌԱՅՎԱԾ ԷԼԵԿՏՐՈՄԱԳՆԵՍԱԿԱՆ ՌԵԼԵՆԵՐ

Բևեռացված էլեկտրամագնիսական ռելեները չեզոք էլեկտրամագնիսական ռելեներից տարբերվում են նրանով, որ այստեղ գործում են իրարից անկախ երկու մ. շ. ու.-ներ: Այդ մ. շ. ու.-ներից մեկը ստեղծվում է հաստատուն մագնիսից՝ $P_{\Sigma 0}$ կամ էլ հաստատուն հոսանքի էլեկտրամագնիսներից, որը սնվում է հաստատուն հոսանքի անկախ աղբյուրից, իսկ մյուսը ստեղծվում է ռելեի հիմնական աշխատանքային փաթույթից, որը միացված է լինում այն կառավարման շղթային, որի աշխատանքի ուժիմը պետք է հսկել:

Բևեռացված ռելեի աշխատանքի սկզբունքը պարզելու համար գծենք այդ ռելեի մագնիսական շղթայի էսքիզը (նկ. 4-1) և ցույց տանք այդ երկու անկախ հոսքերը, որոնք ստեղծվում են աշխատանքի ընթացքում:

Ռելեն աշխատում է հետևյալ կերպ. աշխատանքային շղթայում, երբ $I_{\Sigma 2} = 0$ -ի, գործում է միայն $\Phi_{\Sigma 1}$ և $\Phi_{\Sigma 2}$ բևեռացված հոսքը, որը առաջանում է հաստատուն մագնիսից: Քանի որ $\delta_1 = \delta_2$ և $\Phi_{\Sigma 1} = \Phi_{\Sigma 2}$, ապա խարիսխը պետք է կանգնի չեզոք դիրքում, այսինքն 0 կետում:

Երբ աշխատանքային փաթույթին տալիս ենք հոսանք, ապա համակարգում առաջանում է աշխատանքային հոսք՝ $\Phi_{\Sigma 2}$: Այդ հոսքի հիմնական մասը փակվում է ամբողջ օղային բացակով ($\delta_1 + \delta_2$) և միջուկով: Աշխատանքային հոսք հայտնվելիս, բացակներից մեկում կունենանք հոսքերի գումար, իսկ մյուսում՝ հոսքերի տարբերություն:



Նկ. 4-1. Բևեռացված ռելեի մագնիսական շղթան

Մեր օրինակում (նկ. 4-1), δ_1 բացակում գումարային հոսքը կլինի՝

$$\Sigma \Phi_1 = \Phi_{\Sigma 2} + \Phi_{\Sigma 1},$$

δ_2 բացակում գումարային հոսքը կլինի՝

$$\Sigma \Phi_2 = \Phi_{\Sigma 2} - \Phi_{\Sigma 1},$$

Այսպիսի պայմաններում խարիսխը կձգվի, և կփակվի χ_1 կոնտակտը: Աշխատանքային փաթույթի բևեռականությունը փոխելուց հետո գումարային հոսքը կարտահայտվի հետևյալ կերպ.

$$\delta_1 \text{ բացակում գումարային հոսքը կլինի՝ } \Sigma \Phi_1 = \Phi_{\Sigma 2} - \Phi_{\Sigma 1},$$

$$\delta_2 \text{ բացակում գումարային հոսքը կլինի՝ } \Sigma \Phi_2 = \Phi_{\Sigma 2} + \Phi_{\Sigma 1},$$

այսինքն խարիսխը կձգվի աջ, և կփակվի χ_2 կոնտակտը:

Բևեռացված ռելեների առանձնահատկությունները

Բևեռացված էլեկտրամագնիսական ռելեները սովորական չեզոք ռելեների հետ համեմատած ունեն հետևյալ առանձնահատկությունները՝

1. ուղղված գործողություն, այսինքն աշխատանքային փաթույթում հոսքի ուղղությունը փոխելիս խարիսխի պատող մոմենտի նշանը փո-

փոխվում է, որի հետևանքով խարիսխը մի դիրքից տեղափոխվում է մյուսը:

2. Մեծ զգայունություն, որը որոշվում է փոքր բանեցման հզորությամբ:

$$P_{\text{բառ}} = 10^{-3} \text{ վտ:}$$

3. Մեծ ջերմակայունություն, որը որոշվում է թուլատրելի երկարատև հոսանքի հարաբերությամբ նրա նվազագույն բանեցման հոսանքին:

$$K_{\text{թ}} = \frac{I_{\text{թ.հր}}}{I_{\text{նվ.բառ}}},$$

4. Արագ գործողություն. բանեցման ժամանակը հավասար է 2 միլ:

Բևեռացված ուղեղները մեծ կիրառություն ունեն ուղեղական պաշտպանության, ավտոմատիկայի, հեռուստամեխանիկայի, կապի, հեռախոսի, հեռագրի սխեմաներում, երկաթգծի ազդանշանային համակարգերում և ընդհանրապես այն դեպքերում, երբ պահանջվում է բարձր զգայնություն, արագ գործողություն և հոսանքի կամ լարման բևեռականության արագ որոշում:

4.2. ԲԵՎԵՐԱՑՎԱԾ ԷԼԵԿՏՐԱՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆ ՌԵԼԵՆԵՐԻ ՀԱՇՎԱՐԿԸ

Բևեռացված ուղեղների հաշվարկի ժամանակ անհրաժեշտ է նկատի ունենալ հետևյալ պահանջները.

ա) կոնտակտների ճնշումը, երբ աշխատանքային փաթույթով հոսանք չի անցնում, այն պետք է լինի 0,03—0,05 Ն, որը պայմանավորված է հաստատուն մագնիսի կամ էլեկտրամագնիսի $\Phi_{\text{հ.ս}}$ հոսքով, բ) ուղեղն պետք է ունենա բարձր զգայունություն, գ) աշխատանքային փաթույթի ջերմակայունությունը՝ $K_{\text{թ}}$ -ն պետք է լինի մեծ, դ) բանեցման ժամանակը պետք է լինի նվազագույն, ե) բևեռացված ուղեղն պետք է պատրաստել այնպես, որ հնարավոր լինի կարգավորել նրա պարամետրերը:

Բևեռացված էլեկտրամագնիսական ուղեղի հաշվարկելու ժամանակ որոշվում են հետևյալ մեծությունները.

ա) ուղեղի գումարային ձգող ուժը, երբ աշխատանքային փաթույթով հոսանք չի անցնում, բ) ձգող ուժը՝ հոսանքի առկայության դեպքում, գ) նվազագույն բանեցման հզորությունը, որի դեպքում խարիսխը տեղափոխվում է մի կոնտակտից մյուսը:

1. Որոշենք ձգող ուժը, երբ աշխատանքային փաթույթով հոսանք չի անցնում:

Ձախ մասի հոսքը (նկ. 4-2) նշանակենք Φ_1 .

$$\Phi_1 = \Phi_{\text{աշ}} + \Phi_{\text{հ.ս1}},$$

աջ մասի հոսքը նշանակենք Φ_2

$$\Phi_2 = \Phi_{\text{աշ}} - \Phi_{\text{հ.ս2}}$$

ձգող ուժը կլինի՝

$$P_{\text{է1}} = \frac{0,5 \cdot \Phi_1^2}{\mu_0 S}, \text{ Ն,}$$

$$P_{\text{է2}} = \frac{0,5 \cdot \Phi_2^2}{\mu_0 S}, \text{ Ն,}$$

գումարային ուժը կլինի՝

$$P_{\text{գում.}} = P_{\text{է1}} - P_{\text{է2}},$$

գումարային ուժը, որը ազդում է կոնտակտի վրա՝

$$P_{\text{գում.}} = P_{\text{է1}} - P_{\text{է2}} = 0,5 \frac{(\Phi_1^2 - \Phi_2^2)}{\mu_0 S}, \text{ Ն:} \quad (4-1)$$

Գումարային ուժը արտահայտենք հաստատուն մագնիսի $\Phi_{\text{հ.ս}}$ հոսքով, որի համար գծենք համակարգի տեղակայման սխեման՝ արհամարհելով միջուկի մագնիսական դիմադրությունը (նկ. 4-3):

$$\frac{\Phi_{\text{հ.ս1}}}{\Lambda_{\text{հ.ս1}}} = \frac{\Phi_{\text{հ.ս2}}}{\Lambda_{\text{հ.ս2}}},$$

$$\frac{\Phi_{\text{հ.ս1}} \cdot \delta_1}{\mu_0 S} = \frac{\Phi_{\text{հ.ս1}} \cdot \delta_2}{\mu_0 S},$$

$$\Phi_{\text{հ.ս1}} \cdot \delta_1 = \Phi_{\text{հ.ս2}} \cdot \delta_2$$

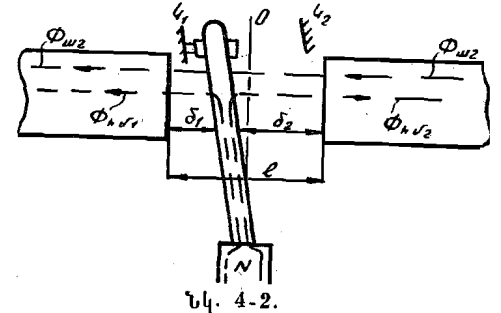
$$\Phi_{\text{հ.ս1}} = \Phi_{\text{հ.ս2}} \frac{\delta_2}{\delta_1}, \quad \Phi_{\text{հ.ս2}} = \Phi_{\text{հ.ս1}} \frac{\delta_1}{\delta_2}$$

$$\Phi_{\text{հ.ս}} = \Phi_{\text{հ.ս1}} + \Phi_{\text{հ.ս2}} = \Phi_{\text{հ.ս1}} + \Phi_{\text{հ.ս1}} \frac{\delta_1}{\delta_2} = \Phi_{\text{հ.ս1}} \left(\frac{\delta_2 + \delta_1}{\delta_2} \right) =$$

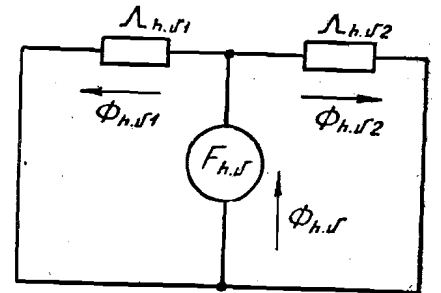
$$= \Phi_{\text{հ.ս1}} \frac{l}{\delta_2},$$

$$l = \delta_2 + \delta_1,$$

նույն ձևով կորոշենք $\Phi_{\text{հ.ս2}}$ -ը՝



Նկ. 4-2.



Նկ. 4-3. Համակարգի տեղակայման սխեման

$$\Phi_{i,2} = \Phi_{i,1} \frac{\delta_1}{l}, \quad \text{եթե տեղադրենք (4-1) հավասարման մեջ, կստանանք}$$

$$P_{\text{գուս}} = 0,5 \frac{\Phi_{i,1}^2}{\mu_0 S} \cdot \frac{\delta_2 - \delta_1}{l} \cdot \eta,$$

այսինքն ստացանք, որ կոնտակտների ճնշումը կախված է հաստատուն մագնիսի հոսքից:

2. Որոշենք բեկոացված էլեկտրամագնիսի գումարային ձգող ուժը աշխատանքային փաթույթում հոսանքի առկայության դեպքում:

Եթե աշխատանքային փաթույթով հոսանք է անցնում, առաջանում է մի հոսք ևս՝ $\Phi_{\omega 2}$

$$\Phi_1 = \Phi_{i,1} + \Phi_{\omega 2}, \quad \Phi_2 = \Phi_{i,2} - \Phi_{\omega 2}.$$

Քանի որ ունենք երկու հոսք, ապա պետք է լինի երկու ձգող ուժ՝

$$P_{\epsilon 1} = 0,5 \frac{\Phi_1^2}{\mu_0 S}, \quad \eta, \quad P_{\epsilon 2} = 0,5 \frac{\Phi_2^2}{\mu_0 S}, \quad \eta,$$

Գումարային ուժը կլինի հավասար նրանց տարբերությանը՝

$$P_{\text{գուս}} = P_{\epsilon 1} - P_{\epsilon 2} = \frac{0,5}{\mu_0 S} (\Phi_1^2 - \Phi_2^2), \quad \eta,$$

Որոշենք Φ_1 -ը և Φ_2 -ը.

$$\Phi_1 = \frac{\Phi_{i,1} \delta_2}{l} - 2 F_{\omega 2} \Lambda_l, \quad \Phi_2 = \frac{\Phi_{i,2} \delta_1}{l} - 2 F_{\omega 2} \Lambda_l,$$

տեղադրենք Λ_l խարժեքը, կստանանք՝

$$\Phi_1 = \frac{\Phi_{i,1} \delta_1}{l} + 2 F_{\omega 2} \frac{\mu_0 S}{l}, \quad \Phi_2 = \frac{\Phi_{i,2} \delta_1}{l} - 2 F_{\omega 2} \frac{\mu_0 S}{l},$$

Այս երկու հոսքերի արժեքները բարձրացնենք քառակուսի և տեղադրենք (4-1) հավասարման մեջ

$$P_{\epsilon 1} = \frac{0,5}{\mu_0 S} \cdot \Phi_1^2, \quad \eta, \quad P_{\epsilon 2} = \frac{0,5}{\mu_0 S} \cdot \Phi_2^2, \quad \eta,$$

$$P_{\text{գուս}} = P_{\epsilon 1} + P_{\epsilon 2} = \frac{0,5}{\mu_0 S} (\Phi_1^2 - \Phi_2^2), \quad \eta,$$

$$P_{\text{գուս}} = 0,5 \frac{\Phi_{i,1}}{l} \left[\frac{\Phi_{i,1}}{\mu_0 S} (\delta_2 - \delta_1) - 4 F_{\omega 2} \right], \quad \eta,$$

Այս բանաձևը ցույց է տալիս, որ գումարային ձգող ուժը բաղկացած է երկու բաղադրիչներից: Առաջին բաղադրիչը կոչվում է արգելակող, իսկ երկրորդը՝ կառավարող, ընդ որում

$$P_{\text{գուս}} = P_{\omega \epsilon} - P_{\text{կառ}},$$

որտեղ

$$P_{\omega \epsilon} = 0,5 \frac{\Phi_{i,1}^2}{\mu_0 S} \cdot \frac{\delta_2 - \delta_1}{l}, \quad \eta,$$

$$P_{\text{կառ}} = 0,5 \frac{\Phi_{i,1}}{l} \cdot 2 F_{\omega 2}, \quad \eta,$$

Այս երկու ուժերի մեծությունը կախված է նաև հաստատուն մագնիսից: Նախած սրանցից որն է մեծը, խարիսխը կթեքվի աջ կամ ձախ: Այս երկու ուժերից որոշենք բանեցման Ամպեր-գալարները՝ ընդունելով, որ $P_{\omega \epsilon} = P_{\text{կառ}}$, ապա

$$0,5 \frac{\Phi_{i,1}^2}{\mu_0 S} \cdot \frac{\delta_2 - \delta_1}{l} = 0,5 \frac{\Phi_{i,1}}{l} \cdot 2 F_{\omega 2}, \quad \eta,$$

այստեղից

$$F_{\omega \omega} = \frac{\Phi_{i,1} (\delta_2 - \delta_1)}{2 \mu_0 S}, \quad \text{Ա:}$$

Այս մեծությունը հիմնականում կախված է հաստատուն մագնիսի հոսքից:

3. Որոշենք բանեցման հղորդությունը: Բանեցման հղորդությունը որոշելու համար նախ գտնենք բանեցման Ամպեր-գալարները:

$$0,5 \frac{\Phi^2}{\mu_0 S l} (\delta_2 - \delta_1) = 0,5 \frac{\Phi_{i,1}}{l} \cdot 4 F_{\omega 2}, \quad \eta$$

$$F_{\omega \omega} = \frac{\Phi_{i,1} (\delta_2 - \delta_1)}{4 \mu_0 S}, \quad \text{Ա}$$

$$P_{\omega \omega} = \left(\frac{F_{\omega \omega}}{W} \right)^2 R = I_{\omega \omega}^2 R,$$

որտեղ R -ը փաթույթի ակտիվ դիմադրությունն է.

$$R = \rho \frac{l_{\text{սղ}} W}{\pi d^2 / 4} = \rho \frac{l_{\text{սղ}} \cdot W^2}{K_{\text{սղ}} \cdot h_4 \cdot l_4} = K W^2,$$

$$P_{\omega \omega} = F_{\omega 2}^2 \cdot K,$$

4. Որոշենք բեկոացված ռելեի բանեցման ժամանակը: Բեկոացված ռելեի բանեցման ժամանակը կազմված է երկու բաղադրիչներից.

$$t_{\text{բան}} = t_{\text{տեղ}} + t_{\text{շար}}, \text{ վ}^2$$

որտեղ

$t_{\text{տեղ}}$ -ը խարիսխի տեղաշարժման ժամանակն է,

$t_{\text{շար}}$ -ը՝ խարիսխի շարժման ժամանակը:

ա) Տեղաշարժման ժամանակը որոշվում է (4-2) արտահայտությամբ:

Կոճը հաստատուն հոսանքի աղբյուրին միացնելուց հետո ունենք

$$i = I_s \left(I_s \cdot e^{-\frac{T}{L}} \right), \quad (4-2)$$

որտեղ

i -ն ունի աշխատեցնող հոսանքն է, I_s -ը՝ հաստատված հոսանքը,

T -ն՝ մագնիսական համակարգի հաստատված ժամանակը:

(4-2) հավասարումից կարող ենք գրել՝

$$t_{\text{տեղ}} = T \ln I_s / i - i: \quad (4-3)$$

(4-3) բանաձևից պարզ երևում է, որ տեղաշարժման ժամանակը հիմնականում կախված է ժամանակի հաստատուն մեծությունից. $T = L/R$,

$$L = W^2 \sigma \Lambda_{\omega 2}, \quad \sigma = \frac{\Lambda_{\omega 2} + \Lambda_s + \Lambda_d}{\Lambda_{\omega 2}}, \quad \Lambda_{\omega 2} = \mu_0 \frac{S}{l},$$

որտեղ՝ $R = kW^2$.

k -ն կոնստրուկտիվ գործակից է, որը և ընդունվում է 1,3-ից մինչև 3:

Դիտարկենք երեք տեսակի մագնիսական համակարգերի ժամանակի հաստատունը.

1. Աշխատանքային փաթույթով համակարգի համար ժամանակի հաստատունը կլինի՝

$$T = \frac{L}{R} = \frac{W^2 \sigma \mu_0 S}{l k W^2} = \sigma \frac{\mu_0 S}{l k},$$

2. Երկու աշխատանքային փաթույթով և մագնիսական կապով համակարգի համար ժամանակի հաստատունը կլինի՝

$$T = 2 \sigma \frac{\mu_0 S}{l k},$$

3. Երկու աշխատանքային փաթույթով և մագնիսական կապ չունեցող համակարգի համար ժամանակի հաստատունը կլինի՝

$$T = \sigma \frac{\mu_0 S}{l k},$$

բ) Շարժման ժամանակը ($t_{\text{շար}}$) հաշվելիս պետք է հաշվի առնել, որ խարիսխի շարժման ընթացքում աշխատանքային փաթույթում հոսանքի հակազդող ուժի մեծությունը փոփոխվում է.

$$t_{\text{շար}} = \sqrt{\frac{2 m x}{P_t - P_s}}, \text{ վ},$$

որտեղ՝

m -ը խարիսխի զանգվածն է,

x -ը՝ խարիսխի փոփոխվող քայլը:

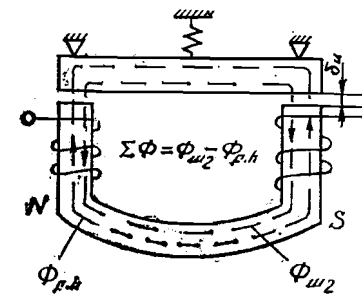
4-8. ԲԵՎԵՌԱՅՎԱԾ ՌԵԼԵՆԵՐԻ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԸ

Ըստ մագնիսական շղթայի կառուցվածքի, բեռացված ուղեղները բաժանվում են երեք խմբի.

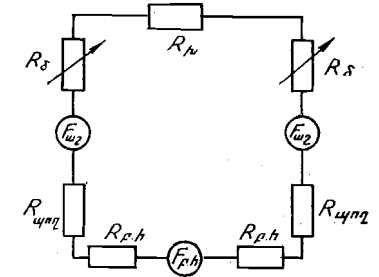
1. հաջորդաբար, 2. զուգահեռ կամ դիֆերենցիալ, 3. կամրջակային:

1. Հաջորդաբար մագնիսական շղթայով բեռացված ուղեղներ

Այս տիպի բեռացված ուղեղներում աշխատանքային $\Phi_{\omega 2}$ և բեռացնող $\Phi_{\text{բե}}$ հոսքերը անցնում են միևնույն ճանապարհով, այսինքն ունեն մի ընդհանուր մագնիսական շղթա: Այս տիպի ուղեղի էսքիզը և տեղակայման սխեման բերված են նկ. 4-4-ում և նկ. 4-5-ում:



Նկ. 4-4. Հաջորդաբար մագնիսական շղթայով բեռացված ուղեղ



Նկ. 4-5. Համակարգի տեղակայման սխեման

Ինչպես երևում է գծագրից, բ խարիսխի դեպքում, երբ ունենք սկզբնական δ_0 օդային բացակ, աշխատանքային $\Phi_{\omega 2}$ և բեռացված $\Phi_{\text{բե}}$ մագնիսական հոսքերը ուղղված են հակառակ: Էլեկտրամագնիսի փաթույթի բեռնականությունը փոխելիս, կփոխվի աշխատանքային հոսքի

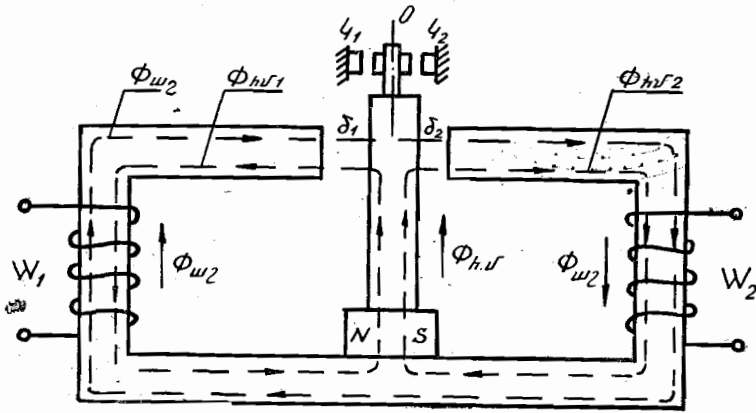
ուղղութիւնը, այդ դեպքում (Φ_{m2} և Φ_{p2}) հոսքերը ուղղված կլինեն միևնույն ուղղութիւնով, և խարիսխը կձգվի բևեռի կողմից:

$$\Sigma \Phi = \Phi_{m2} + \Phi_{p2}$$

Հաջորդաբար մագնիսական շղթայով ունեի կարգավորումը կատարվում է հետադարձ զսպանակի միջոցով: Այս տիպի բևեռացված ունեներն ունեն մի շարք թերութիւններ, որոնցից գլխավորն այն է, որ աշխատանքային հոսքը անցնելով հաստատուն մագնիսով, նրան ապամագնիսացնում է, որի հետևանքով անհրաժեշտութիւն է ստեղծվում մեծացնելու հաստատուն մագնիսի ծավալը, բացի այդ հաստատուն ֆագնիսի նյութի մագնիսական թափանցելիութիւնը շատ ավելի փոքր է, քան էլեկտրամագնիսի միջուկի մագնիսական թափանցելիութիւնը: Միջուկը պատրաստում են փափուկ պողպատից, որի մագնիսական թափանցելիութիւնը՝ μ -ն մեծ է, իսկ հաստատուն մագնիսինը՝ կարծր նյութից, որի μ -ն փոքր է: Այս պատճառով էլ աշխատանքային հոսքը անցնելով հաստատուն մագնիսով, առաջացնում է մ. շ. ու.-ի մեծ ծախս, որը փոքրացնում է ունեի զգայունութիւնը, այդ իսկ պատճառով էլ հաջորդաբար միացված մագնիսական շղթայով բևեռացված ունեները շատ քիչ են օգտագործվում:

2. Զուգահեռ մագնիսական շղթայով բևեռացված ունեներ

Այս տիպի ունեի էսքիզը և տեղակայման սխեման ունեն հետևյալ տեսքը՝ նկ. 4-6, նկ. 4-7 և սրանց խարիսխը տեղադրված է էլեկտրամագնիսի երկու բևեռների միջև:



Նկ. 4-6. Զուգահեռ մագնիսական շղթայով բևեռացված ունե

Հաստատուն մագնիսից առաջացած $\Phi_{c,1}$ հոսքը անցնելով խարիսխի միջով, ճյուղավորվում է երկու մասի՝ $\Phi_{c,1}$ և $\Phi_{c,2}$:

Աշխատանքային փաթույթից ըստացված Φ_{m2} հոսքի մեծ մասն անցնում է օդային բացակներով և նրա միայն մի փոքր մասը անցնում խարիսխով (զծագրի վրա ցույց չի տրված), այդ պատճառով էլ հոսքի այդ շնչին մասը հաշվարկներում անտեսում ենք:

Խարիսխը և մագնիսը պատրաստում են կարծր պողպատից, որն ունի մագնիսական շատ մեծ դիմադրութիւն:

Եթե դիտենք նկ. 4-6 էսքիզը, ապա կտեսնենք, որ խարիսխը շարժվում է աջ և Ψ_2 կոնտակտը՝ փակվում, այսինքն

$$\Phi_2 = \Phi_{m2} + \Phi_{c,2}$$

$$\Phi_1 = \Phi_{m2} - \Phi_{c,1}$$

իսկ երբ փոխենք աշխատանքային փաթույթի բևեռականութիւնը, ապա խարիսխը կտեղափոխվի ձախ և կմիանա Ψ_1 կոնտակտը, այսինքն այս դեպքում

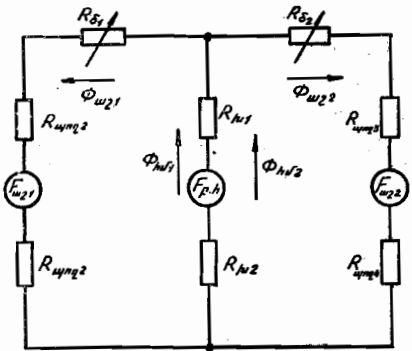
$$\Phi_1 = \Phi_{m2} + \Phi_{c,1}$$

$$\Phi_2 = \Phi_{m2} - \Phi_{c,2}$$

Այսպիսի ունեներում խարիսխը զրոյական դիրքում չի մնում և միշտ կոնտակտներից մեկն ու մեկը փակ վիճակում է լինում:

Զուգահեռ միացման սխեման համեմատած հաջորդաբար միացված սխեմայի հետ ավելի կատարելագործված է, քանի որ այստեղ ձգող ուժը որոշվում է մի բացակում հոսքի տարբերութիւնով, իսկ մյուսում՝ նրանց գումարով: Այսինքն խարիսխը գտնվում է երկու ձգող ուժերի ազդեցութիւնի տակ, որոնք ունեն տարբեր ուղղութիւններ:

Զուգահեռ միացվող մագնիսական շղթան ունի սկզբունքային թերութիւններ, որոնցից կարելի է նշել այն, որ այս համակարգերում հնարավոր չէ լրիվ առանձնացնել աշխատանքային և բևեռացնող հոսքերի ճանապարհը: Այդ հոսքերը կարելի է առանձնացնել՝ օգտագործելով կամրջակային մագնիսական շղթաներ, որոնք ներկայումս ամենապատարելագործված բևեռացված ունեներն են:

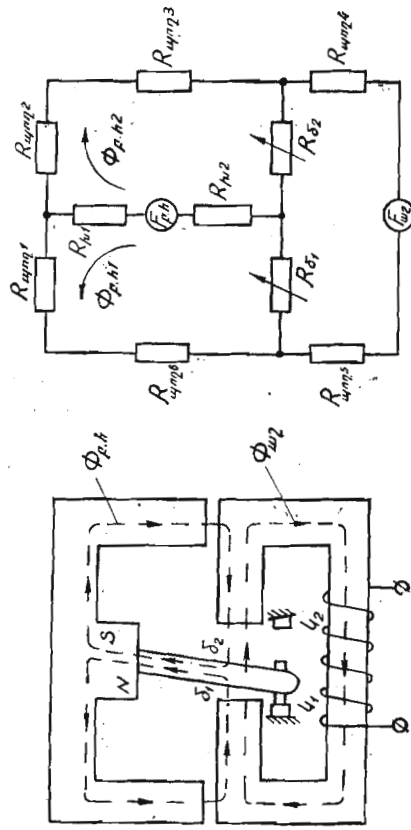


Նկ. 4-7. Համակարգի տեղակայման սխեման

8. Կամրջակային մագնիսական-շղթայով բևեռացված էլեկտրամագնիսական ուղեներ

Այս տիպի ուղեներում խարիսխը նույնպես գտնվում է երկու ձգող ուժերի ազդեցության տակ, որոնք ուղղված են տարբեր ուղղություներով: Այդ տեսակետից այս ուղեի-աշխատանքը նման է զուգահեռ սխև-մայով ուղեի աշխատանքին, միայն այն տարբերությամբ, որ այստեղ աշխատանքային և բևեռացնող հոսքերը առանձնացված են և իրար հետ հանդիպում են միայն օդային բացակում:

Այս տիպի ուղեի էսքիզը և տեղակայման սխեման ունի հետևյալ տեսքը (նկ. 4-8, 4-9):



Նկ. 4-8. Կամրջակային մագնիսական շղթայով բևեռացված ուղե

Նկ. 4-9. Համակարգի տեղակայման սխեմա

Աշխատանքային և բևեռացնող հոսքերի առանձնացումը այս համակարգում իրականացվում է օդային բացակով կամ էլ ոչ մագնիսական միջադիրով:

Աշխատանքային $\Phi_{\text{ա}}$ հոսքը հաստատուն մագնիսով չի անցնում և նրան չի ապամագնիսացնում, որը բերում է ուղեի հեշտ կարգավորման և զգայնության մեծացման:

Բևեռացված ուղեի աշխատանքային շղթան կազմող մագնիսալարի նյութը մեծ ազդեցություն է թողնում նրա բնութագրի, զգայնության, աշխատանքի կայունության և բանեցման ժամանակի վրա: Քանի որ բանեցման պահին խարիսխը անցնում է փոքր ճանապարհ (օդային բացակը փոքր է), ապա ցանկալի է, որ մագնիսալարը պատրաստվի մեծ մագնիսական թափանցելիություն և փոքր կոերցիտիվ ուժ ունեցող նյութից:

Ամենատարածված նյութերը պերմալոյթ և $\odot$ մարկայի էլեկտրատեխնիկական պողպատն է, որոնցից պատրաստում են բևեռացված ուղեներ: Ռեզիստենցիայի ժամանակը փոքրացնելու նպատակով ուղեի մագնիսալարը պատրաստում են շերտավոր պողպատից:

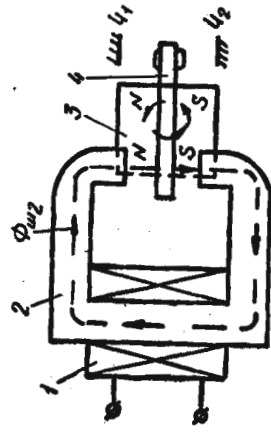
Բևեռացված ուղեները ըստ աշխատանքային փաթեթի թվի լինում են՝

- ա) մեկ աշխատանքային փաթեթով,
- բ) երկու աշխատանքային փաթեթով, որոնք իրար հետ մագնիսական կապ ունեն,
- գ) երկու աշխատանքային փաթեթով, որոնք իրար հետ մագնիսական կապ չունեն:

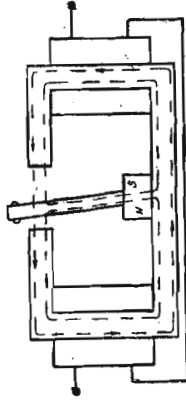
Երկու և ավելի աշխատանքային փաթեթով ուղեները ավելի զգայուն են, քան մեկ փաթեթովը, իսկ բանեցման ժամանակի տեսակետից՝ նվազագույն ժամանակ ունեն մեկ կամ երկու անկախ փաթեթով ուղեները:

Բևեռացված ուղեների խարիսխները կարող են կարգավորվել աշխատանքի տարբեր դիրքերում:

Նկ. 4-10-ում, 4-11-ում, 4-12-ում բերված են վերոհիշյալ երեք տեսակի բևեռացված ուղեների էսքիզները՝ 1. աշխատանքային փաթեթով, 2. աշխատանքային մագնիսական շղթան, 3. հաստատուն մագնիս, 4. խարիսխ:



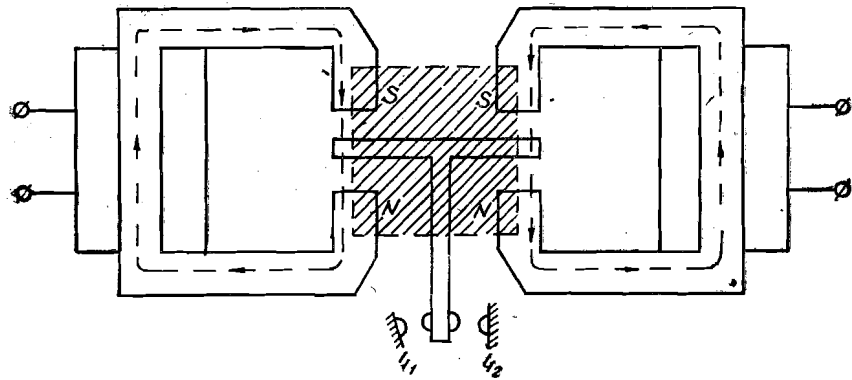
Նկ. 4-10. Մեկ աշխատանքային փաթեթով բևեռացված ուղե



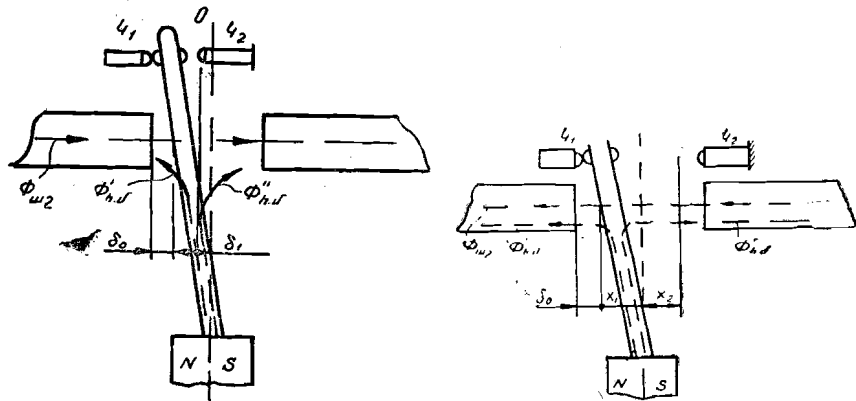
Նկ. 4-11. Երկու աշխատանքային փաթեթով բևեռացված ուղե, որով մագնիսական կապ ունեն

Բևեռացված ուղեները ըստ խարիսխի դիրքի կարող են լինել՝
 ա) երկդիրքանի ուղե, միակողմանի գործողությամբ (նկ. 4-13),
 բ) երկդիրքանի ուղե, երկկողմանի գործողությամբ (նկ. 4-14),
 գ) եռդիրքանի ուղե (նկ. 4-15):

Երկդիրքանի ուղեներում խարիսխը չեզոք գծից աշ չի անցնում, երբ աշխատանքային հոսքը $\Phi_{\text{ա}} = 0$ -ի, ապա փակվում է $\Phi_{\text{հ}}$ կոնտակտի տեղի վրա, որ $\Phi_{\text{ա}} > \Phi_{\text{հ}}$: Եթե աշխատանքային փաթեթով բաց

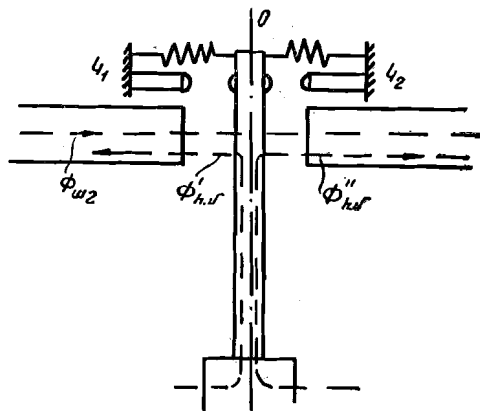


Նկ. 4-12. Երկու աշխատանքային փաթույթով բեռնացված ռելե, որոնք մագնիսական կապ չունեն



Նկ. 4-13. Երկդիրքանի ռելեի էսքիզը

Նկ. 4-14. Երկկողմանի գործողությամբ երկդիրքանի ռելեի էսքիզը



Նկ. 4-15. Նոդիրքանի ռելեի էսքիզը

թողնենք այնպիսի հոսանք, որից ստացված Φ_{ω_2} -ի ուղղությունը համընկնի Φ_{ω_1} -ի ուղղության հետ, ապա այդ դեպքում խարիսխը կշարժվի Ψ_2 կոնտակտի կողմը (նկ. 4-13):

Երկկողմանի գործողության դեպքում, երբ աշխատանքային հոսքը $\Phi_{\omega} = 0$ -ի, այս դեպքում խարիսխը կարող է փակի կամ Ψ_1 և կամ էլ Ψ_2 կոնտակտը (նկ. 4-14):

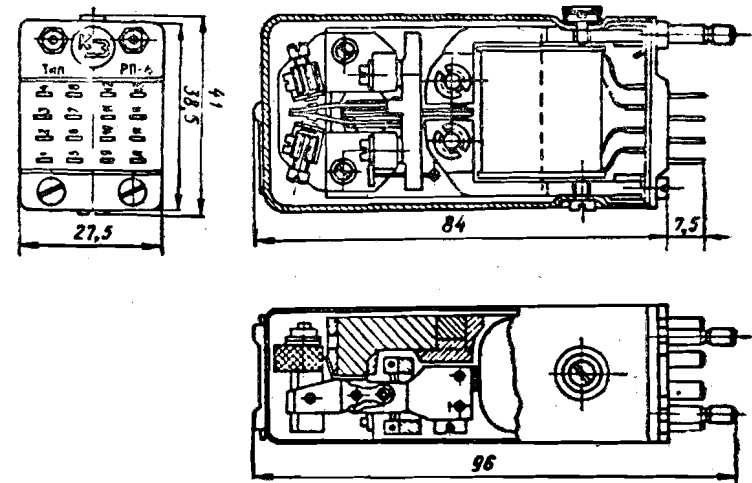
Նոդիրքանի ռելեի դեպքում խարիսխը նուրբ զսպանակների միջոցով ամրացվում է այնպես, որ այն մնա շեղոք դիրքում (նկ. 4-15):

4.4. ՐՈՄԵՍԱԿԻ ԲԱՐՁՐԱԶԳԱՅՈՒՆ ԲԵՎԵՌԱՅՎԱԾ ՌԵԼԵ

ՐՈՄ, փոքրաչափ բարձրազգայուն բեռնացված ռելեները պատրաստում են չորս տարբերակներով՝ ՐՈՄ-3, ՐՈՄ-4, ՐՈՄ-5 և ՐՈՄ-7 (նկ. 4-16):

Այս ռելեները աշխատում են -40° -ից մինչև $+50^\circ \text{C}$ ջերմաստիճանային պայմաններում: Ռելեի մագնիսական շղթան պատրաստված է կամրջակային սխեմայով:

Կառավարող մագնիսական հոսքը ուղղված է խարիսխի լայնքով, իսկ բեռնացնողը՝ նրա երկարությամբ:



Նկ. 4-16. ՐՈՄ տեսակի փոքրաչափ բեռնացված ռելե

Ռելեն հավաքված է հիմքի վրա ալյումինե ձուլվածքից, որտեղ ամրացված է Γ -աձև հաստատուն մագնիսը, որը պատրաստված է ալյումին-նիկելային պողպատից, բեռնային ծայրապանակով:

РП-3 և РП-4 տիպի ռելեները երկդիրքանի են, ունեն խարիսխի մագնիսական բլոկացումով շեղոք կառավարում:

Կոնտակտները շեղոք դիրքի նկատմամբ տեղակայված են սիմետրիկ: Հոսանքի միացումից հետո ռելեի խարիսխը թեքվում և պահվում է այն բևեռի մոտ, որի կողմից որ այն ձգվում է:

РП-3 ռելեն РП-4-ից տարբերվում է նրանով, որ ունի բանեցման մեծ մ. շ. ու. և կոնտակտային մեծ ճնշում:

РП-3 ռելեն երկդիրքանի է: Երբ փաթույթում հոսանքը բացակայում է, խարիսխը գտնվում է շեղոք դիրքում: Այս երեք տիպի ռելեների կառուցվածքը նույնն է, բայց РП-5 ռելեն տարբերվում է РП-4 և РП-5 ռելեններից խարիսխի կախովի զսպանակի հաստությունով: РП-7 ռելեն երկդիրքանի է, կոնտակտներից մեկի նկատմամբ սեղմման առավելությամբ: РП-7 ռելեի փաթույթում հոսանքի բացակայության ժամանակ խարիսխը միշտ հպված է աջ կոնտակտին: РП-4 և РП-5 ռելեններում բանեցման մ. շ. ու.-ն գտնվում է 1-4 Ա սահմաններում, իսկ РП-7 ռելեում՝ $4 \div 10$ Ա: РП-4 ռելեի բանեցման հզորությունը հավասար է $0,012 \div 0,16$ մվտ-ի, կոնտակտային սեղմող ուժը հոսանքի բացակայության դեպքում հավասար է $13 \div 25$ մն, իսկ РП-7 ռելեում՝ $40 \div 70$ մն:

Շատ մեծ զգայունության պատճառով РП-4 և РП-5 ռելենների բանեցման մ. շ. ու.-ն նորմալ պայմաններում անկայուն է և տատանվում է:

Բևեռացված ռելենների պարամետրերի անկայունությունը բացատրվում է ռելեի առանձին մասերի աննկատ տեղաշարժումով և մագնիսական համակարգում օդային բացակի և կոնտակտների դիրքի փոփոխությունով:

Այս ռելենների մեծ մասի բանեցման $I_{բան}$ հոսանքը $0,045 \div 0,18$ մԱ է, ժամանակը՝ $3 \div 5$ մվ, աշխատանքի առավելագույն հաճախությունը՝ 200 Հց:

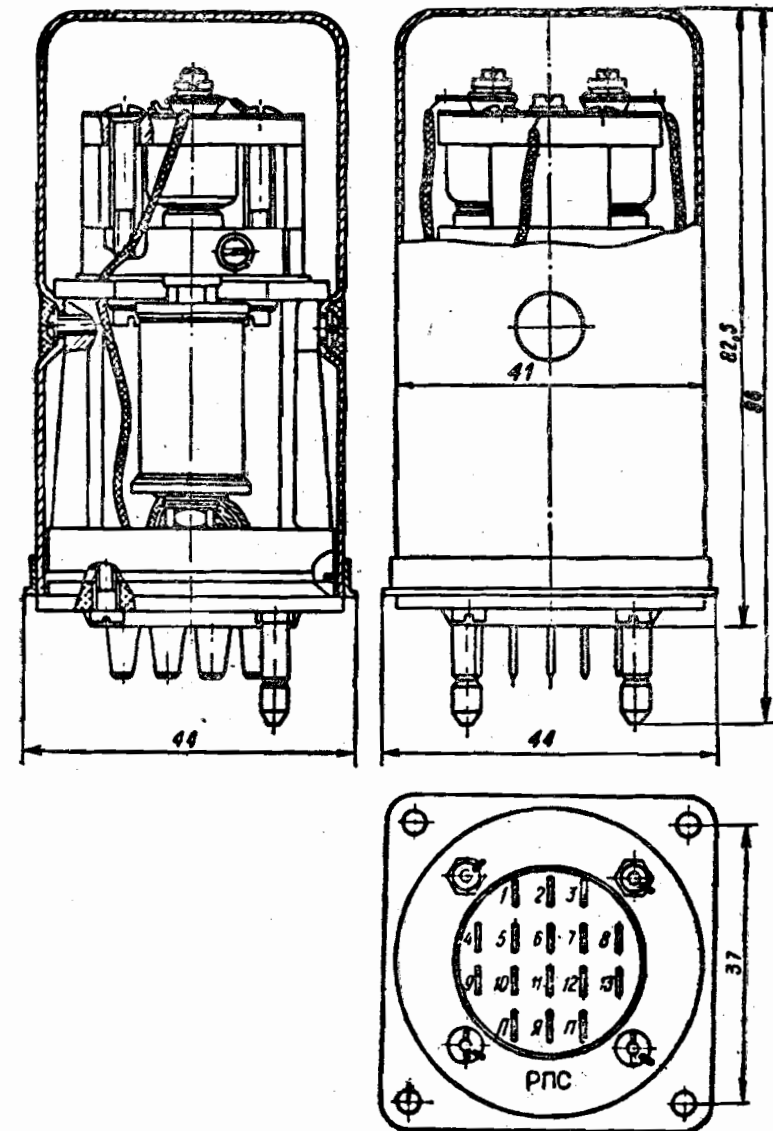
Կոնտակտների անվանական ակտիվ բեռնվածությունը 0,2 Ա, 24 վ է, մաշվածությունը 10^7 միացում և ամեն մի 10^6 միացումից հետո պետք է կարգավորել:

Ռելեն պաշտպանված է փոշուց և մեխանիկական հարվածներից, ունի հանովի ալյումինե կափարիչ:

Ռելեի չափերն են՝ $27,5 \times 41 \times 84$ մմ, քաշը՝ $1,7 \div 2,2$ ն:

4-5. РПС ՏԵՍԱԿԻ ԲԱՐՁՐԱԶԳԱՅՈՒՆ ՌԵԼԵ

РПС ռելենները նախատեսված են 60-ից մինչև 70°C ջերմաստիճաններում աշխատելու համար (նկ. 4-17):



Նկ. 4-17. РПС տեսակի բևեռացված ռելե

Ռեկեի մագնիսական շղթան կազմված է երկկամրջակային սխեմայով: Բեկեացնող մագնիսական հոսքը անցնում է խարիսխի երկարությամբ, իսկ կառավարողը՝ լայնությամբ:

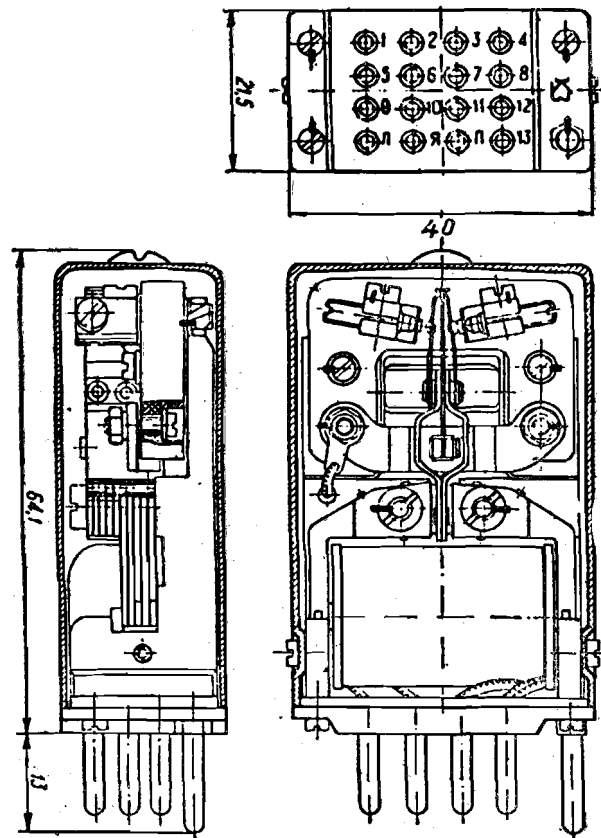
Կոնտակտները պատրաստում են $\Pi_1 P_{\text{г}}-10$ համաձուլվածքից: ՐՊС-5 տիպի ռեկեի համար բանեցման հզորությունը $0,007 \div 0,066$ մՎտ է, աշխատանքի առավելագույն հաճախությունը՝ 100 Հց:

Կոնտակտի բեռնվածությունը 0,2 Ա է, մաշակայունությունը՝ $4 \cdot 10^6$ միացում:

Ռեկեի չափերն են՝ $44 \times 44 \times 88,5/96$ մմ, քաշը՝ $2,2 \div 2,5$ ն:

4-6. ՐՊС-11 ՏԵՍԱԿԻ ԲԱՐՁՐԱԶԳԱՅՈՒՆ ՌԵԼԵ

ՐՊС-11 ռեկեն նախատեսված է -40° -ից մինչև 50°C ջերմաստիճաններում աշխատելու համար (նկ. 4-18): ՐՊС-11 ռեկեի մագնիսա-



Նկ. 4-18. ՐՊС-11 տեսակի բեռնացված ռեկե

կան համակարգը նույնն է, ինչ որ ՐՊ ռեկեինը, միայն այն տարբերությամբ, որ խարիսխն ունի այլ կառուցվածքային կախում: Խարիսխը զոդված է հարթ կախովի զսպանակի վրա, որն աշխատում է ծռումով և մի ծայրով ամրացված է սիլիումինից պատրաստված կանգնակին:

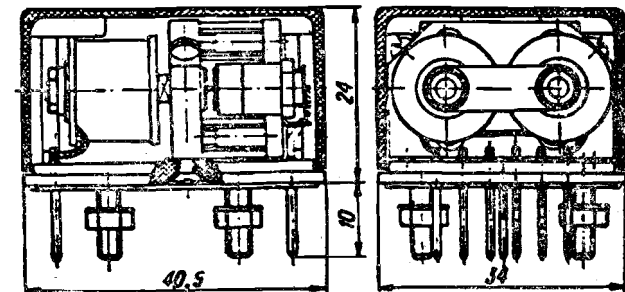
Երկու կոնտակտային զսպանակների միջև տեղադրված է նաև Յ-րդ հաստ արծաթապատված զսպանակը, որը կոնտակտային զսպանակների ծայրերի միջև ապահովում է հաստատուն շփման գործակից, որով բացավում են կոնտակտների տատանումները:

Բանեցման հզորությունը, մ. շ. ու.-ն, կոնտակտների բեռնվածությունը նույնն են, ինչ որ ՐՊ ռեկեներինը:

Ռեկեի չափերն են՝ $21,5 \times 40 \times 64 \times 77,1$ մմ, քաշը՝ 1,2 ն:

4-7. ՐՊС-18 ՏԵՍԱԿԻ ԲԱՐՁՐԱԶԳԱՅՈՒՆ ՌԵԼԵՆԵՐ

Այս ռեկեները ունեն բավականին մեծ թրթռակայունություն և ավելի փոքր չափեր, քան ՐՊ, ՐՊС և ՐՊС-11 ռեկեները: Պատրաստում են երեք տարատեսակով՝ ՐՊС-18/4, ՐՊС-18/5 և ՐՊС-18/7: ՐՊС-18 ռեկեները նախատեսված են -50°C -ից մինչև 85°C ջերմաստիճաններում աշխատելու համար (նկ. 4-19):



Նկ. 4-19. ՐՊС-18 բեռնացված ռեկե

ՐՊС-18 ռեկեի մագնիսական համակարգը նույնն է, ինչ որ ՐՊС-ինը:

Խարիսխը պատրաստված է շատ բարակ պերմալոյի թիթեղից ուղիղ անկյան տակ ծոված ծայրերով և խաչաձև բրոնզե զսպանակից, որը միևնույն ժամանակ ծառայում է որպես կոնտակտային և կախովի զսպանակ:

ՐՊС-18/4 ռեկեի բանեցման հզորությունը գտնվում է $0,4 \div 1,6$ մՎտ սահմաններում, բանեցման մ. շ. ու.-ն $4 \div 3$ Ա է, ՐՊС-18/5 ռեկեինը՝

—0,9÷4,9 մվտ, մ. շ. ու.-ն՝ $6 \div 14$ Ա, թակ ՐՓՑ-18/7 ուելինը՝ 0,9—8,1 վտ է, մ. շ. ու.-ն՝ $6 \div 18$ Ա:

Ռեկերի կոնտակտների մաշակայունությունը ակտիվ բեռի ժամանակ 0,3 Ա, 34 վ է, ոչ պակաս 10^5 միացում-անջատում, իսկ 0,4 Ա, 34 վ ինդուկտիվ բեռի դեպքում ոչ պակաս 10^3 :

Ռեկերի չափերն են՝ $34 \times 40,5 \times 24/34$ մմ, քաշը՝ 0,65÷0,8 ն:

4-8. ՐՓՑ-20, 24, 26, 28 ՏԵՍԱԿԻ ԲԵՎԵՌԱՑՎԱԾ ՌԵԼԵՆԵՐ

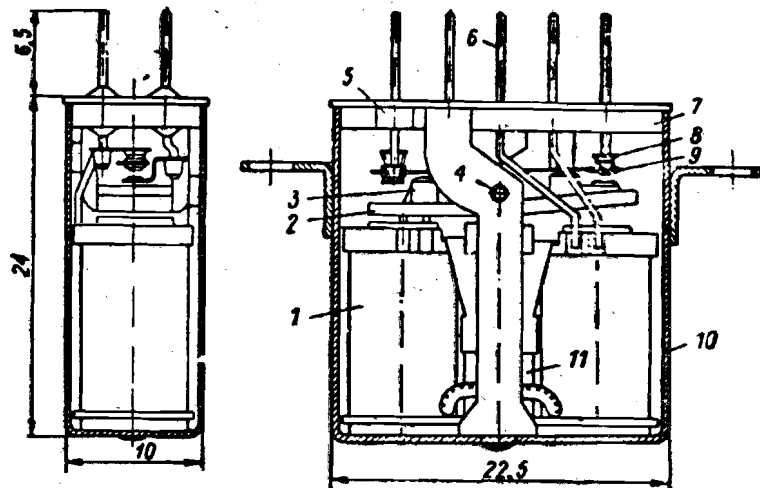
Այս ռելեները նախատեսված են -60° -ից մինչև $+60^\circ$ C ջերմաստիճաններում աշխատելու համար (նկ. 4-20):

Ռելեն ունի դիֆերենցիալ բեռնացված երկկոճային (1) մագնիսական համակարգ, հարթ սիմետրիկ խարիսխ (2), որը պտտվում է առանցքի շուրջը (4): Մագնիսալարը ունի III-աձև տեսք, հաստատուն մագնիսը կոճերի հետ միասին զուգահեռ տեղավորված է երկու միջուկների միջև:

Կոնտակտային համակարգը հավաքված է ռելեի հիմքի վրա: Կոնտակտային (8 և 9) զսպանակների վրա գամված են արծաթե կոնտակտներ:

Ռելեն պաշտպանվում է ամբողջական ձգված արույրե կափարիչով, որը ռելեի հավաքումից և կարգավորումից հետո զոդվում է հիմքին: Ռելեն ունի կառավարող և ետդարձի երկու անկախ փաթույթ:

ՐՓՑ-20 տեսակի ռելեներ պատրաստում են հետևյալ լարումներով՝ 4, 6, 12, 20 և 27 վ, աշխատանքային լարումը՝ 24—32 վ, բանեցման լարումը՝



Նկ. 4-20. ՐՓՑ 20 բեռնացված ռելե

8—18 վ, մեկ փաթույթի բանեցման հզորությունը՝ 0,49 վտ: Փաթույթը անընդհատ միացնելիս, լարման տակ պետք է լինի 15 րոպեից ոչ ավելի (բացասական ջերմաստիճանի դեպքում մեկ րոպեից ոչ ավելի): Փոքր հոսանքների դեպքում կոնտակտները պատրաստում են ոսկուց:

24 վ լարման դեպքում աշխատանքային ժամանակը հավասար է 10 մ/վրկ: Խարիսխի մագնիսական բլոկացումով բեռնացված ՐՓՑ-24, ՐՓՑ-26 և ՐՓՑ-28 ռելեները ունեն համապատասխանաբար 4,6 և 8 միացնող կոնտակտներ: Այս ռելեները նախագծված են ՐՓՑ-20 ռելեի մագնիսական համակարգի հիման վրա և տարբերվում են միայն կոնտակտների քանակով և չափերով: Այս ռելեների շահագործման և էլեկտրական բնութագրերը նույնն են, ինչ որ ՐՓՑ-20 ռելեներինը, բացի միջավայրի ջերմաստիճանից, որը թույլատրվում է մինչև 80° :

ՐՓՑ-24, ՐՓՑ-26 և ՐՓՑ-28 ռելեները ունեն չորս միանման փաթույթներ (2 կառավարող և 2 ետդարձի): Աշխատանքային հզորությունը այս ռելեների փաթույթում համապատասխանաբար հավասար է 1,12, 1,08 և 0,96 վտ:

Ռեկերի չափերն են՝ $10 \times 22,5 \times 24,0/30,5$ մմ, քաշը՝ 0,2 ն-ից ոչ ավելի:

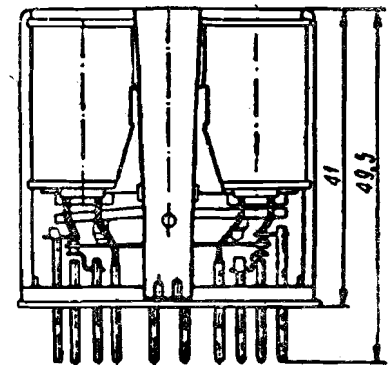
4-9. ДП-12 ՏԵՍԱԿԻ ԲԵՎԵՌԱՑՎԱԾ ՌԵԼԵ

ДП-12 տեսակի բեռնացված մագնիսական բլոկացումով, 12 միացնող կոնտակտներով ռելեն ունի չորս միջուկներ՝ յուրաքանչյուրն առանձին փաթույթով՝ հարթ մագնիս (որը գտնվում է 2 զույգ կոճերի միջև) և ընդհանուր ուղղանկյունաձև սիմետրիկ խարիսխ: Կոնտակտները նախատեսված են 2 Ա-ի համար:

ДП-12 ռելեի աշխատանքը նույնն է, ինչ որ ՐՓՑ-20-ինը: Նախատեսված է աշխատելու $-60^\circ\text{C} + 80^\circ\text{C}$ ջերմաստիճաններում (նկ. 4-21):

Ռելեն 27 վ նորմալ լարման դեպքում ունի չորս փաթույթ (2 միացնելու և անջատելու), բանեցման լարումը ամեն մի փաթույթում 18 վ-ից ավելի չէ: Ետդարձի լարումը 10 վ է, մեկ փաթույթի բանեցման հզորությունը՝ 0,77 վտ:

Անվանական լարման դեպքում ռելեի բանեցման ժամանակը 12 մ/վրկ է: Չափերն են՝ $35 \times 41 \times 41$ (49,5 մմ), քաշը՝ ոչ ավելի 2,2 ն:



Նկ. 4-21. ДП 12-տեսակի բեռնացված ռելե

4-10. РПС-32, 34, 36 ՏԵՍԱԿԻ ԲԵՎԵՌԱՅՎԱԾ ՌԵԼԵՆԵՐ

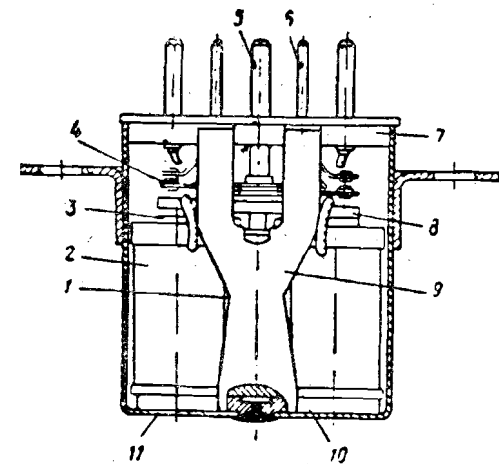
Ռելեն ունի խարիսխի մագնիսական բլոկացում և երկու փոխան-
ջատիչ կոնտակտներ: РПС-32 բեռնացված փոքրածավալ ռելեն նախա-
տեսված է -60°C -ից մինչև $+100^{\circ}\text{C}$ ջերմաստիճաններում աշխատելու
համար: Ռելեն (նկ. 4-22) ունի դիֆերենցիալ բեռնացված երկկոճ մագ-
նիսական համակարգ, հարթ սիմետրիկ խարիսխով, որն ամրացված է
67 КН5Б համաձուլվածքից պատրաստված: 17 մմ երկարության և
 $0,5 \times 0,7$ մմ կտրվածք ունեցող երկու կախովի ժապավենային զսպա-
նակներին:

Մագնիսալարը ալնպիսին է, ինչպիսին РПС-20 ռելեին: Հաստա-
տուն մագնիսները գտնվում են լուծին ամրացված կոճերի միջուկներին
(2) միջև: Զսպանակներն արծաթե շարժական կոնտակտներով ամրաց-
ված են սոնակալին, որոնք խարիսխից մեկուսացված են ապակյա մե-
կուսիչներով: Անշարժ կոնտակտային զսպանակները եռակցված են կո-
վարեն (6) և լուսատներին, որոնք հիմքից մեկուսացված են ապակե մե-
կուսիչով (7):

Ռելեն հերմետիկ փակ է:

РПС-32 ռելեն պատրաստում են 2, 4, 6, 10, 12, 15, 20 և 27 վոլտ
լարումների համար:

24 ÷ 32 վ աշխատանքային լարումների դեպքում բանեցման լա-
րումը հավասար է $8 \div 16$ վ, իսկ հզորությունը՝ $0 \div 51$ վտ: Փաթույթի



Նկ. 4-22. РПС-32 բեռնացված ռելե:

անընդհատ լարման տակ գրո-
նվելու ժամանակը 0,25 Ա, 34 վ
բեռնվածությամբ դեպքում չը-
պետք է գերազանցի 15 րո-
պեից: Ռելեի մաշակայունու-
թյունը 10^6 միացում է:

РПС-32 ռելեի չափերն են՝
 $10,5 \times 22,7 \times 25$ (31) մմ, քաշը՝
0,2 ն: РПС-34 և РПС-35 բե-
վեռնացված ռելեները համապա-
տասխանաբար ունեն 4 և 6
փոխանջատիչ կոնտակտներ 3
Ա-ի համար: Այս ռելեները նա-
խագծված են РПС-32 ռելեի
բազայի վրա և տարբերվում են
կոնտակտների և փաթույթների
թվով:

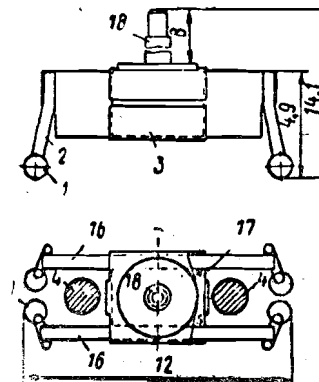
1-հաստատուն մագնիս, 2-կոճ, 3-միջուկ,
4-կոնտակտային զսպանակ, 5-կոմարից խո-
ղովակ, 6-եկուստներ, 7-ապակեց հիմք,
8-խարիսխ, 9-կանգնակ, 10-լուծ, 11-պատյան

РПС-34 ռելեի չափերն են՝ $19 \times 7 \times 23,8 \times 25$ /31/ մմ, քաշը՝ 0,45 ն:
РПС-36 ռելեի չափերն են՝ $23,8 \times 27,7 \times 25$ /31,5/ մմ, քաշը՝ 0,6 ն:

4-11. РПС-43 ՏԵՍԱԿԻ ԳԵՐՓՈՔՐ ԲԵՎԵՌԱՅՎԱԾ ՌԵԼԵ

Այս ռելեն (նկ. 4-23) նախատեսված է աշխատելու -60°C -ից
 100°C ջերմաստիճաններում: Ունի երկու փոխանջատիչ կոնտակտներ
1' Ա կոմուտացիոն համար: Ռելեի մագնիսական համակարգը երկկոճ
է, բեռնացված, կամրջակային, կրկնակի խարիսխով և շոք աշխատան-
քային օդային բացակներով: Խարիսխը (3) կարող է պտտվել հորիզոնական

(7) կանգնակի և շերտաձողիկի (9)
վրա ամրացված բրոնզե ուղղահա-
յաց առանցքի շուրջը, որը գտնվում է
երկկոճ ունեցող П-աձև մագնիսի
բևեռների միջև: РПС-43 ռելեի (3)
միջուկները ունեն 2 մմ տրամագծով
կտր կտրվածք: Խարիսխի արանքում
գտնված է հաստատուն մագնիսը:



Նկ. 4-23. РПС-43 բեռնացված ռելե

կոնտակտային սեղմող ուժը 180 մն է: Մագնիսի ուժը, որը խարիս-
խին պահում է դեպի բեռն ձգված վիճակում, հավասար է 350 մն:

Ռելեն հերմետիկ փակ է: Լարումը 27 վ է, բանեցման լարումը՝ 8—
15 վ, բանեցման հզորությունը՝ 0,7 վտ: Փաթույթները անընդհատ հո-
սանքի տակ գտնվելու ժամանակը չպետք է գերազանցի 1 վ-ից: Փա-
թույթները պետք է հովանան ոչ պակաս, քան 19 վրկ տևողությամբ:
Ռելեի մաշակայունությունը 10^6 կոմուտացիա է:

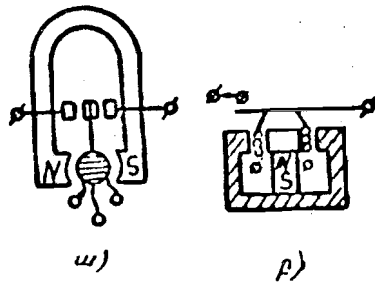
Ռելեի չափերն են՝ $8,0 \times 14,5 \times 19$ /29,5/ մմ, քաշը՝ 0,08 ն:

4-12. ՄԱԳՆԻՏԱԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ՌԵԼԵ

Մագնիսաէլեկտրական ռելենների աշխատանքը հիմնված է հաստատուն մագնիսի մագնիսական հոսքի և փաթույթով հոսող հոսանքի փոխազդեցության օգտագործման վրա: Մագնիսաէլեկտրական ռելենները զգում են ոչ միայն հոսանքի մեծությունը, այլ նաև փաթույթում հոսանքի ուղղությունը:

էլեկտրամեխանիկական ռելենների ընտանիքում մագնիսաէլեկտրական ռելեններն ունեն ամենամեծ զգայունությունը: Եթե ամենազգայուն էլեկտրամեխանիկական ռելենների բանեցման համար անհրաժեշտ է 10^{-1} Վտ կարգի հզորություն, ապա բևեռացված ռելենների համար այն հավասար է 10^{-3} Վտ-ի: Դրա շնորհիվ էլ շատ բարդ սարքավորումներում նրանք օգտագործվում են որպես զգայուն վերափոխիչների միջանկյալ ուժեղացուցիչ տարր:

Ըստ կառուցվածքի մագնիսաէլեկտրական ռելենները պատրաստում են պտտվող շարժական համակարգով (նկ. 4-24, ա) և համընթաց շարժմամբ ռելենների (նկ. 4-24, բ) տեսքով:



Նկ. 4-24. Մագնիսաէլեկտրական ռելե.

ա) պտտվող շարժական համակարգով, բ) համընթաց շարժմամբ

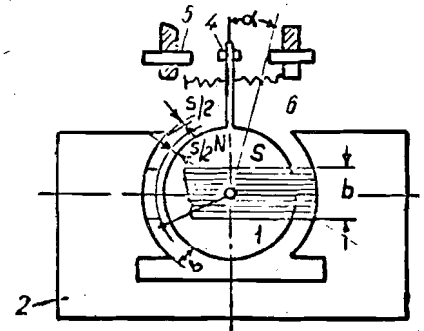
Հայն կիրառություն ունեն առաջինները, որոնք ըստ կառուցվածքի բիշ են տարբերվում սովորական մագնիսաէլեկտրական սարքերից:

Մագնիսաէլեկտրական ռելեի կառուցվածքը ցույց է տրված նկ. 4-25-ում: Ռելեն կազմված է հաստատուն (1) մագնիսից, մագնիսալարից (2), փաթույթով շրջանակից (3), շարժական կոնտակտից (4), անշարժ կոնտակտներից (5) և հակազդող զսպանակներից (6): Մագնիսական շղթան կարող է ունենալ արտաքին կամ ներշրջանակային հաստատուն մագնիս: Առաջին դեպքում (նկ. 4-24, ա) հաստատուն մագ-

նիսը գտնվում է արտաքին մասում, իսկ շրջանակը պտտվում է բևեռային ծայրապանակների և մագնիսափափուկ նյութից պատրաստված միջուկի միջև:

Նրկորոգում (նկ. 4-25) հաստատուն մագնիսը տեղավորվում է շրջանակի ներսում, որը դրսից ընդգրկվում է փափուկ պողպատից պատրաստված լուծով: Ներշրջանակային մագնիսով ռելենների պատրաստման հնարավորությունը ի հայտ եկավ բարձր կոէրցիտիվ ուժով և մեծ մնացորդային ինդուկցիայով մագնիսական նյութերի տարածման հետևանքով: Ներշրջանակային մագնիսը թույլ է տալիս ստանալ առավել պարփակված կոնստրուկցիա:

Ռելեի պղնձալարե փաթույթը տեղավորվում է շրջանակի վրա: Շրջանակը սովորաբար պատրաստում են ալյումինից, որը հնարավորություն է տալիս ունենալու թեթև շարժական համակարգ: Ալյումինե շրջանակը շնորհիվ իր բարձր հաղորդականության ունի լավ մարող հատկություններ՝ մագնիսական դաշտում շարժման ժամանակ նրանում ի հայտ եկող մրրկային հոսանքների հաշվին: Մագնիսաէլեկտրական ռելեններում կոնտակտների բավարար աշխատանքի ապահովման համար անհրաժեշտ է հանդարտեցում: Շարժական շրջանակի ամրացումը կարող է իրականացվել կրնկակալների մեջ հենվող սայրերի կամ առաձգական ձգաններին ամրացված կախոցների վրա: Սայրերը պատրաստում են պողպատից, կրնկակալները՝ պողպատից, ազաթից, սուտակից կամ շափյուղից: Կախոցները կարող են պատրաստվել ֆոսֆորային բրոնզից, արծաթից կամ նեյզիլբերից: Ձգանները, որոնց վրա ամրացվում են կախոցները, պատրաստվում են ֆոսֆորային բրոնզից, նեյզիլբերից կամ պողպատից:



Նկ. 4-25. Մագնիսաէլեկտրական ռելե.

1-հաստատուն մագնիս, 2-մագնիսալար, 3-փաթույթով շրջանակ, 4-շարժական կոնտակտ, 5-անշարժ կոնտակտներ, 6-հակազդող զսպանակներ

Շրջանակի հետ կապված է կոնտակտային լծակը, որն իր վրա է կրում ռելեի շարժական կոնտակտը և շարժական համակարգի հավասարակշռման հակակշիռները: Շարժական կոնտակտի դիմաց տեղավորվում են անշարժները, որոնք միաժամանակ ծառայում են որպես շրջանակի ընթացքի սահմանափակիչներ: Փոքր կոնտակտային ճնշման պատճառով կոնտակտները պատրաստվում են պլատինից կամ պլատինաիրիդիումից:

Կոնտակտների շղթայում լարման մեծությունը վերցվում է 12 Վ-ից ցածր, իսկ հոսանքը՝ 0,1 Ա-ից փոքր: Դա ապահովում է կոնտակտների աշխատանքը առանց կայծազդոյացման՝ նույնիսկ նրանց դանդաղ միացման պայմաններում: Սայրերի վրա շրջանակի ամրացման դեպքում որպես հակազդող հարմարանքներ օգտագործվում են անագացիկային կամ ֆոսֆորային բրոնզից, ինչպես նաև կարծր գլանված արծաթից պատրաստված պարուրաձև մոմենտային զսպանակներ: Նրանք միաժամանակ ծառայում են փաթույթին հոսանք մատուցելու համար: Կախոցներին ամրացնելիս զսպանակները միաժամանակ իրականացնում են շրջանակի վերադարձը դեպի ելման դրություն:

4-18. ՄԱԳՆԻՍԱԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ՌԵԼԵՆԵՐԻ ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԲՆՈՒԹԱԳՐԵՐԸ

Մագնիսաէլեկտրական ռելեների հիմնական բնութագրերն են՝ պարտոդ և հակազդող մոմենտները:
Ռելեի պտտող մոմենտը հավասար է՝

$$M_{\tau} = \frac{2 \tau l_{\text{ալ}} W B I}{9810} \text{ գ.սմ}, \quad (4-4)$$

որտեղ՝ B-ն բացակի մագնիսական ինդուկցիան է, I-ն՝ շրջանակի հոսքը, τ -ը՝ շրջանակի վրա տեղավորված փաթույթի պտտման միջին շառավիղը, սմ. W-ն՝ շրջանակի փաթույթի գալարների թիվը, $l_{\text{ալ}}$ -ը՝ շրջանակի կողմի ակտիվ երկարությունը, սմ:

Մագնիսաէլեկտրական ռելեում պտտող մոմենտը համեմատական է շրջանակով հոսող հոսանքին՝ $M_{\tau} = KI$: Շրջանակի տեղափոխման ժամանակ այն չի փոխվում, եթե շրջանակի պտտման աշխատանքային անկյունների սահմաններում ինդուկցիան հաստատուն է: Մոմենտային զսպանակներով կամ կախոցով ստեղծված հակազդող մոմենտի բնութագիրը արտահայտվում է ուղիղ գծով՝

$$M_{\text{կախ}} = ca \text{ գ.սմ},$$

որտեղ c-ն կոշտությունն է, ա-ն՝ պտտման անկյունը:

Պարուրաձև մոմենտային զսպանակների դեպքում՝

$$c = \frac{E j}{l},$$

որտեղ E-ն առաձգականության մոդուլն է, $j = \frac{bh^3}{12}$ -ը՝ իներցիայի մո-

մենտը, l-ը՝ զսպանակի երկարությունը, b-ն՝ զսպանակի լայնությունը, h-ը՝ զսպանակի հաստությունը:

Զսպանակային նյութերի համար ֆիզիկական հաստատունների արժեքները բերված են 4-1 աղյուսակում:

Աղյուսակ 4-1

Նյութը	Տեսակարար ֆիմադրությունը 0 հմ.սմ	Ջերմաստիճանային գործակիցը՝ $1/^\circ\text{C}$	Առաձգականության մոդուլը՝ E, գ/սմ ²	Առաձգականության սահմանը՝ σ_B գ/սմ
Անագացիկային բրոնզ	$0,08 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^9$	$5,2 \cdot 10^6$
Ֆոսֆորային բրոնզ	$0,16 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$0,9 \cdot 10^9$	$5,6 \cdot 10^6$

Չգաններով կախոցի դեպքում՝

$$c = \left(\frac{bh^3}{3} \cdot \frac{E_0}{l} + \frac{1}{12} b^3 h \frac{p}{l} + \frac{b^3 h}{360} \cdot \frac{E \alpha^2}{l^3} \right), \text{ գ.սմ/ռադ},$$

որտեղ E_0 -ն առաձգականության մոդուլն է ոլորման դեպքում, գ/սմ², E-ն՝ առաձգականության մոդուլը ձգման դեպքում, գ/սմ²,

$p = \frac{P_{\text{հալ}}}{l h}$ -ը՝ կախոցի նյութի լարումը ձգման դեպքում, գ/սմ²,

b-ն, h-ը և l-ը՝ կախոցի լայնությունը, հաստությունը և երկարությունը, սմ.

α -ն ոլորման անկյունն է, ռադ:

Չգաններով կախոցի դեպքում գործնականում շփումը կարելի է անտեսել:

Այն դեպքում, երբ շրջանակը ամրացվում է սայրերի վրա, անհրաժեշտ է լինում նրանցում հաղթահարել շփման մոմենտը:

Եթե առանցքը ուղղաձիգ է, ապա շփման մոմենտը՝

$$M_{\text{շփ}} = 0,332 \frac{k_{\text{շփ}}}{\sqrt{p_{\text{կր}}}} G_1^{3/2},$$

որտեղ՝ $k_{\text{շփ}}$ -ը շփման գործակիցն է, G_1 -ը՝ շարժական համակարգի կշիռը, $p_{\text{կր}}$ -ը՝ կրկակալի նյութում լարման միջին մեծությունը, գ/սմ²:

Կրկակալի նյութում լարման միջին մեծությունը որոշվում է Հերցի բանաձևով՝

$$p_{\text{կր}} = 0,4 I = \sqrt[3]{\frac{(1/\tau_{\text{ս}} - 1/\tau_{\text{կր}})^2}{(1/E_{\text{ս}} - 1/E_{\text{կր}})^3} \cdot G_1}, \text{ գ/սմ}^2,$$

որտեղ r_p -ը և r_{kp} -ը սայրի և կրնկակալի շառավիղներն են, մմ.

E և E_{kp} -ը սայրի և կրնկակալի նյութի առաձգականության մոդուլները, գ/սմ²,

$k_{z\phi}$, $P_{\rho l}$ և E -ի արժեքները տրված են աղյուսակ 4-2-ում:

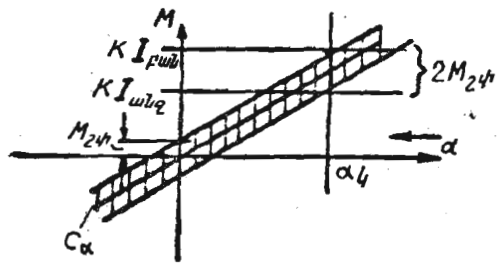
Աղյուսակ 4-2

Նյութը	Պողպատի $k_{z\phi}$ տվյալ նյութի նկատմամբ	$P_{\rho l}$ կգ/սմ ²	E , կգ/սմ ²
Պողպատ	0,2	—	$2 \cdot 10^9$
Ալյումին	0,105—0,3	10^7	$1 \cdot 10^9$
Ստալ	0,2	$2 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^9$
Շափյուղ	0,2	$2 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^9$

Այսպիսով ունենում շարժման հակազդող մոմենտը կլինի՝

$$M_{\text{հակ}} = c\alpha \pm M_{z\phi}$$

Չրջանակի վրա գործող մոմենտների գրաֆիկները ցույց են տրված նկ. 4-26-ում: Կոնտակտների միացման պահին՝



Նկ. 4-26. Ռելիեի շրջանակի վրա ազդող մոմենտի գրաֆիկը

$$k l = c\alpha \pm M_{z\phi},$$

որտեղից՝

$$k l_{\text{բան}} = c\alpha + M_{z\phi},$$

$$k l_{\text{անգ}} = c\alpha - M_{z\phi}:$$

Մագնիսաէլեկտրական ուժերի հետադարձի գործակիցը կլինի՝

$$k_s = \frac{c\alpha - M_{z\phi}}{c\alpha + M_{z\phi}}, \quad (4-5)$$

Շնորհիվ համակարգում շփման առկայության, այդ գործակիցը տարբերվում է մեկից: Այն մագնիսաէլեկտրական ուժերում, որոնց շրջանակը ձգանքներով ամրացված է կախոցների վրա, հետադարձի գործակիցը գործնականորեն հավասար է մեկի:

4-14. ՄԱԳՆԻՍԱԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ՌԵԼԵՆԵՐԻ ՀԱՇՎԱՐԿԸ

Մագնիսաէլեկտրական ուժերի նախագծման և հաշվարկի ժամանակ մագնիսական համակարգի տրված անհրաժեշտ կոնտակտային ճրնշում ապահովելու համար, ուժերի պտտող մոմենտը ձգնում են դարձնել

առավել մեծ: Այդ դեպքում պետք է հաշվի առնել շարժական համակարգի մեխանիկական ամրությունը:

Պտտող մոմենտի առավելագույն պայմանը կարելի է ստանալ (4-4) հավասարումից:

Ձևափոխելով (4-4) հավասարումը, կստանանք՝

$$M_t \approx 10^{-4} S_{mk} \cdot B \cdot W \cdot l, \quad (4-6)$$

որտեղ $S_{mk} = 2r l_{mk}$ -ը շրջանակի ակտիվ մակերեսն է:

Հաշվի առնելով, որ շրջանակի դիմադրությունը՝

$$R = \frac{\rho l \cdot W^2}{Q_{\text{սեւ}}},$$

կստանանք.

$$W = \sqrt{\frac{Q_{\text{սեւ}} \cdot R}{\rho l}},$$

Տեղադրելով 4-6 հավասարման մեջ, կստանանք՝

$$M_t = 10^{-4} \frac{S_{mk}}{\sqrt{\rho l}} \cdot B \sqrt{P Q_{\text{սեւ}}},$$

որտեղ l -ը շրջանակի միջին գալարի երկարությունն է, մ,

P -ն՝ շրջանակում կոռուստների հզորությունը, Վտ,

$Q_{\text{սեւ}}$ -ը շրջանակի փաթույթի մետաղի կտրվածքի մակերեսն է, մմ²:

Եթե համակարգի արտաքին չափերը անփոփոխ են, ապա բաղմապատկիչը՝

$$\frac{S_{mk}}{\sqrt{\rho l}} = \text{const}:$$

Տրված բանեցման հզորության դեպքում, համաձայն նկ. 4-25-ի, առավելագույն պայմաններ կստացվեն, ելնելով $B \sqrt{Q_{\text{սեւ}}}$ -ի արժեքից.

$$Q_{\text{սեւ}} = k Q = k (\delta - S) b,$$

որտեղ Q -ն շրջանակի փաթույթի կտրվածքի մակերեսն է,

k -ն՝ փաթույթի կտրվածքի լցման գործակիցը,

S -ը՝ օդային բացակի երկարությունը, դեղնեցված նաև շրջանակի փաթույթով (կարկասի հաստությունը 0,1—0,2 մմ) և անշարժ ու շարժական մասերի միջև եղած տեխնոլոգիական բացակներով (0,4 մմ մեկ կողմի վրա), ե-ն՝ շրջանակի լայնությունը:

Հաստատուն մագնիսի ընդհանուր օդային բացակի δ մեծությունը ազդում է B ինդուկցիայի և $Q_{\text{սեւ}}$ -ի վրա:

Երբ $\delta = S$, $Q_{սեւ} = 0$ և $M_z = 0$: Երբ $\delta \rightarrow \infty$ $B \rightarrow 0$ և $M_z \rightarrow 0$:

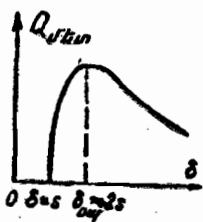
Այսպիսով, բացակի որոշակի արժեքի դեպքում պետք է գոյություն ունենա $B\sqrt{Q_{սեւ}}$ արտադրյալի առավելագույն արժեքը: Օպտիմալ արժեքը ստացվում է $\delta = 2S$ պայմանի դեպքում:

Կոնտակտների հոսանքի միացման համար անհրաժեշտ է, որպեսզի շարժական համակարգը ոչ միայն շրջվի α անկյունով, այլև կոնտակտի վրա ստեղծի P_k ճնշում: Այդ դեպքում

$$M_z = \frac{10^{-4} S_{\omega k}}{r_4} B \sqrt{P_{սեւ} \cdot Q_{սեւ}} = c\alpha + P_k r_4 + M_{z\phi}, \quad (4-7)$$

որտեղ r_4 -ն այն շառավիղն է, որի հեռավորության վրա դասավորված են կոնտակտները, սմ,

$P_{սեւ}$ -ը՝ կորուստների միջին հզորությունը շրջանակում, Վտ:
(4-7) հավասարումից կարող ենք որոշել $Q_{սեւ}$ -ը՝



Նկ. 4-27. $Q_{սեւ}$ -ի կախվածությունը δ օդային բացակի մեծությունից

$$Q_{սեւ} = \left(\frac{c\alpha + P_k r_4 + M_{z\phi}}{S_{\omega k} B} \right)^2 \cdot \frac{\rho l}{P_{սեւ}} \cdot 10^8, \text{մմ}^2,$$

իսկ Նկ. 4-27-ից ունենք

$$b = \frac{Q_{սեւ}}{k(\delta - S)} \approx \frac{Q_{սեւ}}{kS}, \text{մմ}:$$

Տալով հաղորդալարի d տրամագծի արժեքը, կստանանք

$$W = \frac{4 Q_{սեւ}}{\pi d^2} \text{ և } R = \frac{4 \rho w l}{\pi d^2}, \text{Օհմ}:$$

Ռեզիստորների հոսանքը կլինի՝

$$I_{\rho w} = \sqrt{\frac{P_{սեւ}}{R}}, \text{Ա}:$$

4-15. ԷԼԵԿՏՐԱԴԻՆԱՄԻԿԱԿԱՆ ՌԵԼԵ

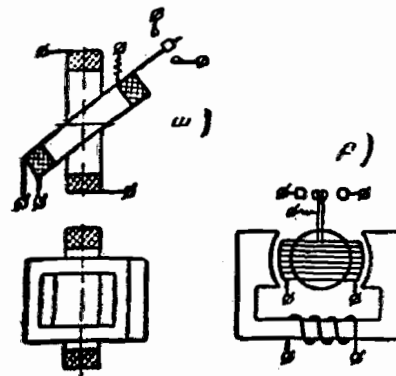
Էլեկտրադինամիկական ռելեի աշխատանքը հիմնված է փաթույթների և հոսանքների փոխազդեցության վրա, ընդ որում հոսանքը կարող է լինել ինչպես փոփոխական, այնպես էլ հաստատուն: Փոփոխական հոսանքի դեպքում երկու փաթույթներն էլ սնվում են միևնույն հոսանքի դեպքում, հոսանքի յուրաքանչյուր ուղղության դեպքում մոմենտը մնում աղբյուրից, հոսանքի յուրաքանչյուր ուղղության դեպքում մոմենտը մնում է ուղղված միևնույն ուղղությամբ, քանի որ հոսանքը փոխում է իր ուղղությունը երկու կոճերում միաժամանակ:

Փոփոխական հոսանքի էլեկտրադինամիկական ռելեները օգտագործվում են ինչպես պաշտպանության, այնպես էլ ավտոմատիկայի համար:

Էլեկտրադինամիկական ռելեները կարող են լինել պողպատյա միջուկով (Նկ. 4-28, ա) և առանց պողպատի (Նկ. 4-28, բ):

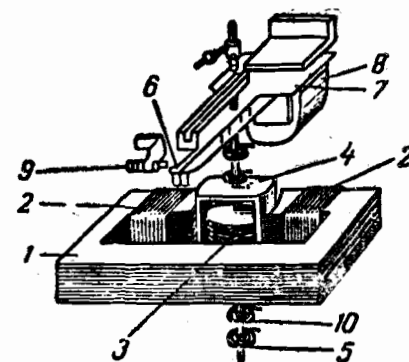
Պողպատի բացակայությունը հնարավորություն է տալիս լայն սահմաններում փոխել պտտող մոմենտի կորի ձևը, որը որոշ դեպքերում անհրաժեշտ է ռելեի կարգավորիչ հատուկ բնութագրի ստանալու համար: Այն հնարավորություն է ստեղծում նաև էլեկտրադինամիկական ռելեները օգտագործելու բարձր հաճախության շղթաներում: Սակայն առանց պողպատի ռելեն ունի ավելի փոքր պտտող մոմենտ, քան պողպատով ռելեն: Բացի դրանից, նրանց վրա խիստ ազդում է արտաքին մագնիսական դաշտը:

Շատ էլեկտրադինամիկական ռելեներ իրենց կառուցվածքով և աշ-



Նկ. 4-28. Էլեկտրադինամիկական ռելե.

ա) առանց պողպատի, բ) պողպատով



Նկ. 4-29. Էլեկտրադինամիկական ռելեի կառուցվածքը.

1—մագնիսալար, 2—անշարժ փաթույթ, 3—միջուկ, 4—շարժական փաթույթ, 5—առանցք, 6—շարժական կոնտակտ, 7—արգելիկային թիթեղ, 8—հաստատուն մագնիս, 9—շարժական կոնտակտով գալար

խատանքային բնույթով նման են էլեկտրամագնիսական ռելեներին, միայն այն տարբերությամբ, որ հաստատուն մագնիսի փոխարեն աշխատանքային մագնիսական հոսքը ստեղծվում է հատուկ գրգռման կոճերի միջոցով:

Էլեկտրադինամիկական ռելեի կառուցվածքը ցույց է տրված Նկ. 4-29-ում:

Ռելեն ունի C-աձև մագնիսալար՝ պատրաստված շերտավոր պողպատից, որի վրա տեղադրված են երկու անշարժ փաթույթներ: Օդային 9*

բացակում գտնվում է շարժական (4) փաթույթը, որը բաղկացած է երկու մասից: Դա արված է շրջանակում փոփոխական մագնիսական հոսքի թափանցումից հոսանքի առաջանալը՝ կանխելու նպատակով: Շրջանակի հետ կապված է սոնին (5), որին ամրացված է շարժական կոնտակտը (6) և արգելակող թիթեղը: Արգելակող թիթեղը տեղաշարժվելով հաստատուն (8) մագնիսական դաշտում ստեղծում է հանգստացնող մոմենտ, որը փոքրացնում է շարժական համակարգի տատանումները:

Շարժական կոնտակտը պատրաստում են պլատինից, իսկ անշարժը, որը տեղավորված է գալարի (9) վրա՝ ոսկուց: Շարժական համակարգի վերադարձը իր առաջնային դիրքին, հոսանքի մատուցումը շրջանակին և շարժական կոնտակտին իրականացվում է զսպանակի (10) միջոցով:

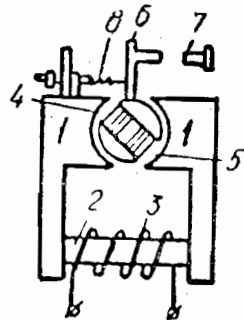
Նկ. 4-30-ում ցույց է տրված պողպատյա միջուկով էլեկտրադինամիկական ռելեի տարատեսակը:

Հոսանքի (3) կոճի մագնիսական համակարգը իրենից ներկայացնում է մագնիսալար, որը կազմված է բեռներից և անշարժ (2) միջուկից: Բեռների միջև տեղադրված է շարժական (4) միջուկը, որի վրա գտնվում է լարման (5) փաթույթը: Սոնին պտտվում է սահող առանցքակալի մեջ, որին միացված է կոնտակտային (6) լծակը:

Անշարժ կոնտակտը (7) ամրացված է ռելեի կոնտակտային վահանի վրա:

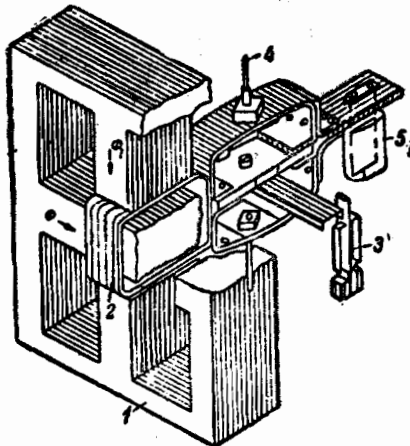
Կոնտակտային լծակի հետ կապված է հակազդող (8) զսպանակը:

Նկ. 4-31-ում ցույց է տրված փոփոխական հոսանքի ինդուկցիոն-դինամիկական ռելեն, իսկ Նկ. 4-32-ում՝ նրա էլեկտրական սխեման:



Նկ. 4-30. ԴՏ էլեկտրադինամիկական ռելեի կառուցվածքը:

1—մագնիսալարի բեռները, 2—անշարժ միջուկ, 3—հոսանքակր կոճ, 4—շարժական միջուկ, 5—լարման կոճ, 6—կոնտակտային լծակ, 7—անշարժ կոնտակտ, 8—հակազդող զսպանակ



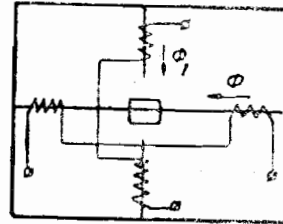
Նկ. 4-31. Փոփոխական հոսանքի ինդուկցիոն-դինամիկական ռելեն:

1—միջուկ, 2—շրջանակ, 3—կոնտակտներ, 4—կրկակալ, 5—յուղային հանգստացուցիչ

ինչպես երևում է, միջին (1) միջուկը ընդգրկվում է մագնիսական համակարգի բեռների միջև գտնվող (2) շրջանակով:

Մայրային միջուկի փաթույթի Փ հոսքը թափանցում է շրջանակի մեջ (նկ. 4-32):

Այդ ժամանակ շրջանակում ինդուկցվում է հոսանք: Շրջանակի Փ հոսքը փոխներգործում է փաթույթների մագնիսական հոսքի հետ, որոնք գտնվում են բեռներում, նպաստում է շրջանակի տեղափոխմանը և կոնտակտների (3) միացմանը: Բեռների վրա տեղավորված կրկակալների (4) վրա հենվում է շարժական համակարգը: Շարժական համակարգի տատանումները կանխելու համար օգտագործվում է յուղային (5) հանգստացուցիչը:



Նկ. 4-32. Փոփոխական հոսանքի ինդուկցիոն-դինամիկական ռելեի էլեկտրական սխեման

4-16. ԷԼԵԿՏՐԱԴԻՆԱՄԻԿԱԿԱՆ ՌԵԼԵՆԵՐԻ ԲՆՈՒԹԱԳՐԵՐԸ

Էլեկտրադինամիկական ռելեների բնութագրերը խիստ կերպով կախված են նրանց կառուցվածքից: Ընդհանուր դեպքում (եթե մագնիսական շղթան հագեցված չէ) պտտող մոմենտը հավասար է՝

$$M = 2rP_{\Sigma} = c2rlw_1w_2I_1I_2 \cos\psi_1 \cos\alpha_1,$$

որտեղ l -ը շարժական կոճի ակտիվ երկարությունն է, r -ը՝ կոճի հեռավորությունը պտտման առանցքից, w_1 , I_1 -ը՝ անշարժ կոճի գալարների թիվը և հոսանքը, w_2 , I_2 -ը՝ շարժական կոճի գալարների թիվը և հոսանքը, ψ_1 -ը, I_1 և I_2 հոսանքների միջև եղած փուլային շեղման անկյունը, α_1 -ը՝ շարժական կոճի հարթության և ակտիվ գալարների դաշտի լարվածության վեկտորի միջև եղած անկյունը, c -ն համամաստականության գործակիցն է, որը կախված է ընտրված միավորներից:

Էլեկտրադինամիկական ռելեններում առավելագույն մոմենտ ստանալու համար անհրաժեշտ է, որպեսզի $\cos\alpha_1 = 1$ և $\cos\psi = 1$, այսինքն շարժական կոճի հարթության և դաշտի լարվածության վեկտորի միջև եղած անկյունը պետք է հավասար լինի 0-ի, իսկ շարժական և անշարժ փաթույթների հոսանքները պետք է փուլերով համընկնեն: Հաստատուն հոսանքի դեպքում պտտող մոմենտը կլինի՝

$$M = c_1 I_1 I_2 \cos\alpha_1,$$

Նշելով փաթույթների միացման ձևից, կարելի է ստանալ մոմենտի ուղղաձային բնութագրեր՝ կախված հոսանքից (նկ. 4-33, ա) կամ նրա քառակուսուց (նկ. 4-33, բ):

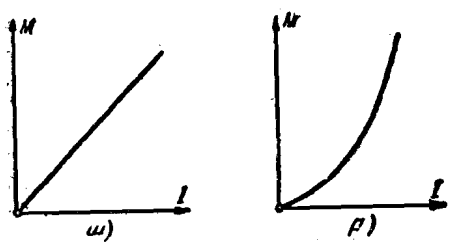
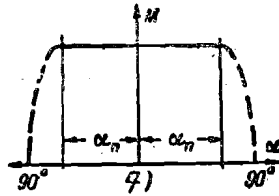
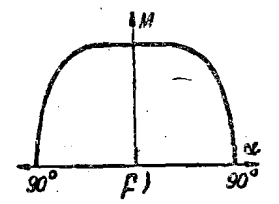
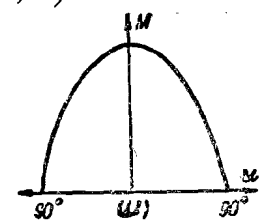
Առաջին դեպքում փաթույթներից մեկը պետք է սնվի հաստատուն հոսանքի անկախ աղբյուրից, իսկ երկրորդ դեպքում երկու փաթույթներով էլ, որոնք միացված են հաջորդաբար, պետք է հոսի միևնույն աշխատանքային հոսանքը:

Ա անկյունից կախված մոմենտի կորը որպես կանոն ունի նվազող բնույթ: Երբ շրջանակը պտտվում է հավասարաչափ դաշտում (օրինակ, երբ շրջանակը գտնվում է երկար, անշարժ կոճի մեջ), ապա մոմենտը փոխվում է կոսինուսի օրենքով (նկ. 4-34, ա):

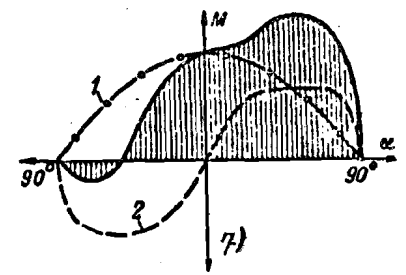
Եթե անշարժ կոճը կարճ է և նրանով ստեղծված դաշտը անհամասնու, ապա մոմենտի կորը ընդունում է նկ. 4-34, բ-ում պատկերված տեսքը:

Շարժական պողպատյա միջուկով ռելեի դեպքում բեկոններում դաշտն ուղղված է առանցքային ուղղությամբ (նկ. 4-34, գ), որի հետևանքով շրջանակի թեքման անկյան սահմաններում մոմենտը բեկոններում կմնա հաստատուն:

Եթե ռելեն ունի շարժական միջուկ (նկ. 4-30), ապա պտտող մոմենտը բաղկացած է լինում երկու մասից՝ շարժական փաթույթի էլեկտրադինամիկական մոմենտից (նկ.



Նկ. 4-33. Էլեկտրադինամիկական ռելեում մոմենտի փոփոխման բնույթը՝ կախված հոսանքի մեծությունից.
ա) գծային, բ) ոչ գծային



Նկ. 4-34. Մոմենտի կորը կախված շրջանակի պտտման α անկյունից.

ա) հավասարաչափ բաշխված դաշտում, բ) ոչ հավասարաչափ բաշխված դաշտում, գ) առանցքային դաշտում, դ) նկ. 4-31 ռելեի համար

4-34, դ, 1 կոր) և միջուկի էլեկտրադինամիկական մոմենտից (նկ. 4-32, 2 կոր):

Եթե էլեկտրադինամիկական ռելեն աշխատում է փոփոխական հոսանքով, ապա պտտող մոմենտի բնութագիրը, կախված պտտման անկյունից, մնում է նույնը, ինչպես հաստատուն հոսանքի ժամանակ: Սակայն այս դեպքում, երբ շրջանակը շեղվում է իր շեղոք դիրքից, նրա մեջ անշարժ փաթույթի հոսքից առաջանում է էլ. շ. ու., ինչպես տրանսֆորմատորի երկրորդային փաթույթում: Դրա հետևանքով հոսանքը շրջանակում ցածրանում է, և մոմենտը նվազում է ավելի կտրուկ, քան հաստատուն հոսանքի դեպքում:

Այս պատճառով փոփոխական հոսանքի ռելեի զգայունությունը ավելի փոքր է, քան հաստատունինը: Տրանսֆորմացիայի էլ. շ. ու.-ի արգելակող ազդեցությունը վերացնելու համար օգտագործում են հատուկ սխեմաներ:

Փոփոխական հոսանքի համակարգերում պաշտպանության համար օգտագործվող էլեկտրադինամիկական ռելեները հնարավորություն են տալիս հշտությամբ ստանալու պտտող մոմենտ, որը կախված է համակարգի հզորության ուղղությունից և մեծությունից: Դրանից ելնելով կարելի է պատրաստել այնպիսի ռելե, որը աշխատի $\cos \alpha$ ֆունկցիայով (ակտիվ հզորության ռելե) կամ աշխատի $\sin \alpha$ ֆունկցիայով (ռեակտիվ հզորության ռելե):

Իրոք, փոփոխական հոսանքի ռելեի համար

$$M = c_2 I_1 I_2 \cos \psi,$$

Անշարժ կոճը միացնելով հոսանքի շղթային ($I_1 \equiv I$), իսկ շարժականը՝ լարման շղթային ($I_2 \equiv U$), կստանանք՝

$$M = c_3 IU \cos (\varphi - \psi),$$

որտեղ φ -ին լարման և հոսանքի միջև փուլային շեղումն է, ψ -ը՝ շարժական կոճում լարման և հոսանքի միջև լրացուցիչ փուլային շեղումը:

Միացնելով լրացուցիչ ակտիվ կամ ինդուկտիվ դիմադրություն կամ օգտագործելով ավելի բարդ սխեմա, կարելի է ստանալ $\psi \approx 0$ կամ $\psi \approx 90^\circ$, այսինքն մոմենտը համեմատական կլինի ակտիվ ($IU \cos \varphi$) կամ ռեակտիվ ($IU \sin \varphi$) հզորությանը:

Էլեկտրադինամիկական ռելեի շարժական մասի կառուցվածքը նման է մագնիսաէլեկտրականին: Դրա համար էլ հակազդող մոմենտի բնութագրերը նույնպես կլինեն ուղղագծային:

Այսպիսով, օդային բացակի և շարժական փաթույթի պարամետրերի ընտրումը կարելի է կատարել նույն կարգով, ինչ որ էլեկտրամագնիսական ուղեղներինը:

4-17. ԻՆԴՈՒԿՑԻՈՆ ԵՎ ԻՆԴՈՒԿՑԻՈՆ-ԴԻՆԱՄԻԿԱԿԱՆ ՌԵԼԵՆԵՐ

Ինդուկցիոն ուղեղների զգայուն օրգանը բաղկացած է սկավառակով կամ գլանական ոտտորով ինդուկցիոն համակարգերից, իսկ ինդուկցիոն-դինամիկական ուղեղներում զգայուն օրգանը իրենից ներկայացնում է շրջանակով ինդուկցիոն համակարգ:

Ինդուկցիոն և ինդուկցիոն-դինամիկական ուղեղների գործողության սկզբունքը հիմնված է շարժական համակարգում ինդուկցված հոսանքի և մագնիսական դաշտի փոխազդեցության վրա: Դրա համար էլ նրանք օգտագործվում են միայն փոփոխական հոսանքի շղթաներում:

Սկավառակով ինդուկցիոն ուղեղները որպես կանոն ունենում են ալյումինե սկավառակ և տանգենցիալ մագնիսական համակարգ:

Տանգենցիալ մագնիսական համակարգերը հնարավորություն են տալիս առանց զգալի փոփոխությունների ստանալ տարբեր տեսակների ուղեղներ՝ կախված նրանց նշանակությունից: Այդ ուղեղների առավելություններն են՝ համեմատաբար հասարակ կառուցվածքը, էժան արտադրությունը և բավականին մեծ պտտող մոմենտը: Շարժական մասի թերությունը (սկավառակի) մեծ իներցիան է, այսինքն՝ գործողության դանդաղությունը:

Գլանական ոտտորով ինդուկցիոն ուղեղների առավելություններն են՝ թեթև և թմրուկ-ոտտորի և քառաբևեռ մագնիսական համակարգի առկայությունը:

Քառաբևեռ մագնիսական համակարգերը նույնպես հնարավորություն են տալիս ստանալու տարբեր տարատեսակներ, ըստ ուղեղի նշանակության: Բայց միևնույն ժամանակ այս ուղեղները ինդուկցիոն սկավառակով ուղեղներից բարդ են և թանկ: Ռեկի շարժական մասի (թմրուկի) ոչ մեծ իներցիան հնարավորություն է տալիս ստանալու մեծ արագացործություն (մինչև 0,02 վ): Այդ նշանակալի արժանիքը հնարավորություն է տալիս նրանց լայնորեն կիրառելու պաշտպանողական և ավտոմատիկայի շղթաներում:

Ինդուկցիոն-դինամիկական ուղեղները ունեն շրջանակով քառաբևեռ համակարգ:

Նրանք ունեն ավելի բարձր զգայունություն և ավելի փոքր գործման ժամանակ, քան թմրուկով ուղեղները: Նրանց թերությունն է փոքր պտտող մոմենտ ունենալը:

Ինդուկցիոն և ինդուկցիոն-դինամիկական սկզբունքներով են աշխատում հոսանքի, լարման, հզորության, հաճախության, դիմադրության և այլ ուղեղները:

Հոսանքի ուղեղն ունի բարդ մագնիսահաղորդիչով և էկրանով (կարճ միացված գալարներով) մագնիսական համակարգ, իսկ շարժական մասը սկավառակի տեսքով է: Լարման ուղեղն իրականացվում է հոսանքի ուղեղի նման, տարբերությունը միայն փաթույթների մեջ է:

Հզորության ուղեղն (նույնպես և հաճախության ուղեղն, հաճախությունների ցածրացման և հաճախությունների տարբերության ուղեղները) իրագործվում է ինչպես գլանական, այնպես էլ սկավառակային ոտտորով:

Գլանական ոտտորով ինդուկցիոն համակարգերի հիմքի վրա իրագործվում են դիմադրության (0 համեմտերը) ուղեղները, միջհեռավորության (դիստանցիոն) ուղեղները, հոսանքի դիֆերենցիալ ուղեղները (առանց արգելակման փաթույթներով):

Գլանական ոտտորով ինդուկցիոն ուղեղների և էլեկտրամագնիսական համեմատական ուղեղների հիմքի վրա իրագործվում են հոսանքային բալանսային ուղեղները: Ինդուկցիոն և ինդուկցիոն-դինամիկական ուղեղները լայնորեն օգտագործվում են էլեկտրաէներգետիկական համակարգերում՝ էլեկտրական շղթաների պաշտպանության համար:

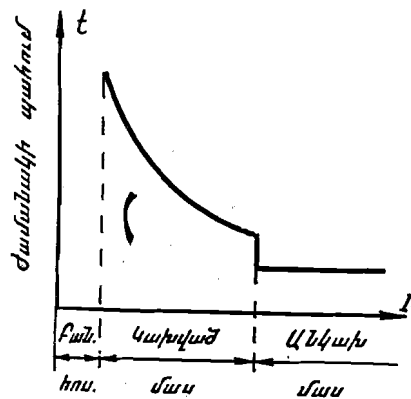
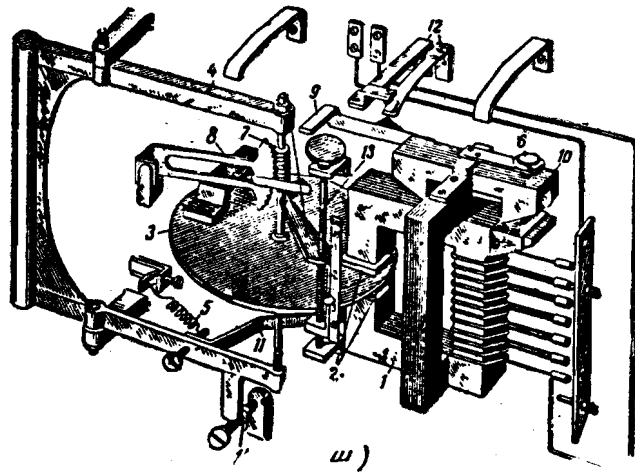
Համաձայն այդ շղթաների աշխատանքի պայմանների՝ պատրաստում են արագ և դանդաղ գործող ուղեղներ: $t = \frac{1}{f}$ (1) բնութագրի անկախ մասում, այսինքն այն մասում, որտեղ հոսանքի աճի դեպքում ժամանակը չի փոխվում, արագ գործող ուղեղները ունենում են մոտավորապես $0,02 \div 0,06$ վ գործման ժամանակ: Դանդաղ գործող ուղեղները ունենում են մոտավորապես $0,05 - 1,0$ վ ժամանակ:

4-18. ՀՈՍԱՆՔԻ ՌԵԼԵ

Առավել տարածված են առավելագույն հոսանքի ինդուկցիոն ուղեղները, որոնք ունեն ժամանակի հապաղման սահմանափակ կախվածություն բնութագրի (մակնիշ IT-80 և այլն): IT-80 մակնիշի ուղեղն (նկ. 4-35) իրենից ներկայացնում է ինդուկցիոն և էլեկտրամագնիսական ուղեղների համատեղություն:

Ինդուկցիոն համակարգերը աշխատում են ժամանակի հապաղմամբ, իսկ էլեկտրամագնիսականը՝ առանց ժամանակի հապաղման:

Ինդուկցիոն համակարգը բաղկացած է կարճ միացված գալարով մագնիսալարից: Երկու կարճ փակված գալարներով (2) մագնիսալարի բևեռների (1) միջև (նկ. 4-35) տեղավորված է ալյումինե սկավառակ



բ)

Նկ. 4-35. ИТ-80 մակնիշի առավելագույն հոսքերի ինդուկցիոն ռելե.

ա) կառուցվածքային սխեման, բ) հոսքավարկյանային բնութագիրը

(3): Սկավառակը նստեցված է առանցքի վրա, շրջանակի (4) մեջ, որն ունի սեփական անշարժ պտտման առանցք:

Մինչև ռելեի աշխատելը, շրջանակը զսպանակի (5) ազդեցության շնորհիվ ետ է ձգված մինչև հենարան, այդ ժամանակ սկավառակը կա-
րող է պտտվել: Սկավառակի առանցքի վրա նստեցված է որդնակը (7), որը մինչև ռելեի աշխատանքը չի կցվում ատամնավոր սեգմենտին (8):

Սկավառակի հետ միասին շրջանակի շրջադարձից հետո միայն տեղի է ունենում սեգմենտի հետ որդնակի կցումը: Դրանից հետո սեգ-
մենտը շարժական լծակով սկսում է բարձրանալ դեպի վեր մինչև (9)
կանթը, վերջինս ամրացված է խարխսի (10) ձախ կիսորդի վրա: Կան-
թը բարձրանալով վեր պտտում է խարխսին՝ վերջինիս առանցքի վրա:
Դրա հետևանքով միջուկի (1) և խարխսի (աջ մասի) միջև օդային բա-
ցակը որոշակի մեծությամբ փոքրանում է, և խարխսի աջ վերջավորու-
թյունը ձգվում է դեպի էլեկտրամագնիսի միջուկը:

Թիթեղիկը (9) խարխսի ձախ վերջավորությամբ հետ միասին բարձ-
րանում է և միանում է կոնտակտը (12), որը մնում է միացված մինչև
ռելեի փաթույթում հոսանքի փոքրանալը կամ դադարումը: Շրջանակի
շրջադարձը և սեգմենտի կցումը որդնակի հետ տեղի է ունենում միայն
ռելեի փաթույթում նվազագույն աշխատեցնող հոսանքի ավելացման
դեպքում: Այդ հոսանքը կոչվում է ռելեի աշխատեցնող հոսանք: Աշխա-
տեցնող հոսանքը 20—30 % -ով գերազանցում է ռելեի նախադրանքի հո-
սանքին: Ռելեի փաթույթում հոսանքի ընդհատումից կամ ետդարձի
հոսանքի չափ փոքրանալուց հետո զսպանակը (5) ետ է ձգում շրջա-
նակին, և սկավառակը տեղաշարժում է:

Այդ ժամանակ որդնակը ազատվում է կցի և ռելեի ամբողջ
մեխանիզմը խարխսի հետ միասին վերադառնում է նախնական դիր-
քին: Սկավառակը շտեղաշարժելով սեգմենտին (8), շարունակվում է
պտտվել: Հետևաբար սկավառակի պտտումը դեռ բավարար չէ, որպեսզի
ռելեն գործի:

Որդնակի և սեգմենտի արտակցումից խուսափելու համար, վերջի-
նիս դեպի վեր բարձրանալու դեպքում, շրջանակի վրա տեղադրված է
պողպատյա թիթեղ: Այդ թիթեղի վրա ազդում են էլեկտրամագնիսի
ցրման հոսքերը, նրանք ստեղծում են լրացուցիչ ձիգեր, որոնք հաղթա-
հարում են որդնակի և սեգմենտի արտակցումը:

էլեկտրամագնիսական համակարգը բաղկացած է շրջափակող մի-
ջուկից և (10) խարխսից, որն ամրացված է առանցքի վրա: Խարխսի
ձախ կեսը կանթի հետ միասին կշռում է ավելի, քան աջ կեսը: Մինչև ռելեի
աշխատելը ձախ մասի կշռի ազդեցության տակ խարխսը ձգվում է
ժամացույցի սլաքին հակառակ ուղղությամբ, մինչև վերջ և հենվում է
պտտուտակին (6): Էլեկտրամագնիսի և խարխսի աջ վերջավորության
միջև օդային բացակի մեծությունը կարելի է փոփոխել պտտուտակի (6)
միջոցով: Կանգնակի մեջ պտտուտակի ներպտտուտակման ժամանակ այն
սեղմում է խարխսին և փոքր-ինչ պտտում նրան ժամացույցի սլաքի
ուղղությամբ: Օդային բացակը այդ դեպքում փոքրանում է: Բայց ինչ-
քան փոքր է բացակը, այնքան փոքր է գործման ընդհատման հոսանքը:
Ակնհայտ է, որ փաթույթի միջով գործման ընդհատման հոսանքից փո-

քըր հոսանք հոսելու դեպքում խարխիսը չի կարող շրջվել և միացնել կոնտակտները (12): Այս դեպքում օգնության է գալիս ռելեի ինդուկցիոն մասը: Նրա դերը այն է, որ ժամանակի ինչ-որ մի պահին խարխիսի (10) ձախ մասի վրա ներքևից սեղմի և ստիպի նրան միացնել ռելեի կոնտակտները՝ ավելի փոքր հոսանքի դեպքում, քան գործման ընդհանուր հոսանքն է:

Ռելեի գործման հոսանքը կարգավորվում է աստիճանական, փաթույթի գալարների թիվը փոխանջատելու միջոցով: Այդ իրագործվում է սանդղակի վրա զամասեղը համապատասխան բնիկի մեջ մտցնելով (տես նկ. 4-35-ը աչից):

Եթե զամասեղի դուրս հանելուց ռելեի փաթույթի շղթան անջատվում է, ապա հոսանքի նախադրումը կարելի է փոխել ազատ զամասեղի միջոցով, որը գտնվում է ներքևի ազատ բնիկում:

Ընդհանուր տեղաշարժի հոսանքի պատկերությունը ռելեի գործման հոսանքի համեմատությամբ կարելի է փոխել պտտականի (6) միջոցով, 2-ից 15-ի սահմաններում:

Ռելեի պահմիջոցի ժամանակը հոսանքից կախված որոշվում է սկավառակի (3), հետևաբար և սեզմենտի (8) հետ լծակի շարժման արագությամբ: Հետևաբար, ինչքան մեծ հոսանք է անցնում էլեկտրամագնիսի փաթույթով, այնքան սկավառակը որդնակի հետ միասին ավելի արագ է պտտվում և այնքան սեզմենտը լծակի հետ միասին արագ է անցնում ռելեի կոնտակտները փակելու համար պահանջվող ճանապարհը:

Սկավառակի պտտումը ապահովվում է ռելեի մագնիսական համակարգի միջոցով:

Հոսանքը անցնելով փաթույթով, ստեղծում է ընդհանուր Φ_0 մագնիսական հոսք: Φ_0 հոսքը էկրանի (կարճ փակված զալարի) առկայության շնորհիվ բաժանվում է երկու հոսքերի՝ Φ_u և Φ_r , որոնք շեղված են միմյանց նկատմամբ ψ անկյունով: Այդ հոսանքը թափանցելով սկավառակի (3) մեջ, նրանում ինդուկտում է E_{yu} և E_{ry} է. շ. ու. ներ, որոնք ետ են ընկած Φ_u և Φ_r հոսքերից 90° -ով: է. շ. ու. ները սկավառակի մեջ ստեղծում են I_{yu} և I_{ry} հոսանքներ: Φ_u հոսքի և I_{ry} հոսանքի, Φ_r հոսքի և I_{yu} հոսանքի փոխներգործությունների շնորհիվ առաջանում է ազդող ուժ, որն ստեղծում է պտտման մոմենտ.

$$M_{\text{պտ}} = k_1 \Phi_u \Phi_r f \sin \psi,$$

որտեղ k_1 -ը հաստատուն է՝ կախված երկրաչափական չափերից, սկավառակի նյութից և սկավառակի առանցքի նկատմամբ բեռների դասավորությունից:

Φ_u -ն և Φ_r -ն հոսքերի գործող արժեքներն են, f -ը՝ փոփոխական հոսանքի հաճախությունը, ψ -ին՝ հոսքերի միջև եղած շեղումը:

Քանի որ Φ_u -ն և Φ_r -ն ուղիղ համեմատական են հոսանքին (չհագեցած մագնիսահաղորդիչի դեպքում), ապա՝

$$M_{\text{պտ}} = k I^2,$$

Սկավառակի շրջադարձին խոչընդոտ է $M_{\text{պտ}}$ հակազդող մոմենտը, որն ստեղծվում է արգելակող մագնիսի (6) կողմից ցրման և աշխատանքային հոսքերի արգելակող գործողությամբ:

Արգելակող մոմենտից ավելի մեծ նշանակություն ունի հակազդող մոմենտը, որը հավասար է՝

$$M_{\text{պտ}} = c B^2 \omega_{\text{պ}},$$

որտեղ c -ն հաստատուն է, որը որոշվում է սկավառակի չափերից, և սկավառակի ու արգելակող մագնիսի փոխադարձ դիրքից:

B -ն արգելակող հաստատուն մագնիսի ինդուկցիան է սկավառակում,

$\omega_{\text{պ}}$ -ն՝ սկավառակի անկյունային արագությունը:

Սկավառակի հաստատված պտտման արագության դեպքում

$$M_{\text{պտ}} = M_{\text{պտ}}^{\text{հ}}$$

Հետևաբար, սկավառակի անկյունային արագությունը հավասար կլինի՝

$$\omega_{\text{պ}} = \frac{k_1 \Phi_u \Phi_r f \sin \psi}{c B^2},$$

Եթե (7) որդնակի, (3) սկավառակի և աշխատանքային սեզմենտի լծակի փոխանցման թիվը հավասար է n -ի, ապա լծակի անկյունային արագությունը՝ $\omega_{\text{լ}}$ կլինի.

$$\omega_{\text{լ}} = \omega_{\text{պ}} \cdot n:$$

Լծակի տեղաշարժի ժամանակը, այսինքն հապաղման ժամանակը կլինի՝

$$t = \frac{\alpha c B^2}{(k_1 \Phi_u \Phi_r f \sin \psi) n} \quad (4-6)$$

կամ

$$t = \frac{\alpha c B^2}{k I^2 n},$$

Ռելեի հապաղման ժամանակը ուղիղ համեմատական է սեզմենտի շրջադարձի անկյանը և հակադարձ համեմատական՝ փաթույթի հոսանքի քառակուսուն:

Այն կարգավորում են կանթի (9) և լծակի միջև եղած հեռավորության փոփոխությամբ:

Պտուտակը (13) պտտվելով այս կամ այն կողմը, բարձրանում կամ իջնում է լծակը:

Ռելեի գործման հապաղման ժամանակի նախադրումը կատարվում է ըստ սանդղակի: Քննարկված ռելեի գործողությունը ապահովվում է ինդուկցիոն և էլեկտրամագնիսական համակարգի համատեղ աշխատանքով:

Ինդուկցիոն համակարգը հնարավորություն է տալիս իրագործել հապաղման ժամանակի կարգավորումը, իսկ էլեկտրամագնիսական համակարգը, պաշտպանող շղթայում հոսանքի արժեքների նշանակալի մեծացման դեպքում, իրագործում է ռելեի աշխատանքը առանց ժամանակի հապաղման:

Հոսանքի ինդուկցիոն ռելենների կառուցվածքները տարբեր են: Հայրենական գործարանների կողմից թողարկվող ИТ-81 և ИТ-82 ռելենները տարբերվում են մեկը մյուսից կարգավորման սահմաններով, գործման հոսանքներով և ժամանակի հապաղումներով:

Ռելեի կոնտակտները կարող են լինել ինչպես փակվող, այնպես էլ բացվող:

Ինդուկցիոն ռելենների ետադարձի գործակիցը մոտավորապես 0,85 է, իսկ էլեկտրամագնիսականներինը՝ 0,4:

Հոսանքի ինդուկցիոն ռելենների հաշվարկը կատարվում է հետևյալ հաջորդականությամբ.

1. Ըստ գործման հոսանքի, ելնելով փաթույթի տեղից, հաշվարկում են փաթույթի տվյալները: Հաշվարկը կատարում են այնպես, ինչպես փոփոխական հոսանքի հաջորդաբար միացված փաթույթի համար:

2. Գիտենալով մագնիսահաղորդիչի չափերը և մ. շ. ու.-ն, կոմպլեքս եղանակով հաշվարկում են մագնիսական շղթան, որոշում են $\Phi_{\text{н}}$, $\Phi_{\text{բ}}$ հոսքերը և նրանց միջև կազմված ψ անկյունը:

3. Որոշում են ժամանակի պահումը ըստ 4-6 բանաձևի:

4. Որոշում են հաստատուն մագնիսի բևեռների տակ P_1 և P_2 գործող ուժերը և այդ ուժերի կողմից առաջացած մոմենտը, որն ազդում է շրջանակի վրա:

5. Օգտվելով որոշված մոմենտի և զսպանակի հակազդող մոմենտի հավասարությունից, գտնում են զսպանակի ձգվածությունն անհրաժեշտ ուժը և ըստ այդ ուժի հաշվարկում զսպանակը:

6. Հաշվում և կառուցում են $t = f(I_{\text{պառ.}})$ կորերը α -ի ($I_{\text{պառ.}}$ -ը հոսանքի պատիկությունն է տեղաշարժման հոսանքի հարաբերության տրված գալարների թվի դեպքում) տարբեր արժեքների համար:

7. Որոշում են էլեկտրամագնիսական ուժերը, օգտվելով ակնթարթային գործման հոսանքի պահանջվող արժեքից: Այս դեպքում հակազդող մոմենտը պետք է հավասար լինի էլեկտրամագնիսական ճիգերին:

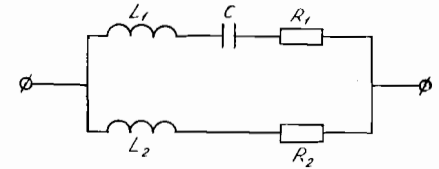
4-19. ՀԱՃԱԽԱՅԻՆ ՌԵԼԵ

Ինդուկցիոն հաճախային ռելեն հսկում է էներգահամակարգի հաճախության փոփոխումը, ընկալում հաճախության տարբերությունը, և ավտոմատ կերպով կարգավորում է բեռը վտանգավոր հաճախային ցածրացումից: Հսկող հաճախային ռելեն, գլանական ուտորով, պատրաստում են ИМБ-180 մագնիսական ռելեի հիման վրա: Ռելեն ունի երկու փաթույթ, միացված երկու կոնտուրով՝ $R_1 L_1 C$ և $R_2 L_2$ (նկ. 4-36):

Միջարման դեպքում կոնտուրում հոսանքը հավասար է՝

$$I_1 = \frac{\dot{U}}{R_1 + j(\omega L_1 - 1/\omega C)},$$

$$I_2 = \frac{\dot{U}}{R_2 + j\omega L_2},$$



Նկ. 4-36. ИМБ-170 գլանական ուտորով հաճախային ռելեի միացման էլեկտրական սխեման

I_1 և I_2 հոսանքների և լարման միջև փուլային շեղումները կլինեն՝

$$\varphi_1 = \arctg \frac{\omega L_1 - 1/\omega C}{R_1},$$

$$\varphi_2 = \arctg \frac{\omega L_2}{R_2},$$

Ըստ փուլի համընկման և կոճում հոսանքի ու բացակում հոսքի գծային կապի դեպքում գլանի պտտող մոմենտը կլինի՝

$$M_{\text{պտ.}} = k I_1 \cdot I_2 \cdot \sin \psi:$$

Այս արտահայտության բազմապատկիչները կախված են տրված լարման հաճախությունից:

Սխեմայի տարրերի համապատասխան ընտրությունով, որոնցով որոշվում են I_1 և I_2 հոսանքների փուլային շեղումը տրված լարման փուլի հետ, կարելի է հասնել պտտող մոմենտի հնարավոր մեծ ամիցանցի հաճախության նույնիսկ նվազագույն փոփոխության դեպքում:

Ռելեի զգայունությունը կախված է φ անկյունից. ինչքան φ անկյունը փոքր է, այնքան ռելեի զգայունությունը մեծ է: $\varphi = 90^\circ$ -ի դեպքում նրա զգայունությունը հաճախության նկատմամբ

նվազում է, քանի որ հաճախության շատ փոքր փոփոխման դեպքում հոսանքների միջև եղած անկյունը ունենում է ոչ մեծ փոփոխություն: Այդ պատճառով էլ լրիվ դիմադրության աշխատանքային անկյունը պետք է ընկած լինի 90° -ի և 0° -ի սահմաններում: $\text{IB } \Psi-011$ ռելեն հաշվարկված է 100 Վ լարման և 50 Հց հաճախության համար: Հաճախության կարգավորման սահմաններն են $49-45$, $49-46,5$ և $46,5-45$ Հց: Հաճախության սահմանված արժեքից մեծ լինելու դեպքում սրանք ունեն իրենց կոնտուրը կարճաժամկետ փակելու հատկություն: Ռելեի ետադարձի գործակիցը մեծ չէ $1,1$ -ից: Հաճախության կարգավորման սխալը ցանցի լարման $60-120$ Վ տատանման դեպքում չի անցնում $0,2$ Հց-ից, իսկ շրջապատող օդի ջերմաստիճանի 10°C -ից 40°C -ի տատանման դեպքում՝ $0,25$ Հց-ից:

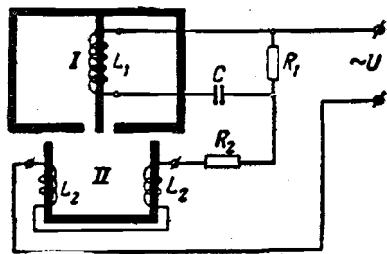
Կոնտակտների անջատման հզորությունը 220 Վ հաստատուն հոսանքի շղթայում, ինդուկտիվ բեռի ժամանակ, հավասար է 50 Վտ-ի:

$\text{IP } \Psi-01$ ռելեն ունի երկու փաթույթ: Առաջին փաթույթը լրացուցիչ դիմադրության միջոցով հաջորդաբար միանում է կայանքի հոսանքատար լարերին (լարման տրանսֆորմատորի միջոցով), երկրորդ փաթույթը նույնպես լրացուցիչ դիմադրության միջոցով միանում է գեներատորի մնացորդային լարմանը:

Ռելեի փաթույթներում համեմատվող լարման հաճախության փոփոխվելու դեպքում ռելեի շարժական համակարգը սկսվում է շարժվել: Տատանման ամպլիտուդը որոշվում է հաճախության և հոսանքի մեծությունների տարբերությամբ, որը առաջանում է երկրորդ փաթույթում: Երկրորդ փաթույթում հոսանքի մեծությունը և հաճախության ամպլիտուդի տարբերության փոքրացումը մեծացնում է շարժական համակարգի տատանումը: Ռելեի կոնտակտները փակվում են հաճախության այնպիսի տարբերության դեպքում, որը փոքր է սովորական մեծությունից:

Հաճախության հսկման սկավառակով ռելեն պատրաստում են երկու փաթույթներով՝ տանգենցիալ մագնիսական համակարգի հիման վրա, նկ. 4-37:

Առաջին (I) փաթույթը դասավորված է մագնիսական համակարգի վերին բևեռում և միացվում է փոփոխական լարմանը՝ հաջորդաբար C ունակությամբ և զուգահեռ R_1 դիմադրությամբ: Երկրորդ (II) փաթույթը (L_2 երկու կոճի տեսքով) դասավորվում է ներքին բևեռում: R_2 ակտիվ դիմադրությունը հաջորդաբար միացված է երկրորդ փա-



Նկ. 4-37. Սկավառակով հանախության ռելեի միացման էլեկտրական սխեման

թույթին, որի միջոցով կարգավորվում է ռելեի հաճախության նախադրանքը: $L_1 CR_1$ շղթայի հաճախության փոքրացման ժամանակ փոքրանում է նաև Φ_1 հոսքը, որը փոխադրելով Φ_2 -ի հետ, ստեղծում է սկավառակի պտտող մոմենտ՝ ուղղված փակվող կոնտակտների կողմը:

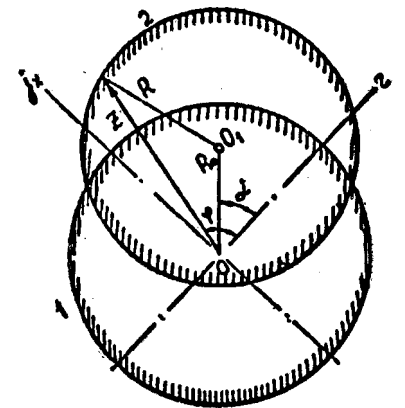
4-20. ԴԻՄԱԴՐՈՒԹՅԱՆ ՌԵԼԵ

Դիմադրության ինդուկցիոն ռելեն պատրաստում են դլանական ոտտորի հետ միասին: Սկավառակի կամ ոտտորի պտտման անկյունը համեմատական է լարման և հոսանքի հարաբերությանը:

Լարման և հոսանքի մեծությունները կախված են գծի տեղամասի, ալսինքն ռելեի տեղակայման տեղից, մինչև գծում կարճ միացման կետը եղած դիմադրությունից: Դրա համար դիմադրության ռելեի բնութագիրը որոշվում է գծի պաշտպանիչ տեղամասի դիմադրությամբ: Այստեղից էլ ռելեն կոչվում է դիմադրության ռելե-0 համետոր կամ դիստանցիոն (հեռավորության) ռելե:

Դիմադրության ռելեի միջոցով պաշտպանվող գծի տեղամասի մեծությունը որոշվում է գծի հաղորդիչների լրիվ կամ ինդուկտիվ դիմադրությամբ: Առաջին դեպքում որոշվում է հաղորդիչների և էլեկտրական գծի աղեղի վրա առաջացող դիմադրությամբ: Երկրորդ դեպքում աղեղի դիմադրությունը բացառվում է: Դիմադրության ռելեները բաժանվում են՝ լրիվ և ուղղորդված դիմադրությունների:

Լրիվ դիմադրության ռելեները իրականացվում են մոմենտների մեխանիկական համեմատության սկզբունքով (բազմահամակարգ ռելե) և մեկ մոմենտի սկզբունքով (միահամակարգ ռելե): Առաջինները պատրաստվում են սկավառակով, իսկ վերջինները՝ գլանական ոտտորով: Դիմադրության ռելեի բնութագրերը որպես կանոն կառուցվում են γ և x կոորդինատային առանցքների վրա: Այդ բնութագրերը (նկ. 4-38) ունեն տարբեր դիրքում դասավորված կենտրոններով շրջանագծերի տեսք:



Նկ. 4-38. Դիմադրության ռելեի բնութագիրը:

1—լրիվ դիմադրության ռելե, որի կենտրոնը առանցքի սկզբնակետում է, 2—ուղղորդված դիմադրության ռելե, որի կենտրոնը կոորդինատային առանցքների սկզբնակետից դուրս է (ռելեների աշխատանքային սահմանները նրբագրված են)

Դիմադրության ունեւի հավասարումը համապատասխանում է $\Gamma-X$ բեկեռային կոորդինատներում շրջանագծի ընդհանուր հավասարմանը (նկ. 4-38)։

$$Z^2 + R_0^2 - 2ZR_0(\cos \varphi - \alpha) = R^2,$$

որտեղ R_0 -ն շրջանագծի կենտրոնի բեկեռային շառավիղ-վեկտորն է, α -ն արագիւնների առանցքի և R_0 -ի կազմած անկյունը։

Մասնավոր դեպքեր

1. $R=R_0$ շրջանագծին անցնում է կոորդինատների սկզբնակետով։
2. $R=0$ շրջանագծի կենտրոնը տեղավորվում է կոորդինատների առանցքի սկզբնակետում։

Սովորաբար ունեն իրացվում է այնպես, որ ընդհանուր առանցքի վրա գործեն երեք հետևյալ բնութագրերով համակարգերի մադնի-սական մոմենտները՝

$$M_{\alpha\omega, \alpha\omega} = k_{\alpha\omega, \alpha\omega} U l \cos(\varphi - \alpha), \quad M_{\alpha\omega, \alpha} = k_{\alpha\omega, \alpha} \cdot l^2, \quad M_{\alpha\omega, l} = k_{\alpha\omega, l} U^2, \quad (4-7)$$

որտեղ $M_{\alpha\omega, \alpha\omega}$ -ը պտտման մոմենտն է՝ ըստ հզորության,

$M_{\alpha\omega, l}$ -ը պտտման մոմենտը՝ ըստ լարման,

$M_{\alpha\omega, \alpha}$ -ը պտտման մոմենտը՝ ըստ հոսանքի։

$M_{\alpha\omega, l}$ -մոմենտին հակազդում է $M_{\alpha\omega, \alpha\omega}$ և $M_{\alpha\omega, \alpha}$ մոմենտները։ Էլեկտրահաղորդման գծի նորմալ աշխատանքային ուժիմում, երբ $U=U_{\text{ն}}$

$$M_{\alpha\omega, l} > M_{\alpha\omega, \alpha\omega} + M_{\alpha\omega, \alpha}$$

l երկարությամբ, գծի տեղամասում կարճ միացման դեպքում, երբ հոսանքը խիստ մեծանում է, իսկ լարումը գծի սկզբում ընկնում է, այսինքն $U \ll U_{\text{ն}}$ ։

$$M_{\alpha\omega, l} < M_{\alpha\omega, \alpha\omega} + M_{\alpha\omega, \alpha}$$

Ռելեի հաշվարկը կատարվում է ըստ կրիտիկական վիճակի.

$$M_{\alpha\omega, l} = M_{\alpha\omega, \alpha\omega} + M_{\alpha\omega, \alpha} \quad (4-8)$$

Տեղադրելով մոմենտի արժեքը (4-7) բանաձևից (4-8)-ի մեջ, կստանանք

$$k_{\alpha\omega, l} U^2 - k_{\alpha\omega, \alpha\omega} U l \cos(\varphi - \alpha) = k_{\alpha\omega, \alpha} l^2 \quad (4-9)$$

Բաժանելով (4-9) հավասարման բոլոր անդամները $k_{\alpha\omega, l} l^2$ -ու և երկու

մասին էլ ավելացնելով $\left(\frac{k_{\alpha\omega, \alpha\omega}}{2k_{\alpha\omega, l}}\right)^2$, կստանանք՝

$$Z^2 + \left(\frac{k_{\alpha\omega, \alpha\omega}}{2k_{\alpha\omega, l}}\right)^2 - \frac{k_{\alpha\omega, \alpha\omega}}{k_{\alpha\omega, l}} \cdot Z \cdot \cos(\varphi - \alpha) = \left(\sqrt{\frac{k_{\alpha\omega, \alpha\omega}^2 + 4k_{\alpha\omega, \alpha} \cdot k_{\alpha\omega, l}}{4k_{\alpha\omega, l}^2}}\right)^2, \quad (4-10)$$

$$\text{որտեղ} \quad Z = \frac{U}{l},$$

Բեկեռային կոորդինատներում (4-10) արտահայտությունը համապատասխանում է այն շրջանագծին, որի շառավիղը

$$R = \sqrt{\frac{k_{\alpha\omega, \alpha\omega}^2 + 4k_{\alpha\omega, \alpha} \cdot k_{\alpha\omega, l}}{4k_{\alpha\omega, l}^2}},$$

կենտրոնի դիրքը բնորոշող բեկեռային շառավիղ-վեկտորը կլինի՝

$$R_0 = \frac{k_{\alpha\omega, \alpha\omega}}{2k_{\alpha\omega, l}},$$

Տարբեր տեսակի դիստանցիոն ունեւների կառուցման համար (4-10) արտահայտությունը ելակետային է։

Երկրորդ շրջանագծին համապատասխանող բնութագրերը (նկ. 4-38) իրենից ներկայացնում է դիմադրության ունեւ, երբ առկա են բոլոր երեք տարրերը՝ հոսանքը, լարումը և հզորությունը։ Հզորության տարրի բացակայության դեպքում ($k_{\alpha\omega, \alpha\omega} = 0$) ստացվում է լրիվ դիմադրության ունեւ, որի բնութագրերը համապատասխանում են առաջին շրջանագծին (նկ. 4-38)։

$$R = \sqrt{\frac{k_{\alpha\omega, \alpha}}{k_{\alpha\omega, l}}}, \quad R_0 = 0$$

Ռելեի հաշվարկի ժամանակ վերցնում են դիմադրության երկրորդային արժեքները, այսինքն դիմադրությունների արժեքները հաշվարկված՝ ելնելով հոսանքի և լարման տրանսֆորմատորների երկրորդային շղթայի արժեքներից.

$$U_2 = \frac{U_{\text{աբ}}}{k_1}, \quad I_2 = \frac{I_{\text{աբ}}}{k_2}, \quad Z_2 = Z_1 - \frac{k_2}{k_1},$$

որտեղ $U_{\text{աբ}}$ -ը l երկարությամբ տեղամասի գծի սկզբում երկու ֆազերի միջև եղած լարումն է կարճ միացման դեպքում,

$I_{\text{աբ}}$ -ը կարճ միացված ֆազային հոսանքն է,

Z_1 -ը՝ կարճ միացված շղթայի լրիվ դիմադրությունը,

k_1 -ը և k_2 -ը՝ լարման և հոսանքի տրանսֆորմատորների տրանսֆորմացիայի գործակիցները:

$U_{\omega p}$ լարումը և Z_1 լրիվ դիմադրությունը հնարավոր է արտահայտել

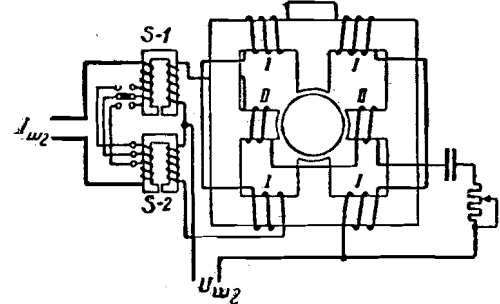
$$U_{\omega p} = 2l l_{\omega p} Z_{kz}; \quad Z_1 = \frac{U_{\omega p}}{I_{k\omega p}} = 2l Z_{kz},$$

որտեղ l -ը գծի երկարությունն է կայանից կամ ենթակայանից մինչև կարճ միացման տեղը,

Z_{kz} -ը՝ մեկ կիլոմետր գծի դիմադրությունը:

Քանի որ միևնույն արժեքը կարող է լինել լարման և հոսանքի տարբեր երկրորդային մեծությունների դեպքում, ապա ուղիների ընկնելը կորոշվի ոչ թե U և I մեծություններով, այլ նրանց հարաբերությամբ:

Սկզբնականում բազմահամակարգ ուղիների ընդհանուր առանցքի վրա գործում են երեք համակարգերի մոմենտները, որի հետևանքով նրանց համար բնորոշ է դանդաղագործությունը:



Նկ. 4-39. Միաճամակարգ դիմադրության ուղի

Գլանական ուտորով մեկ համակարգանի ուղեում $M_{\omega p}$, $M_{\omega p, \omega q}$ և $M_{\omega p, \omega z}$ մոմենտների համեմատությունը կատարվում է ինդուկցիոն հատարվում է

մակարգում մագնիսական դաշտերի համապատասխան բաշխման միջոցով:

Միահամակարգ ուղին կազմված է գլանական ուտորով քառաբևեռ մագնիսական համակարգերից, ծօղային բացակով հոսանքի երկու միջանկյալ տրանսֆորմատորներից, ($S-1$ և $S-2$) ավտոտրանսֆորմատորներից և կոնդենսատորից (Նկ. 4-39): Ուղին ունի մեկ պտտող մոմենտ: Այդ պատճառով շարժական մասի առանցքն ու հենարանները կարճ միացման հոսանքի նույնպիսի արժեքների դեպքում մեծ մեխանիկական բեռնվածություն չեն կրում:

Դիմադրության ուղղված ուղին կառուցվում է լրիվ դիմադրության համակարգի նման, բայց հոսանքի մեկ միջանկյալ տրանսֆորմատորով: Տրանսֆորմատորը միացվում է 1-1 բևեռների կոճերի շղթային:

4-21. ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ԶԵՐՄԱՅԻՆ ՌԵԼԵ

Ջերմային ուղիի աշխատանքի հիմքում ընկած է մարմնի ֆիզիկական հատկությունների փոփոխման սկզբունքը էլեկտրական հոսանքով

առաքացնելիս: Նրանք սկսում են աշխատել հիմնական զգայուն տարրի որոշակի տաքացման դեպքում:

Ջերմության նկատմամբ որպես հիմնական զգայուն տարր վերցնում են տարբեր, միմյանց հետ ամուր միացված գծային և ընդարձակման գործակիցներով պինդ մարմիններ, ջերմաերկմետաղներ և այլն: Երկմետաղի տաքացումը իրագործվում է էլեկտրական հոսանքով, որն անցնում է անմիջապես երկմետաղով կամ նրան շրջապատող սարքավորումներով:

Ջերմային ուղիները՝ ջերմաուղիների և թերմոստատների հիմնական ներկայացուցիչներն են, որոնց աշխատանքը կախված է շրջապատող միջավայրի ջերմաստիճանից:

Դիտարկենք առավել տարածված ջերմային ուղիներ: Որպես տաքացվող մարմին ջերմային ուղեում օգտագործվում են անուղղակի կամ կոմբինացված տաքացմամբ երկմետաղների մեխանիզմները:

Երկմետաղը տաքացնելով, նրանցից մեկը ընդարձակվում է շատ, մյուսը՝ քիչ (տարբեր α -ի պատճառով), արդյունքում երկմետաղային համակարգը ճկվում է՝ միացնելով կամ անջատելով ուղիի կոնտակտները:

Ջերմային ուղիները օգտագործվում են որպես հոսանքի ուղիներ՝ գերբեռնվածությունից և կարճ միացման հոսանքներից պաշտպանելու համար:

Երկմետաղային մեխանիզմով ջերմային ուղիները մեծ մասամբ օգտագործվում են էլեկտրական սարքավորումները երկարատև գերբեռնավորման դեպքում գերտաքացումից պաշտպանելու համար:

Ուղիի բանեցման ժամանակը, սկսած գերբեռնվածության հետևանքով տաքացման պահից, կախված է շրջապատի սկզբնական ջերմաստիճանից, հոսանքի մեծությունից և ուղիի կառուցվածքից:

Ջերմային ուղիի հիմնական բնութագրերից մեկը համարվում է ամպերվայրկյանային բնութագիրը, որն արտահայտում է ժամանակի կախվածությունը հոսանքից:

Նկ. 4-40-ում բերված են ջերմային ուղիների բնորոշ ամպերվայրկյանային բնութագրերը:

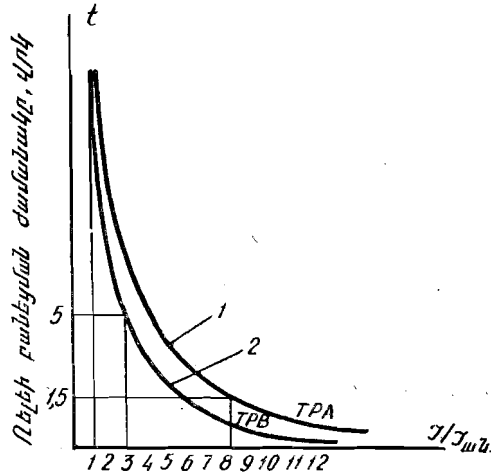
Էլեկտրական մեքենաները և մյուս օբյեկտները պաշտպանող ջերմային ուղիներին ներկայացվում են հետևյալ պահանջները.

ա) անջատման ժամանակամիջոցը գերբեռնավորման ժամանակ չպետք է լինի այնպիսին, որի ընթացքում պաշտպանվող մեքենայի գերտաքացումը բարձրանա թույլատրելի մեծությունից.

բ) ուղիի բանեցման ժամանակը չպետք է լինի չափից ավելի փոքր, որպեսզի լիովին օգտագործվի պաշտպանվող մեքենայի գերբեռնավոր-

ման հնարավորությունը. գ) ունեն չպետք է գործի ասինխրոն շարժիչի ուղղակի, անմիջապես ցանցից:

էլեկտրական մեքենաները գերբեռնավորումից պաշտպանելու համար անհրաժեշտ է, որ ունենան ամպերվայրկյանային բնութագրերը որքան հնարավոր է մոտ լինի մեքենայի ջերմային (գերբեռնավորման) բնութագրին:



Բեռնվածության հոսանքի պատկերացումը

Նկ. 4-40. Ջերմային ունեցելի ամպերվայրկյանային բնութագրերը

դեպքում: Այդ պատճառով նորմալ պաշտպանող բնութագրի ստանալու համար անհրաժեշտ է, որպեսզի պաշտպանվող օբյեկտի (էլեկտրական մեքենայի, շարժիչի) համար շրջապատող միջավայրի ջերմաստիճանը և ունեցնող համարակնի կամ ունեցի երկմետաղանի մեխանիզմը աշխատի առավել բարձր ջերմաստիճանում (110—120°C):

4-22. ԵՐԿՄԵՏԱՂ ԶԵՐՄԱՅԻՆ ՌԵԼԵԻ ԶԳԱՅՈՒՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

Եթե միմյանց զոդված երկմետաղի մի ծայրը ամրացնենք և տաքացնենք, ապա նա կթեքվի այն թիթեղի ուղղությամբ, որի գծային ընդարձակման α գործակիցը փոքր է (Նկ. 4-41):

Երկմետաղի ձկվածքը կլինի, երբ $\alpha_1 > \alpha_2$ -ից

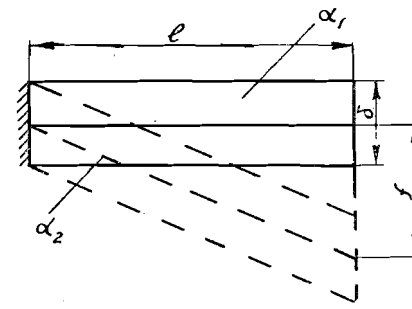
$$\delta = 0,75 M \tau \frac{l^2}{\delta},$$

որտեղ զգայունությունը՝

$$M = \alpha_1 - \alpha_2, \quad \tau = \Theta - \Theta_0,$$

Ռելեի ամպերվայրկյանային բնութագրի անալիտիկ արտահայտությունը կարող է ստացվել միայն մոտավոր, այդ պատճառով էլ բնութագրի ավելի ճիշտ արժեքները ամեն մի առանձին դեպքի համար որոշվում են փորձնական եղանակով:

Ջերմային ունեցելի թերությունը նրանց գործման կախվածությունն է ջերմաստիճանի փոփոխությունից: Այդպիսի կախվածությունը բերում է նրան, որ, օրինակ՝ 80—90° C ջերմաստիճանում ունեն կարող է անջատվել, նույնիսկ հոսանքի բացակայության



Նկ. 4-41.

4-23. ԵՐԿՄԵՏԱՂԻ ԲԱՂԱՑՈՒՑԻՉ ՄԱՍԵՐԸ

1. Երկմետաղի այն թիթեղը, որն ունի գծային ընդարձակման մեծ α գործակից, կոչվում է ջերմակտիվ բաղադրիչ: Այն պատրաստում են կոնստանտանից, լատունից, պղնձից և ոչ մագնիսական պողպատից: Նրա ընդարձակման գործակիցը՝

$$\alpha_1 = (18 \div 19,6) \cdot 10^{-6},$$

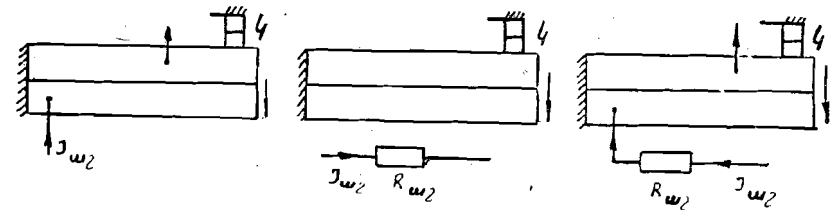
2. Ջերմաիններտ բաղադրիչը պետք է ունենա գծային ընդարձակման հնարավորին չափ փոքր α_2 գործակից: Որպես ջերմաիններտ բաղադրիչ օգտագործում են ինվար նյութը.

$$\alpha_2 = (1 \div 1,5) \cdot 10^{-6},$$

Ամենամեծ թույլատրելի ջերմաստիճանը 200° C է:

4-24. ԵՐԿՄԵՏԱՂԻ ՏԱՔԱՅՄԱՆ ԵՂԱՆԱԿՆԵՐԸ

Տաքացումը կատարվում է երեք եղանակով (Նկ. 4-42 ա, բ, գ). ա) ուղղակի, բ) կոդմակի, գ) կոմբինացված:



Նկ. 4-42.

4-25. ԵՐԿՄԵՏԱՂԻՆ ՆԵՐԿԱՅԱՑՎՈՂ ՊԱՀԱՆՋՆԵՐԸ

1. Հնարավորին չափ մեծ զգայունություն՝

$$M = \alpha_1 - \alpha_2,$$

2. Հնարավորին չափ միատեսակ կտրվածք և մեծ առաձգականության մոդուլ, որի դեպքում կմեծանա զգայունության M գործակիցը,

3. Թիթեղները իրար հետ լավ պետք է զոդվեն, հակառակ դեպքում մի քանի անգամ ծովելուց կարող են իրարից բաժանվել:

Սովորական Միությունում արտադրում են հետևյալ մակնիշի երկ-
մետաղային ուղեներ.

1. ТБ-1-ը, որը պատրաստված է ինվարից և ոչ մագնիսական պող-
պատից.

$$M \approx 18 \cdot 10^{-6}, \quad t_0 = 200^\circ \text{C};$$

2. ТБ-2, որը պատրաստված է ինվարից և լատունից.

$$M \approx 18 \cdot 10^{-6}, \quad t_0 = 150^\circ \text{C};$$

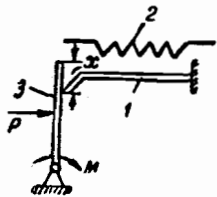
4-26. ԵՐԿՄԵՏԱՂԱԿԱՆ ՄԵԽԱՆԻԶՄՈՎ ԶԵՐՄԱՅԻՆ ՌԵԼԵՆԵՐԻ ՀԱՇՎԱՐԿԸ

Ջերմային ուղեների հաշվարկի ժամանակ հիմնականում որոշվում
են երկմետաղի մեխանիզմի երկրաչափական չափերը և տաքացվող տար-
րը: Այդ մեխանիզմների բաղադրանությունը պատճառով հաշվարկի հիմ-
նական մեթոդ գոյություն չունի:

Ռելեի ջերմային հաշվարկները կարելի է կատարել մոտավոր ճշ-
տությամբ: Այդ օգտակար կարող է լինել նախնական նախագծման
համար: Հետագայում փորձարկումներից ելնելով նրանք ճշտվում են:

Որպես օրինակ դիտարկենք ժամանակի պահումով ժամանակի ջեր-
մային ուղեի հաշվարկը:

Ջերմային ուղեի համար երկմետաղի հաշվարկի հաջորդականու-
թյունը հետևյալն է (նկ. 4-43):



Նկ. 4-43. РТ-1 ջերմա-
յին ուղեի կիցեմատիկ
սխեման.

1. երկմետաղ թիթեղ,
2. տաքացնող տարր,
3. մղակ

Ընտրելով երկմետաղը, որոշվում է նրա շերտերի ակտիվ և պաս-
սիվ α_1 և α_2 գծային ընդարձակման ջերմաստիճանային գործակիցները:
Երկմետաղյա թիթեղը մինչև Θ ջերմաստիճանը տաքացնելիս նրա ծա-
րում առաջանում է ուժ, որը հավասար է

$$P_{\text{ж}} = \frac{3E}{16} (\alpha_1 - \alpha_2) \tau \frac{b \delta^3}{l},$$

որտեղ E -ն երկմետաղի առաձգականության միջին մոդուլն է,
 τ -ն՝ երկմետաղյա թիթեղի գերտաքացումը. $\tau = \Theta - \Theta_0$,
որտեղ Θ_0 -ն թիթեղի սկզբնական ջերմաստիճանն է,
 δ -ն՝ երկմետաղյա թիթեղի հաստությունը:
Թիթեղի ծայրի օգտակար ուժը կլինի՝

$$P_{\text{ж}} = P_{\text{ж}1} - P_{\text{ж}2},$$

իսկ թիթեղի ծայրի ծռվածքը՝

$$j = \frac{P l^3}{3 E j},$$

որտեղ $j = b \delta^3 / 12$ երկմետաղի շերտերի իներցիայի մոմենտն է:
Ռելեի բանեցման պահին, երբ $y = x$, կստանանք

$$x = (\alpha_1 - \alpha_2) \tau_{\text{ж}} \frac{l^3}{\delta} - 4 f P \frac{l^3}{E b \delta^3}, \quad (4-11)$$

որտեղ $\tau_{\text{ж}} = \Theta_{\text{рл}} - 35^\circ \text{C}$ (35°C շրջապատող միջավայրի առավե-
լագույն ջերմաստիճանն է):

(4-11) բանաձևից կարելի է որոշել թիթեղի δ հաստությունը: Երկ-
մետաղյա թիթեղի տված δ հաստությունը անհրաժեշտ է ստուգել՝ ելնե-
լով ստատիկ կայունության և թուլլատրելի լարման պայմաններից:

Տաքացնող տարրի մոտավոր ջերմային հաշվարկը բերում է տա-
քացման տարրի չափի մոտավոր որոշման, որի դեպքում ուղեի տվյալ
անվանական հոսանքի ժամանակ աշխատում է տրված աշխատանքային
հոսանքով: Վերջինս սովորաբար ընդունում են $(1,05 \div 1,1) I_{\text{н}}$ (35°C
ջերմաստիճանի դեպքում):

Տաքացնող տարրի կայունացած ջերմաստիճանը կլինի՝

$$\Theta_{\text{ж}} = \frac{I^2 R}{k S} \Theta_{\text{в}},$$

որտեղ R -ը տաքացնող տարրի դիմադրությունն է, S -ը՝ տաքացնող տար-
րի կողմնային մակերեսային, k -ն՝ ջերմատվության գործակիցը, $\Theta_{\text{в}}$ -ը՝
օդի ջերմաստիճանը:

Ջերմաստիճանի անկումը օդի շերտի, տաքացնող տարրի և երկ-
մետաղի միջև կլինի՝

$$\Theta_{\text{ж}} - \Theta_{\text{в}} = \frac{I^2 R h}{\lambda S},$$

որտեղ h -ը երկմետաղյա թիթեղի և տաքացնող տարրի միջև եղած հե-
ռավորությունն է,

λ-ն՝ օդի ջերմահաղորդականության գործակիցը: Հետևաբար, տաքացվող երկմետաղի ջերմաստիճանը կլինի՝

$$\theta_{\text{երկ}} = \frac{I^2 R}{kS} \left(1 - \frac{k}{\lambda} h \right) + \theta_{\text{օդ}}:$$

Հաշվի առնելով, որ երկմետաղի բանեցումը կատարվում է $I_{\text{բաշ}} = 1,075 I_{\text{աշ}}$ -ի ժամանակ, ապա ստանում ենք տարրի անհրաժեշտ դիմադրությունը նրա կողային մակերեսի նկատմամբ.

$$\frac{R}{S} = \tau_{\text{բաշ}} \frac{k}{1 - \frac{k}{\lambda} h} \cdot \frac{1}{1,15 I_{\text{աշ}}^2} \quad (4-12)$$

Եթե տաքացնող տարրը պատրաստվում է a լայնությամբ և b հաստությամբ ժապավենաձև նյութից, ապա

$$\frac{R}{S} = \frac{\rho}{2a^3(1+n)n} \quad (4-13)$$

որտեղ

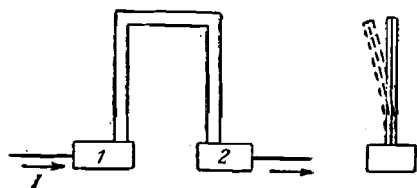
$$n = \frac{b}{a},$$

(4-12) և (4-13) հավասարումները թույլատրում են ընտրության ճանապարհով գտնել a-ի արժեքը:

Ջերմային ժամանակի ուղեների ժամանակի պահումը որոշելիս հաշվի են առնվում նրանց կառուցվածքային առանձնահատկությունները:

Ջերմային ժամանակի ուղեները հիմնականում իրազործվում են անմիջական տաքացումով:

Ընդհանրապես այս դեպքում օգտագործում են П-աձև թիթեղ, որն իր ծայրում ունի զանգվածային սեղմակներ (1 և 2, նկ. 4-44):



Նկ. 4-44. П-աձև երկմետաղյա թիթեղ

Ժամանակի ջերմային ուղեների կառուցվածքում հաճախ երկմետաղյա թիթեղի դիմաց տեղադրում են կոնտակտային պտուտակ, որը պտտելով կարող են կարգավորել թիթեղի և պտուտակի միջև եղած հեռավորությունը, այդ դեպքում ժամանակի պահումը տրված երկմետաղյա թիթեղի և պտուտակի միջև եղած հեռավորության համար հնարավոր է որոշել ելնելով հետևյալ ըմբռնումներից՝

1) քանի որ ժամանակի պահումը ուղեներում ստացվում է տաքացման ժամանակի կամ երկմետաղյա թիթեղի սառեցման հաշվին, ապա հայտնի համասեռ հաղորդիչների ջերմային հաշվարկի բանաձևից կարելի է որոշել թիթեղի տաքացման $t_{\text{առք}}$ և սառեցման ժամանակը $t_{\text{սառ}}$, մինչև տվյալ ջերմաստիճանը.

2) եթե թիթեղի տաքացման կամ սառեցման ժամանակը փոքր է տաքացման ժամանակի հաստատունից՝ $T = cG/kS$, ապա

$$1 - e^{-\frac{t}{T}} \approx \frac{t}{T}:$$

Թիթեղը հոսանքով տաքացնելիս նրա ջերմաստիճանի համար կունենանք հետևյալ հայտնի մոտավոր բանաձևերը.

տաքացման դեպքում՝

$$(\theta_{\text{առք}} - \theta_0) = \frac{I^2 R}{kS} \left(1 - e^{-\frac{t_{\text{առք}}}{T}} \right),$$

սառեցման դեպքում՝

$$(\theta_{\text{սառ}} - \theta_0) = (\theta_{\text{առք}} - \theta_0) e^{-\frac{t_{\text{սառ}}}{T}},$$

Պարզեցնելով, կունենանք՝

$$(\theta_{\text{առք}} - \theta_0) = \frac{I^2 R t_{\text{առք}}}{cG} \quad (4-14)$$

$$(\theta_{\text{սառ}} - \theta_0) = (\theta_{\text{առք}} - \theta_0) \left(1 - \frac{t_{\text{սառ}}}{T} \right),$$

(4-14) հավասարումից կարելի է գտնել.

$$t_{\text{առք}} = \frac{(\theta_{\text{առք}} - \theta_0) cG}{I^2 R} \quad (4-15)$$

$$t_{\text{սառ}} = \frac{(\theta_{\text{առք}} - \theta_{\text{սառ}}) cG}{kS (\theta_{\text{առք}} - \theta_0)} \quad (4-16)$$

Ուղիղ թիթեղի ծովան հավասարումից

$$x = \frac{3/4 I^2 (\alpha_2 - \alpha_1) (\theta - \theta_0)}{\delta} \quad (4-17)$$

կարելի է որոշել ուղեի ժամանակի պահումը տրված x հեռավորության համար:

(4-15) հավասարման մեջ տեղադրելով $(\Theta - \Theta_0)$ արժեքը (4-17)-րդ հավասարումից կստանանք.

$$t_{\text{ապ}} = \frac{4 \times 3 \text{ cG}}{3 I^2 (\alpha_2 - \alpha_1) I^2 R}, \quad (4-18)$$

Ժամանակի պահման ստացումը, թիթեղի սառեցման հաշվին, հնարավոր է այն դեպքում, երբ թիթեղի ծայրն ունի որոշակի սկզբնական x_0 ծովածություն Θ_0 շրջապատի տվյալ ջերմաստիճանի դեպքում:

Այս դեպքի համար կստանանք հետևյալ արտահայտությունները.

$$\Theta_{\text{ապ}} - \Theta_0 = \frac{(x + x_0) \delta}{3/4 I^2 (\alpha_2 - \alpha_1)},$$

$$\Theta_{\text{ապ}} - \Theta_{\text{սառ}} = \frac{x \delta}{3/4 I^2 (\alpha_2 - \alpha_1)},$$

ելնելով (4-16) արտահայտությունից, կստանանք՝

$$t_{\text{սառ}} = \frac{cG}{kS} \frac{x}{x + x_0},$$

Հ Ի Ն Փ Ե Ր Ո Ր Դ Գ Լ Ո Ւ Յ

ԷԼԵԿՏՐՈՄԵԽՈՆԻԿԱԿԱՆ ԿՑՈՐԴԻԶՆԵՐ, ՄԱԳՆԵԻՍԱԿԱՆ ԵՎ ԷԼԵԿՏՐՈՄԱԳՆԵԻՍԱԿԱՆ ԿԱՌՈՑՆԵՐ

ԷԼԵԿՏՐՈՄԵԽՈՆԻԿԱԿԱՆ ԿՑՈՐԴԻԶՆԵՐ

Էլեկտրամեխանիկական կցորդիչներ են կոչվում այն էլեկտրական ապարատները, որոնք նախատեսված են երկու տարբեր մեխանիզմների լիսեռները իրար միացնելու և պատող մոմենտը մի լիսեռից մյուսին հաղորդելու համար:

Կցորդիչները հաճախ կատարում են ապահովիչների դեր. մեքենայի աշխատանքի նորմալ պայմանները խախտվելու դեպքում լիսեռները անջատում են: Լայն տարածում են գտել այն կցորդիչները, որոնք նախատեսված են մի ընդհանուր երկրաչափական առանցք ունեցող մեխանիզմների լիսեռները միմյանց միացնելու համար: Կան նաև այնպիսի կցորդիչներ, որոնք միացնում են մի ընդհանուր երկրաչափական առանցք չունեցող մեխանիզմների լիսեռները:

Ժամանակակից մեքենաշինության մեջ օգտագործում են տարբեր կառուցվածքի կցորդիչներ՝

ա) մեխանիկական, որոնք մեքենայի շահագործման ժամանակ լիսեռների անջատում թույլ չեն տալիս,

բ) կառավարվող, որոնք թույլ են տալիս լիսեռները անջատել՝ կցորդիչի կառավարման մեխանիզմի միջոցով,

գ) ինքնակառավարվող, որոնք մեքենայի աշխատանքի նորմալ ռեժիմի խախտման ժամանակ լիսեռները ավտոմատ կերպով անջատում են, օրինակ, լիսեռների պտտման արագության փոփոխման ժամանակ (կենտրոնախույս կցորդիչներ). կամ փոխանցվող պտտող մոմենտի ուղղության փոփոխման ժամանակ (ազատ ընթացքի կցորդիչներ): Այս խմբին կարող են պատկանել նաև ապահովիչային կցորդիչները, որոնք մեքենայի աշխատանքի նորմալ պայմանները խախտվելու դեպքում լիսեռները անջատում են. օրինակ՝ փոխանցվող պտտող մոմենտը նախօրոք նախատեսված արժեքից մեծանալու դեպքում կամ երբ պտտման արագությունը մեծ է նախատեսվածից:

Ժամանակակից ավտոմատացված արդյունաբերության մեջ լայն կիրառում են գտել էլեկտրական, պնևմատիկ և հիդրավլիկ կառավարում ունեցող կցորդիչները: Էլեկտրական կառավարման կցորդիչները հնարավոր է կառավարել բավական մեծ հեռավորությունից, այդ իսկ պատճառով էլեկտրական կցորդիչները ստացել են հեռակառավարման կցորդիչների ընդհանուր անունը:

5-1. ՍԱՀՔԻ ԿԱՄ ԻՆԴՈՒԿՑԻՈՆ ԿՑՈՐԴԻԶՆԵՐ

Սահքի կցորդիչների աշխատանքը հիմնված է էլեկտրադինամիկայի երեք հիմնական օրենքների վրա՝

ա) էլեկտրամագնիսական ինդուկցիայի օրենքի, որով բացատրվում է կցորդիչի տարրերում էլեկտրաշարժ ուժի առաջացումը,

բ) լրիվ հոսանքի օրենքի, որով բացատրվում է կցորդիչում մագնիսական դաշտի բաշխումը,

գ) էլեկտրամագնիսական ուժերի օրենքի, որով բացատրվում է կցորդիչի մասերի մեխանիկական փոխազդեցությունը և այդ փոխազդեցության հետևանքով նույն մասերի հարաբերական շարժումը միմյանց նկատմամբ:

Սահքի կցորդիչները իրենցից ներկայացնում են իրար հետ մեխանիկական կապ չունեցող երկու պտտվող մասեր, նկ. 5-1:

(2) ինդուկտորի պտտման ժամանակ նրա մագնիսական դաշտը հատում է (1) խաբիսիսը և նրա մեջ ինդուկտում հոսանք, որը ստեղծում է իր մագնիսական դաշտը: Այդ երկու մագնիսական դաշտերի փոխազդեցությունից առաջանում է պտտող մոմենտ և մագնիսական կապի պատճառով կցորդիչի տանող մասը իր հետ տանում է տարվողին:

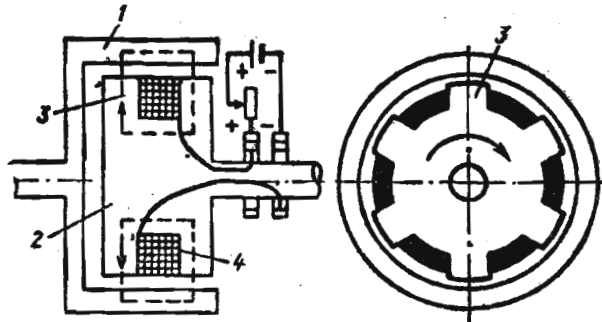
Եթե աշխատանքի ժամանակ տանող և տարվող մասերի արագությունների տարբերությունը հավասար է զրոյի, ապա կցորդիչը անվանում են սինխրոն, ոչ հավասարություն դեպքում՝ ասինխրոն:

Երկու դեպքում էլ կցորդիչը հաճախ անվանում են ինդուկցիոն: Սահքի կցորդիչները, որպես կանոն, ծառայում են կամ որպես ճկուն կապ շարժիչի և աշխատող մեխանիզմի միջև, կամ տարվող լիսեռի արագության կարգավորման համար: Կան նաև փոքր իներցիականության խարիսխով (խարիսխը սկավառակի ձևով) կցորդիչներ, որոնք օգտագործվում են ուներսի համար: Ուներսի համար հետաքրքրություն է ներկայացնում նաև եռաֆազ փաթույթով կցորդիչը:

Ուներսը սովորաբար կատարվում է երկու կցորդիչների հաջորդական միացումով, որոնք սնվում են տարբեր շարժիչներից կամ մի եռաֆազ շարժիչից՝ ռեդուկտորի միջոցով:

Կցորդիչի եռաֆազ փաթույթը միացվում է փոփոխական հոսանքի եռաֆազ ցանցին: Մագնիսական դաշտը պատվում է շարժիչի պտտման ուղղությանը հակառակ: Եռաֆազ հոսանքի հաճախությունը մեծ է շարժիչի պտտման հաճախությունից: Այդպիսի պայմաններում կցորդիչի մագնիսական դաշտը իր հետևից ուտորին կտանի շարժիչի պտտմանը հակառակ: Նորմալ ռեժիմում կցորդիչը գրգռվում է հաստատուն հոսանքով, այդ դեպքում հոսանքը տրվում է երկու հաջորդաբար միացված ֆազերին, իսկ երրորդը մնում է ազատ:

Սահքի կամ ինդուկցիոն կցորդիչն իր աշխատանքի սկզբունքով նման է կարճ միացված ուտորով ասինխրոն շարժիչին (նկ. 5-1):



Նկ. 5-1. Սահքի ինդուկցիոն կցորդիչ:

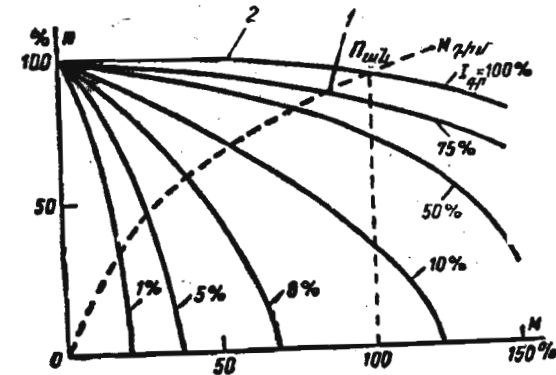
1—խարիսխ, 2—ինդուկտոր, 3—մագնիսական համակարգ, 4—գրգռման փաթույթ, 5—կոնտակտային օղակներ

Շարժաբեր շարժիչը միանում է խարիսխին (1), տարվող լիսեռը միացված է ինդուկտորին (2), գրգռման (4) կոճը ստեղծում է մագնի-

սական հոսքը (3), որը հատում է զանգվածային (1) խարիսխին: Խարիսխի պտտման դեպքում ինդուկտորի մագնիսական դաշտը հատում է խարիսխի գլանային մարմինը, և նրանում առաջանում են մրկային հոսանքներ: Այս հոսանքների փոխազդեցությունը մագնիսական դաշտի հետ ստեղծում է ուժ, որը տանում է ինդուկտորին:

Խարիսխի նյութին ներկայացվում են հետևյալ պահանջները: ա) նրանում անհրաժեշտ է ապահովել բարձր էլեկտրահաղորդականություն՝ հոսանքների մեծացման և բ) մագնիսական մեծ թափանցելիություն՝ մագնիսական դիմադրության փոքրացման համար:

Կառավարելով գրգռման հոսանքը և փոքրացնելով մագնիսական դաշտը, կարելի է մեծ սահմաններում սահուն կերպով կարգավորել տարվող լիսեռի պտտման հաճախությունը և հաղորդվող մոմենտը (նկ. 5-2):



Նկ. 5-2. Ինդուկցիոն կցորդիչի մեխանիկական բնութագիրը գրգռման տարբեր հոսանքների դեպքում:

1—դիմադրության մոմենտը (բեռ), 2—կցորդիչի բնութագիրը

I_{egr} -ը՝ գրգռման հոսանքը, %,

$M_{դիմ}$ -ը՝ դիմադրության մոմենտը, %,

M -ը՝ կցորդիչի մոմենտը, %,

α -ը՝ պտտման հաճախությունը, %:

Բեռի մոմենտի փոփոխության դեպքում (օրինակ, մեծացման դեպքում), կցորդիչի տարվող մասի անկյունային արագությունը փոքրանում է: Այդ դեպքում աճում են սահքը և հետևապես՝ հոսանքը կցորդիչի խարիսխում: Հոսանքի մեծացումը խարիսխում մեծացնում է կցորդիչի կողմից զարգացված մոմենտը: Հավասարակշռությունը վրա է հասնում բավականին ցածր պտտման հաճախության դեպքում:

Հիմնական հարցերի լուծումը կախված է հիմնական հարցերի լուծումից, որոնք կախված են հիմնական հարցերի լուծումից:

5-8. Հիմնական հարցերի լուծումը

Հիմնական հարցերի լուծումը կախված է հիմնական հարցերի լուծումից, որոնք կախված են հիմնական հարցերի լուծումից:

Հիմնական հարցերի լուծումը կախված է հիմնական հարցերի լուծումից, որոնք կախված են հիմնական հարցերի լուծումից:

$$P = - \frac{2}{U^2} \cdot \frac{d^2}{dS}, \quad U, \quad d$$

Ուժի մեծությունը կախված է հիմնական հարցերի լուծումից:

Հարցի կոնկրետացումը կախված է հիմնական հարցերի լուծումից:

$$P = \frac{dA}{dU} = \frac{d}{d} \left(\frac{2}{CU^2} \right) = \frac{2}{U^2} \cdot \frac{dP}{dC}$$

Հիմնական հարցերի լուծումը կախված է հիմնական հարցերի լուծումից, որոնք կախված են հիմնական հարցերի լուծումից:

5-2. Հիմնական հարցերի լուծումը

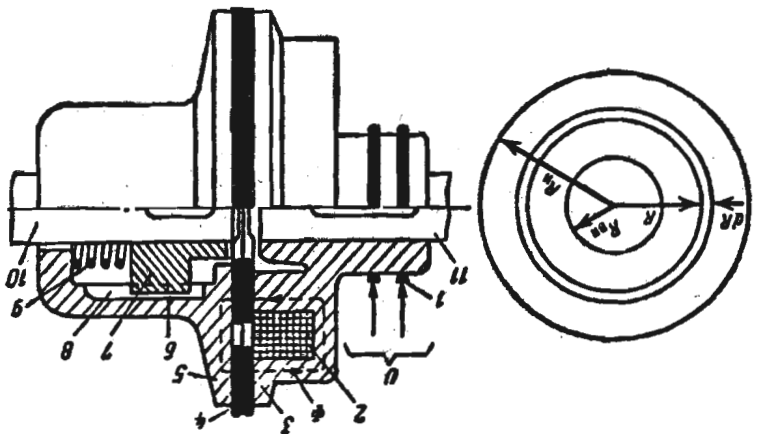
Հիմնական հարցերի լուծումը կախված է հիմնական հարցերի լուծումից, որոնք կախված են հիմնական հարցերի լուծումից:

Հիմնական հարցերի լուծումը կախված է հիմնական հարցերի լուծումից, որոնք կախված են հիմնական հարցերի լուծումից:

$$PM_{\text{հիմ}} = k_{\text{հիմ}} \cdot P_{\text{հիմ}} \cdot 2 \pi R_{\text{հիմ}}$$

Հիմնական հարցերի լուծումը կախված է հիմնական հարցերի լուծումից:

1—հիմնական հարցերի լուծումը, 2—հիմնական հարցերի լուծումը, 3—հիմնական հարցերի լուծումը, 4—հիմնական հարցերի լուծումը, 5—հիմնական հարցերի լուծումը, 6—հիմնական հարցերի լուծումը, 7—հիմնական հարցերի լուծումը, 8—հիմնական հարցերի լուծումը, 9—հիմնական հարցերի լուծումը, 10—հիմնական հարցերի լուծումը, 11—հիմնական հարցերի լուծումը:



Հիմնական հարցերի լուծումը կախված է հիմնական հարցերի լուծումից:

Հիմնական հարցերի լուծումը կախված է հիմնական հարցերի լուծումից, որոնք կախված են հիմնական հարցերի լուծումից:

Հիմնական հարցերի լուծումը կախված է հիմնական հարցերի լուծումից, որոնք կախված են հիմնական հարցերի լուծումից:

Հիմնական հարցերի լուծումը

Հիմնական հարցերի լուծումը կախված է հիմնական հարցերի լուծումից, որոնք կախված են հիմնական հարցերի լուծումից:

կցորդի կողմից զարգացված արդյունարար մոմենտը կլինի՝

$$M_{z\phi} = \int_{R_{\phi\phi}}^{R_{\phi r}} dM_{z\phi} = 2\pi k_{z\phi} P_{z\phi} \frac{R_{\phi r} - R_{\phi\phi}}{3} = 2/3 \pi k_{z\phi} P_{z\phi} R_{\phi r} (1 - \beta^3),$$

որտեղ

$$\beta = R_{\phi\phi}/R_{\phi r},$$

Տարբեր նյութերից պատրաստված սկավառակների համար շփման գործակիցները բերված են 5-1 աղյուսակում:

Աղյուսակ 5-1

Նյութի տեսակը	Շփման գործակիցը	
	Հանգստի ռեժիմում	Շարժական ռեժիմում
Պողպատ-պողպատ	0,15	0,15
Պողպատ-պողպատ		0,2
Պողպատ-շուգուն	0,3	0,18
Պողպատ-բրոնզ	0,15	0,15
Չուգուն-շուգուն	0,15	0,15
Մետաղակերամիկական նյութ		
պղնձե հիմքի վրա՝ պողպատ	0,3—0,4	—
Մետաղակերամիկական նյութ		
երկաթե հիմքի վրա՝ պողպատ	0,4—0,8	—

Ամենակատարելագործված սկավառակները մետաղակերամիկականներն են: Պղնձե հիմքի վրա մետաղակերամիկական բաղկացած է 68 % պղնձից, 8 %-կապարից, 7 % անագից, 6 % գրաֆիտից, 4 % սիլիցիումից և 7 % երկաթից:

Այդ բաղադրիչները փոշի վիճակում, մեծ ճնշման տակ մամլում են, որից հետո 700—800° C ջերմաստիճանում եռակցում: Համանման ձևով պատրաստում են մետաղակերամիկական՝ երկաթի հիմքի վրա:

Մետաղակերամիկական նյութերը ունեն շփման մեծ գործակից, բարձր աշխատանքային ջերմաստիճան (մինչև 200° C) և աշխատում են սահուն՝ առանց խցանվելու:

$P_{z\phi}$ ճնշումը $\beta = (0,3—0,8)$ դեպքում որոշվում է շփման մակերևույթների մաշվածությամբ: Մետաղակերամիկական նյութերի համար այն կազմում է 0,8—1 ՄՊա, պողպատի համար՝ 0,4—0,6 ՄՊա:

Թողարկման պրոցեսում կցորդի կողմից տրվող մոմենտը աճում է, քանի որ այդ դեպքում բացի բեռի ստատիկական մոմենտից, հաղորդվելու է նաև դինամիկական մոմենտը:

Այդ դեպքում շփման մակերևույթների սահումը պետք է լինի ոչ մեծ, հակառակ դեպքում շփման մակերևույթները տաքանալու հետևանքով կարող են շարժից դուրս գալ: Թողարկման ռեժիմում շփման մոմենտը հավասար է՝

$$M_{z\phi} = M_{r,s} + M_{z\phi s} = M_{r,s} + j \frac{d\omega}{dt} = M_{\omega\omega} \cdot k_{\omega},$$

k_{ω} պահեստի գործակիցը հաշվի է առնում թողարկման դեպքում կցորդի մոմենտի մեծացումը: Տարբեր բնույթների բեռի դեպքում k_{ω} -ի արժեքը բերված է աղյուսակ 5-2-ում:

Աղյուսակ 5-2

Բեռի ձևը	k_{ω} պահեստի գործակիցը
Մետաղահատ հաստոց	1,25—2,5
Վերամբարձ կոունկ	3—5
Կենտրոնախույս պոմպ	2—3
Օդամղիչ	1,25—2,0
Աղաց	4,0

Որոշ դեպքերում կցորդի միջոցով հաղորդվող մոմենտը այնքան մեծ է, որ մեկ շփման մակերևույթով կցորդի ծավալային շափերը ստացվում են չափից ավելի մեծ: Այդ դեպքում օգտագործվում են բազմասկավառակային համակարգեր (նկ. 5-4):

Սկավառակները (6) կապված են կցորդի ուղեկցող (5) մասի հետ և կարող են ազատ տեղափոխվել մինչև ուղղորդները (7). էլեկտրամագնիսի հետ կապված սկավառակը (8) նույնպես կարող է տեղափոխվել ուղղորդով (4):

Տրված կոնստրուկցիայում փաթույթի (1) կողմից ստացված մագնիսական հոսքը չի անցնում սկավառակներով, այլ փակվում է մագնիսալարով (2) և խարիսխով (3): Այդպիսի կցորդի զարգացված մոմենտը հավասար է.

$$M_{\omega\omega} = M_{\omega\omega} (n - 1),$$

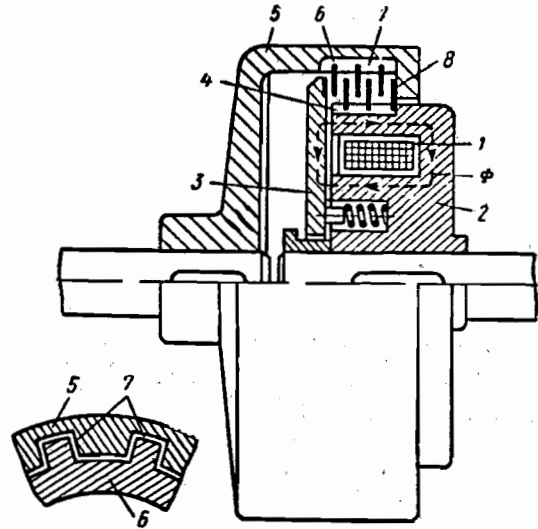
որտեղ

$M_{\omega\omega}$ -ը մեկ զույգ սկավառակի մոմենտն է,

n -ը՝ սկավառակների ընդհանուր թիվը:

Իմանալով S շփման մակերևույթը և թույլատրելի P_{ϕ} ճնշումը, կարելի է գտնել էլեկտրամագնիսի հիմնական պարամետրերը: Փոքր աշ-

խատանքային հոսանքի դեպքում ուժի որոշման համար կարելի է օգտորվել Մաքսվելի բանաձևից.



Նկ. 5-4. Բազմասկավառակային շփման կցորդիչ

$$P_{\rho_1} S = 4,0 B_0^2 S_{\phi} \cdot 10^5,$$

որտեղ

B_0 -ն ինդուկցիան է աշխատանքային բացակում, S_{ϕ} ,
 S_{ϕ} -ը՝ բեռնի կրկնապատկված մակերեսը, մ²,
 Հնդհանուր դեպքում

$$S \neq S_{\phi}.$$

Ինդուկցիան որոշվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$B_0 = \sqrt{\frac{P_{\rho_1} S}{4,0 S_{\phi} \cdot 10^5}}.$$

Կցորդիչի կոճի հոսանքազրկված վիճակում շփման սկավառակի վրա զսպանակը ստեղծում է անհրաժեշտ ճնշում: Այդ դեպքում լիսեռը հուսալի արգելակվում է: Զսպանակի ուժը հաղթահարելու և կցորդիչը արգելակումից ազատելու համար էլեկտրամագնիսի կոճին անհրաժեշտ է լարում մատուցել:

Պտտվող լիսեռի կանգառի ժամանակ ամբողջ կինետիկ էներգիան վերածվում է ջերմության

$$j \frac{\omega^3}{2} = M_{z\phi} \alpha: \phi = c \ln (\theta_{\rho_1} - \theta_{z\phi}),$$

որտեղ

j -ն շարժական մասերի իներցիայի մոմենտն է, ω -ը՝ սկզբնական անկյունային արագությունը, $M_{z\phi}$ -ը՝ շփման մոմենտը, $\alpha: \phi$ -ը՝ լիսեռի շփման անկյունը, որի դեպքում կատարվում է արգելակում, c -ն՝ սկավառակների նյութի տեսակարար ջերմունակությունը, m -ը՝ սկավառակի զանգվածը, θ_{ρ_1} -ը՝ սկավառակների քանակը, $\theta_{z\phi}$ -ը՝ սկավառակի նյութի թույլատրելի ջերմաստիճանը, $\theta_{z\phi}$ -ը՝ շրջապատի ջերմաստիճանը:

Նկարագրված համակարգերի (նկ. 5-3 և նկ. 5-4) թերությունը՝ նրանց մեջ սահող կոնտակտների առկայությունն է:

Այժմ ստեղծվում են կցորդիչների այնպիսի կոնստրուկցիաներ, որոնց մոտ գրգռման կոճը անշարժ է, իսկ մագնիսական հոսքը անցնում է ձգող ֆերոմագնիսական տանող և տարվող մասերի միջոցով: Բայց այդ կցորդիչներում մոմենտը բավականին փոքր է, քան կոնտակտայինում:

Կցորդիչի միացման դեպքում տարբերում են երեք փուլ:

Առաջին փուլ. լարման հաղորդման մոմենտից մինչև սկավառակների հպումը: Այս փուլի տևողությունը որոշվում է հենց կցորդիչի պարամետրերով:

Երկրորդ փուլ. սկավառակների հպման պահից մինչև նրանց մեկը մյուսի նկատմամբ սահմանն ավարտելը:

Դիտարկենք երկրորդ փուլի ժամանակ տարվող և տանող մասերի շարժման հավասարումները.

$$j_1 = \frac{d\omega_1}{dt} = M_{z\omega\rho} - M_{z\phi}, \quad (5-1)$$

$$j_2 = \frac{d\omega_2}{dt} = M_{z\phi} - M_{\rho,z}, \quad (5-2)$$

որտեղ j_1 -ը և j_2 -ը փոխանցման տանող և տարվող հանգույցների իներցիայի մոմենտներն են,

ω_1 -ը և ω_2 -ը՝ փոխանցման տանող և տարվող հանգույցների անկյունային արագությունները,

$M_{z\omega\rho}$ -ը՝ էլեկտրաշարժիչի կողմից զարգացած մոմենտը,

$M_{z\phi}$ -ը՝ շփման մոմենտը կցորդիչում,

$M_{\rho,z}$ -ը՝ բեռի մոմենտը փոխանցող հանգույցի վրա:

Եթե նշանակենք սահքի արագությունը՝ $\omega_{\text{սահ}}$,

ապա $\omega_{\text{սահ}} = \omega_1 -$

5-1 և 5-2 հավասարումներից կստանանք.

$$\frac{d\omega_{\text{sum}}}{dt} = \frac{1}{j_1} M_{2\omega} - \left(\frac{1}{j_1} + \frac{1}{j_2} \right) M_{2\phi} + \frac{1}{j_{2\phi}} \cdot M_{\phi\omega}, \quad (5-3)$$

(5-3) հավասարումը լուծելու համար անհրաժեշտ է իմանալ, թե ինչպես են փոփոխվում $M_{2\omega}$, $M_{2\phi}$ և $M_{\phi\omega}$ մոմենտները դինամիկայում: Հնդհանուր դեպքում $M_{2\omega}$ -ն կախված է ω_1 արագությունից, $M_{2\phi}$ -ն մոմենտը՝ շփման $P_{2\phi}$ ուժից և $k_{2\phi}$ շփման գործակցից, իսկ $M_{\phi\omega}$ բեռի մոմենտը՝ t ժամանակից և ω_2 արագությունից:

Այդ $M_{2\omega}$, $M_{2\phi}$ և $M_{\phi\omega}$ մոմենտների կախվածությունը պարզեցնելու նպատակով արագություն փոփոխումը գրաֆիկի ոչ մեծ հատվածում գծայնացվում է:

Գիտենալով $\omega_{\text{sum}} = f(t)$ կախվածությունը, (5-3) հավասարումից կորոշենք այն t ժամանակը, որի դեպքում $\omega_{\text{sum}} = 0$ -ի: Այդ էլ կլինի սահ-քի ժամանակը:

Երրորդ փուլ. թափուժը, երբ կցորդիչի տանող և տարվող մասե-րը ամուր կապված են: Թափուժի ժամանակը որոշվում է հետևյալ հա-վասարումով.

$$j \frac{d\omega}{dt} = M_{2\omega} - M_{\phi\omega},$$

որտեղ

j -ն բոլոր շարժվող մասերի իներցիայի մոմենտն է,

$M_{2\omega}$ -ը՝ շարժիչի մոմենտը,

$M_{\phi\omega}$ -ը՝ շարժիչի դիմադրության մոմենտը:

Միացման ժամանակը այն ժամանակամիջոցն է, երբ կցորդիչի միացման մոմենտից պտտող մոմենտը հասնում է իր կայունացած ար-ժեքի՝ 0,9 չափին:

Կցորդիչի չափերի մեծացման հետ զուգընթաց մեծանում է համա-կարգի իներցիան, որի հետևանքով աճում են միացման ժամանակը, էլեկտրամագնիսի հաստատունը, խարիսխի քայլը և սկավառակների թիվը:

Անջատման ժամանակը այն ժամանակահատվածն է, երբ շղթայի հոսանքազրկումից հետո պտտող մոմենտը անկում է մինչև իր 0,1 %-ը: Այդ ժամանակը մեծանում է կցորդիչի չափերի և մագնիսական հոսան-քի մեծացմամբ ու տատանվում է 0,1—0,4 վ:

Հարկավոր է նշել, որ կցորդիչի յուրաքանչյուր կցորդման ժամա-նակ շփումից առաջացած էներգիայի պատճառով սկավառակները տա-քանում են:

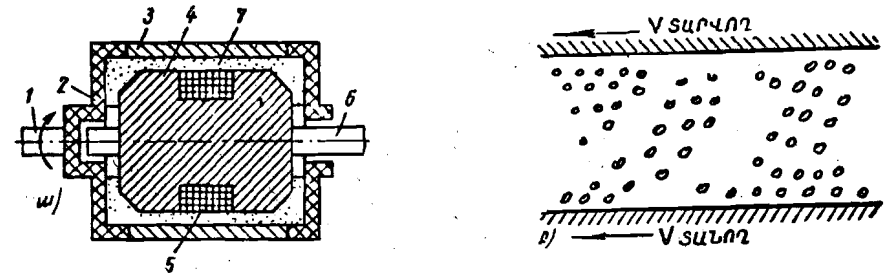
Կցորդիչի էլեկտրամագնիսները սնվում են հաստատուն հոսանքով, որը պարզեցնում է պատրաստման տեխնոլոգիան և փոքրացնում չա-փերը:

Էլեկտրամագնիսական կցորդիչն ունի ժամանակի մեծ հաստատուն, Այդ պատճառով էլ կցորդիչն անջատող ապարատների կոմուտացնող կոնտակտներում առաջանում է էլեկտրական աղեղ, որը դանդաղեցնում է անջատումը և հանգեցնում կոնտակտների ուժեղ էռոզիայի: Աղեղի արագ խզումը կարող է առաջացնել գերլարումներ, և տեղի կունենա կո-ճի ծակում: Անջատման պրոցեսը հեշտացնելու համար փաթույթը շուն-տում են լիցքաթափող դիմադրությունով:

Հոսանքազրկումից հետո կցորդիչը ձգված վիճակում չմնալու հա-մար մագնիսական համակարգը պետք է ունենա ոչ մեծ բազուկ: Եր-բեմն օգտագործում են հատուկ ապամագնիսացնող լրացուցիչ փա-թույթ:

5-4. ՖԵՐՈՓՈՇՈՎ ԵՓՄԱՆ ԿՑՈՐԴԻՉՆԵՐ

Թմբուկային տեսակի ֆերոփոշային կցորդիչների սկզբունքային կա-ռուցվածքը ցույց է տրված նկ. 5-5-ում:



Նկ. 5-5. Թմբուկային ֆերոփոշային կցորդիչ:

ա) ընդհանուր տեսքը, բ) երկաթի դասավորումը

Տանող լիսեռը (1) ոչ մագնիսական (2) կցաշուրթի միջոցով միաց-ված է ֆերոմագնիսական զլանին: Գլանի ներսում տեղադրված է էլեկ-տրամագնիսը՝ (4) փաթույթով (5): Փաթույթի սնումը իրականացվում է կոնտակտային օղակների միջոցով: Ներքին (7) խոռուրը լցված է ֆերո-մագնիսական փոշով (մաքուր կամ էլ կարպոշինային երկաթ) — 50 միկ. մեծություն հատիկներով:

Ֆերոմագնիսական փոշին խառնվում է չոր կամ հեղուկ լցանյու-թով: Լարման բացակայության դեպքում տանող մասի հատման դեպ-քում էլ էլեկտրամագնիսը միացած տարվող լիսեռի հետ մնում է ան-

շարժ ալիքանով, որ լցանյութը ապահովում է ֆերոմագնիսական փոշեհատիկների տեղափոխումը մեկը մյուսի նկատմամբ: Իհարկե թմբուկի և մագնիսի միջև գոյություն ունի որոշակի շփում, բայց այն մեծ չէ: Լարման մատուցման դեպքում թմբուկում գտնվող միջավայրի մածուցիկությունը կտրուկ կերպով աճում է, շփման ուժը՝ մագնիսի և թմբուկի միջև՝ մեծանում: Տարվող լիսեռի վրա առաջանում է պտտող մոմենտ:

Գրգռման հոսանքի նորմալ արժեքի դեպքում ֆերոմագնիսական փոշին և լցանյութը ամբողջովին կարծրանում են: Թմբուկը և էլեկտրամագնիսը այդ դեպքում ամուր միացված են: Հաղորդվող մոմենտը կարելի է դիտել որպես փոշու և ներքին զլանային մակերեսի միջև գործող շփման ուժից առաջացած մոմենտ: Գլանի ներքին մակերեսի և փոշու միջև առաջացած շփման ուժը հավասար կլինի.

$$P_{շփում} = k_{շփ.} P_{տես} = k_{շփ.} \frac{B^2}{2 \mu_0 \mu_{\text{բ.}}},$$

որտեղ

$k_{շփ.}$ -ն շփման համարժեք գործակիցն է,

$P_{տես}$ -ն մագնիսական հոսքով ստեղծված տեսակաբար ճիգն է, որը հավասար է $B^2/2\mu_0\mu_{\text{բ.}}$,

B -ն ինդուկցիան է բացակում,

$\mu_{\text{բ.}}$ -ն՝ խառնուրդի հարաբերական մագնիսական թափանցելիությունը,

μ_0 -ն՝ մագնիսական թափանցելիությունը վակուումում:

Հարկ է նշել, որ $\mu_{\text{բ.}}$ հարաբերական թափանցելիությունը կախված է B ինդուկցիայից:

Գլանային կցորդի կողմից հաղորդված M մոմենտը կլինի՝

$$M = 2\pi R^2 L P_{շփում} = \pi R^2 L k_{շփ.} \frac{B^2}{\mu_0 \mu_{\text{բ.}}}.$$

որտեղ R -ը թմբուկի շառավիղն է,

L -ը՝ թմբուկի երկարությունը:

Թմբուկի և էլեկտրամագնիսի բացակի միջև լցված ֆերոմագնիսական խառնուրդի հետևանքով բացակի մագնիսական հաղորդականությունը կտրուկ կերպով աճում է, որը թույլ է տալիս փոքրացնելու կոճի անհրաժեշտ մ. շ. ու.-ն և մեծացնելու կցորդի կառավարման գործակիցը՝ հավասար հաղորդված հզորության դեպքում:

Եթե ընդունենք, որ թմբուկի և էլեկտրամագնիսի մագնիսական դիմադրությունները հավասար են 0 -ի և $\mu_{\text{բ.}} = \text{const}$, ապա կցորդի կողմից հաղորդված մոմենտը համեմատական կլինի հոսանքի քառակուսուն:

$$M = \pi R^2 L \frac{B^2}{\mu_0 \mu_{\text{բ.}}} \cdot k_{շփ.} = \pi R^2 L k_{շփ.} \frac{1}{\mu_0 \mu_{\text{բ.}}} \left(\frac{JW}{2\delta} \mu_0 \mu_{\text{բ.}} \right)^2 = \frac{1}{4} \pi R^2 L k_{շփ.} \frac{\mu_0^2 \mu_{\text{բ.}}^2}{\delta^2} (IW)^2,$$

որտեղ՝ δ -ն էլեկտրամագնիսի և թմբուկի միջև եղած բացակն է,

IW -ն՝ էլեկտրամագնիսի մ. շ. ու.-ն:

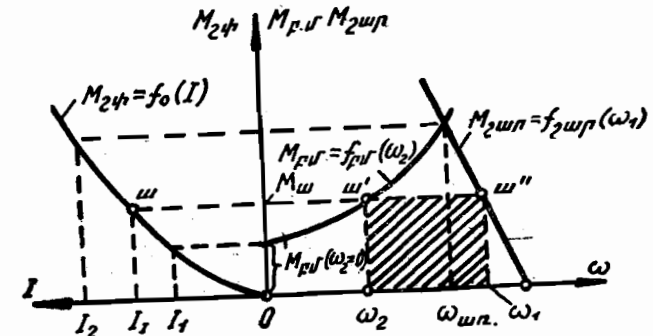
$M = f(I)$ կախվածությունը, մագնիսական շղթայի հագեցումից մեծ մ. շ. ու.-ի դեպքում մոտ է ուղղագծայինին:

Դիտարկենք կցորդի բնութագրերը ստատիկ ռեժիմում (նկ. 5-6):

Բնութագրի 2-րդ քառորդում ցույց է տրված կցորդի կողմից հաղորդված մոմենտի կախվածությունը գրգռման $I_{\text{գր}}$ հոսանքից, իսկ 1-ին քառորդում (նկ. 5-6) ներկայացված են շարժիչի մեխանիկական բնութագրերը՝ $M_{շփ} = f_{շփ}(I)$ և բեռի բնութագրերը՝ $M_{բ.} = f_{բ.}(\omega)$: Մինչև այն պահը, երբ դեռ $I < I_1$, կցորդի կողմից հաղորդված մոմենտը փոքր է բեռի մոմենտից, $\omega_2 = 0$, և տարվող լիսեռը մնում է հանգիստ: Երբ $I > I_1$, կցորդի զարգացնում է $M_{շփ}$ մոմենտ և տարվող լիսեռն ունի ω_2 արագություն (ա՛կետը): Շարժիչի անկյունային արագությունը այդ դեպքում ω_1 է: Շարժիչի կողմից տրված հզորությունը $P_{շփ} = M_{շփ} \omega_1$, իսկ բեռին հաղորդված հզորությունը՝ $P_{բ.} = M_{բ.} \omega_2$:

Սահքի հետևանքով կորուստները կցորդիչում կլինեն՝

$$P_{կոր} = P_{շփ} - P_{բ.} = M_{շփ} (\omega_1 - \omega_2): \quad (5-4)$$

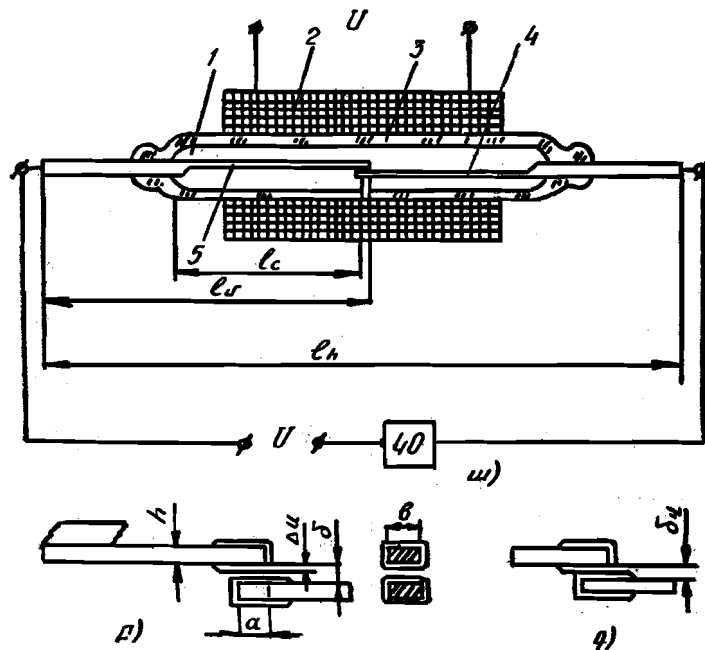


Նկ. 5-6. Կցորդի բնութագրեր

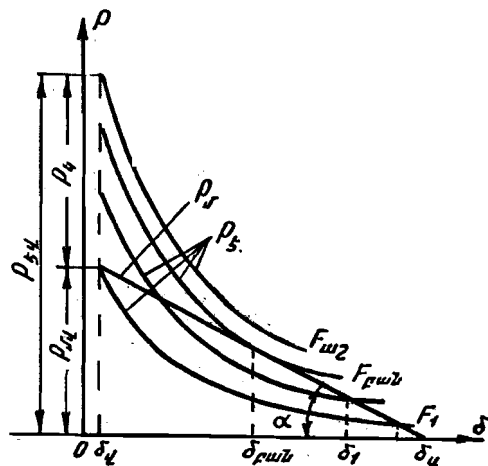
Այդ հզորությունը համեմատական է ուղղանկյան ստվերագծված մակերեսին:

Գրգռման I_2 հոսանքի դեպքում տանող և տարվող լիսեռները ամուր միացված են և պտտվում են $\omega_{առ.}$ անկյունային արագությամբ: Հա-

ուժի հետագա դանդաղ մեծացմանը զուգընթաց կոնտակտային միջուկ-
ները աստիճանաբար մոտենում են իրաի մինչև $\delta_{բան}$ բանեցման բացակա-
բանեցման բացակա համապատասխանում է ուլի $F_{բան}$ ստատիկ բա-



Նկ. 6-3. Չեզոք միացնող ճերվոնային աւելի կառուցվածքը



Նկ. 6-4. Հերվոնային ուլի հակազդող և ստատիկ քարշային էլեկտրամագնիսական բնութագրերը

նեցման մ. շ. ու. ին և որոշվում է հակազդող քարշային բնութագրերի
շփման կետով (Նկ. 6-4):

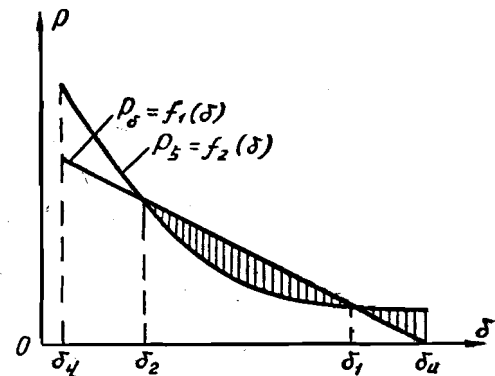
Երբ փաթույթի մ. շ. ու. ն մեծանալով հասնում է $F_{բան}$ արժեքին,
կոնտակտային միջուկները առանց մ. շ. ու. ի հետագա աճի՝ արագ փակ-
վում են: Դրանց միջև առաջացած բացակի δ_4 չափը որոշվում է կոն-
տակտային միջուկների կոնտակտային ծածկերի հաստությունների զու-
մարով ($2\Delta_4$) և միջուկների համան անհարթությամբ: Կոնտակտների
բացվածքը որոշվում է հետևյալ կերպ.

$$\delta_բ = \delta_ւ - \delta_4:$$

Մագնիսաշարժ ուժի $F_{բան}$ արժեքը բնորոշում է ուլի զգայունու-
թյունը ստատիկ աշխատանքային ռեժիմում:

Որքան փոքր է բանեցման մ. շ. ու. ն, այնքան մեծ է ուլի զգայու-
նությունը: Դինամիկ աշխատանքային ռեժիմում (այսինքն, երբ փաթույ-
թը «ակնթարթորեն» միացվում է որոշակի լարման) ուլի զգայունու-
թյունը գերազանցում է ստատիկ ռեժիմում ունեցած զգայունությանը: Այս
հանգամանքը բացատրենք Նկ. 6-5-ում պատկերված հակազդող և դի-
նամիկ քարշային բնութագրերի միջոցով:

Երբ կոնտակտային մի-
ջուկները $\delta_ւ$ բացակից սկսում
են տեղաշարժվել, զուսարա-
յին ($P_ւ - P_բ$) ուժը նրանց
հաղորդում է որոշակի արա-
գացում: Արդյունքը լինում է
այն, որ δ_1 բացակում, որտեղ
 $P_ւ$ ուժը հավասարվում է
 $P_բ$ ուժին, կոնտակտային մի-
ջուկները ունենում են որոշա-
կի կինետիկ էներգիա: Այս
էներգիան կոնտակտային մի-
ջուկներին հնարավորություն
է տալիս δ_1 բացակից տեղա-
շարժվել դեպի ավելի փոքր
բացակները, չնայած որ $\delta_1 > \delta_2$



Նկ. 6-5. Քարշային և հակազդող բնութա-
գրերը լեսեոի դինամիկ բանեցման ժամանակ

տեղամասում $P_ւ$ ուժը զիջում է $P_բ$ ուժին: Եթե կուտակված կինետիկ
էներգիան բավարար լինի կոնտակտային միջուկները δ_2 բացակի չա-
փով իրար մոտեցնելու համար, ապա դրանից հետո միջուկները կշա-
րունակեն մոտենալ և կփակվեն, քանի որ $\delta_2 > \delta_ւ$ տեղամասում $P_ւ$
ուժը նորից գերազանցում է $P_բ$ ուժին: Այսպիսով, դինամիկ ռեժիմում
ուլի բանեցման սահմանային պայմանը արտահայտվում է Նկ.
6-5-ում գծանշված մակերևույթների հավասարությամբ.

$$\int_{\delta_1}^{\delta_2} [P_s(\delta) - P_t(\delta)] d\delta = \int_{\delta_2}^{\delta_3} [P_t(\delta) - P_s(\delta)] d\delta$$

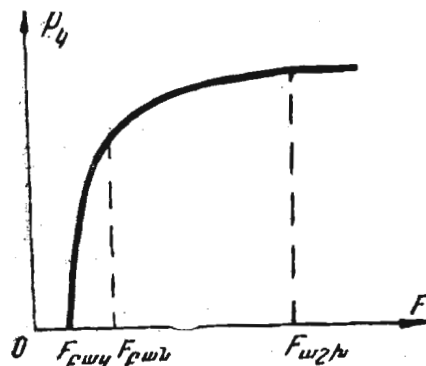
Կոնտակտների անջատման համար հարկավոր է փաթույթի մ. շ. ու.-ն փոքրացնել մինչև բացթողման $F_{բաց}$ արժեքը: Դրանից հետո կոնտակտային միջուկները հեռանում են իրարից մինչև δ_2 բացակը (նկ. 6-4): Մագնիսաշարժ ուժի հետագա փոքրացումով կոնտակտային միջուկները գրավում են իրենց սկզբնական դիրքը (δ_1 բացակին համապատասխանող): Բանեցման և բացթողման մ. շ. ու.-ների հարաբերությամբ որոշվում է ուղիղ ետադարձի գործակիցը:

$$k_{\text{ետ}} = \frac{F_{բաց}}{F_{բան}} \quad (6-1)$$

Երբ հերկոնը փակ է, կոնտակտային միջուկները իրար վրա ազդում են կոնտակտային սեղմող ուժով, որը որոշվում է հետևյալ կերպ.

$$P_k = P_{k1} - P_{k2}$$

Այստեղ P_{k1} -ն և P_{k2} -ն համապատասխանաբար էլեկտրամագնիսական և հակազդող ուժերի մեծություններն են վերջնական δ_1 բացակի ժամանակ (նկ. 6-4): Ինչպես հետևում է նկ. 6-4-ից, կոնտակտային սեղմող P_k ուժի արժեքը կախված է կոնտակտային մագնիսաշարժ ուժի մեծությունից: Հերկոնային ուղիղների բնորոշ P_k ուժի կախվածությունը կոնտակտային մ. շ. ու.-ից ցույց է տրված նկ. 6-6-ում:



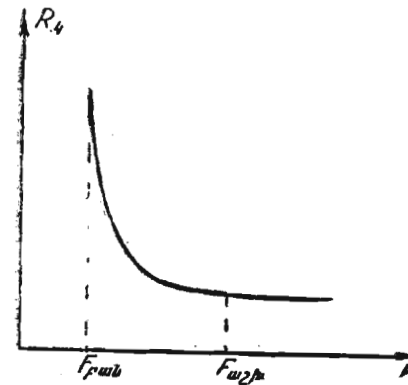
Նկ. 6-6. Կոնտակտային սեղմող ուժի կախվածությունը կոնտակտային մ. շ. ու.-ից

Կոնտակտային մեծացմանը զուգընթաց P_k ուժի աճի դանդաղումը (նկ. 6-6) և հետագա կայունացումը հիմնականում բացատրվում է կոնտակտային միջուկների նյութի մագնիսացման կորի ու գծային բնույթով և այդ նյութի հագեցմամբ: Կոնտակտային սեղմող P_k ուժի փոփոխությունը հանգեցնում է կոնտակտային R_k դիմադրության փոփոխությանը: Հերկոնի կոնտակտային R_k դիմադրության կախվածությունը կոնտակտային մ. շ. ու.-ից, բերված է 6-7 նկարում:

Այս դիմադրությանը բավարար չափով փոքր և կայուն արժեք տալու համար ուղիղ կոնտակտային մ. շ. ու.-ն վերցվում է ավելի մեծ, քան բանեցման

$F_{բան}$ մ. շ. ու.-ն է: Մագնիսական ուժի այս նոր մեծությունը կոշտ է ուղիղ աշխատանքային մ. շ. ու. և որոշվում է այսպես.

$$F_{բան} = k_{\text{պ}} \cdot F_{բան}$$



Նկ. 6-7. Կոնտակտային դիմադրությունը կախվածությունը կոնտակտային մ. շ. ու.-ից

որտեղ $k_{\text{պ}}$ -ն պաշարի գործակիցն է: Պաշարի գործակիցը ընտրվում է նաև ուղիղ հոսանքի աշխատանքը ապահովող այլ նկատառումներից՝ հաշվի առնելով կոնտակտային սեղմման հնարավոր տատանումները, շրջապատող միջավայրի ջերմաստիճանի փոփոխությունները, մեխանիկական բեռնվածության ազդեցությունը և այլն:

Հերկոնային ուղիղի ժամանակային բնութագրերից են նրա բանեցման $t_{բան}$ և բացթողման $t_{բաց}$ ժամանակները: Բանեցման ժամանակը արտահայտվում է հետևյալ կերպ.

$$t_{բան} = t_{ս} + t_{բ}$$

որտեղ $t_{ս}$ -ն հերկոնի միացման ժամանակն է և կազմում է ուղիղ կոնտակտային բավարար մեծությամբ լարում տալու պահից մինչև կոնտակտային միջուկների առաջին միացման պահը ընկած ժամանակահատվածը: Այս արտահայտության մյուս անդամը՝ $t_{բ}$ -ն թրթռոցի ժամանակն է և կազմում է կոնտակտային միջուկների առաջին միացման պահից մինչև վերջին միացման պահը ընկած ժամանակահատվածը (այս ընթացքում կոնտակտային միջուկները տատանվում են՝ միացնելով և անջատելով հերկոնը):

Միացման $t_{ս}$ ժամանակը որոշվում է կոնտակտային w^2/R (w -ն կոնտակտային զալարների թիվն է, իսկ R -ը՝ փաթույթի ակտիվ դիմադրությունը) հաստատունով, կոնտակտային մատուցված լարման ձևով, պաշարի $k_{\text{պ}}$ գործակցի արժեքով, կոնտակտային միջուկների նյութով, շափերով, փոխաձուլով, $\delta_{\text{ս}}$ և $\delta_{\text{բ}}$ բացակներով, ապակյա անոթում լցված գազի տեսակով և ճնշմամբ: Այս ժամանակը կախված է նաև կոնտակտային ծածկերի նյութից և կոնտակտային մակերևույթների վիճակից:

Պաշարի գործակցի մեծացումը նպաստում է կոնտակտային միջուկների արագ միացմանը ($t_{ս}$ -ը փոքրանում է), քանի որ այս դեպքում մեծանում է ձգող էլեկտրամագնիսական ուժը: Սակայն միաժամանակ

«ԴՆ մարմնագույն ըբմաստ մըսաբաս տվմեհնչ կվտվր
-տուց վմգեմտկոբուց ղտկոտվղեբու ղտուղ : (մգղկիսճվր ղվմտտկոտղսի)
մգվմտտ ղվմտքե Զս ղտի բրսեմտկոբուց ղտկոտվղեբու «մբուբտտիղ
վմգղժեմղտտ ղտկոտղմիմգ Լն ոգեղմո «ղտկոտղմո վղսիմգն «ոգեղմղվ
«փոշոբուցղո «ն փոշոսգ մտշոն «ն նմոմ մղմրսղմ ղտբոլշոմ վտշոն
ղտկոտվղեբու տմղ «մղոմղսեմտե փժբոմնաստի վղզս ղվմողսիմգն զոմ
-տղճ «մղմսղմ ղտբոլշոմ վտշոն ղտկոտվղեբու վմգղստմտեոտ նմո Լող
-տրվ «ն տնչբոմնչղո մոբուց րսղզբսմմղն մժղտտոմղշո վմգղզղզս ղվմողսի
-մգն Լն ոգեղմո «վմգժմոտ ղտկոտվղեբոբոմտիղն Լն մսնմ ոգեղմղվ

Իրա-ՕԼ-Ծ-ից թոժմտ Յհսն Զ հոռ
 -վմո դոքմաթիտսի վովհոռմ վղսհմզ Զվհոհոթիեզլ Իսնսծվր վաշնոն թոթ
 -նզսոն վովղեոթր դստոտոոց ղլմ Իստշնոն վջսի ղոհոռվղեոթրմտսիզլ
 ղմվր Զս Լզիմաթիտսի ղզ նսմոի մմզղղսհմզ մս Լզշղ Զ տշթոմշղղ

[illegible]

ձմերիսաստի
վազիկի ցվածությունը

The diagram shows a flower bud and its longitudinal section. The bud is labeled with '1' and '2'. The longitudinal section shows the internal structure, including the ovary and the style.

ձմերիկի ցվածությունը

The diagram shows a flower bud and its longitudinal section. The bud is labeled with '1' and '2'. The longitudinal section shows the internal structure, including the ovary and the style.

[illegible][illegible]

A diagram of a simple microscope. It consists of a cylindrical lens, labeled with the number '2', and a rectangular object, labeled with the number '1'. The rectangular object has the letters 'S' and 'M' on its surface. The lens is positioned above the object, and a light ray is shown passing through the lens and focusing on the object.

Հիստորիա (վիճումն

Նվերի ոգևած ԿՄՄԶԽԻՆ

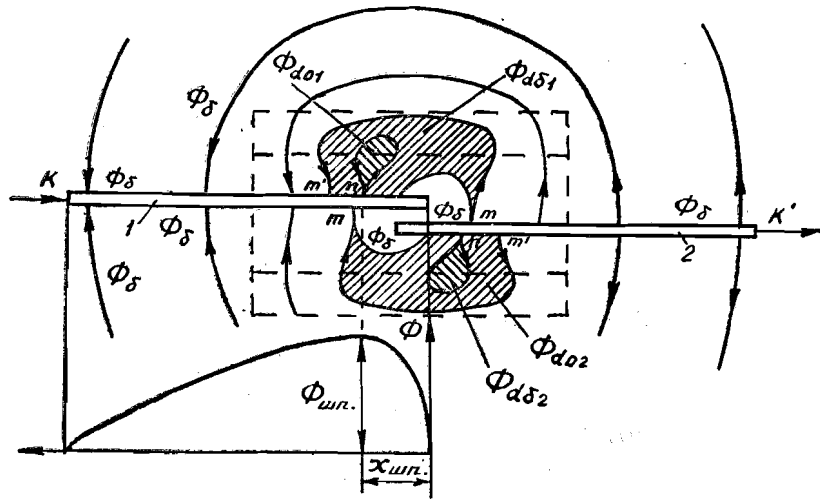
ՃԵՐԱՐՈՐԴՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ՎՃԵՅԿՈՒՄՆԵՐ
ՎՆԱՍԺՄԱՆ ՊՐՈԳՆՈՎՈՒՄՆԵՐ ԵՐԵՎԱՆԻ ԳՐԱԴԱՐԱՆԻ ԿՈՒՆԱԿՈՒՄՆԵՐ

з.п.м-8

[illegible]

զորդիչ թղթի վրա մոդելավորման մեթոդը, ինչպես հայտնի է, հիմնավորվում է մագնիսական և էլեկտրական դաշտերի մաթեմատիկական համանմանությամբ:

Էլեկտրահաղորդիչ թղթի վրա ստացված հերկոնային ուղեի մագնիսական դաշտի պատկերը ցույց է տրված նկ. 6-11-ում:



Նկ. 6-11. Հերկոնային ուղեի մագնիսական դաշտի պատկերը

Նկարում նշված են միայն մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի գծերը, իսկ հավասար մագնիսական պոտենցիալների գծերը նշված չեն:

Ուսումնասիրվող մագնիսական համակարգին բնորոշ են հետևյալ մագնիսական հոսքերը. ա) Φ_δ աշխատանքային բացակի հոսք (այստեղ հաշվի են առնված նաև դաշտի ինդուկցիայի գծերի փքումով պայմանավորված փքման հոսքերը), որը նկ. 6-11-ում 1-ին կոնտակտային միջուկ է մտնում ձախ կողմից (km' և km միջակայքերում), անցնում է աշխատանքային δ_{m2} բացակով և դուրս է գալիս 2-րդ կոնտակտային միջուկի աջ կողմից (m'k' և mk' միջակայքերից), բ) $\Phi_{\delta\sigma}$ - ցրման հոսքերը, որոնք փակվում են օդով և կոնտակտային միջուկներից որևէ մեկով: Այս հոսքերը աշխատանքային բացակով չեն անցնում, գ) $\Phi_{\delta 0}$ ցրման հոսքերը, որոնք փակվում են միայն օդով: Այս հոսքերը ևս չեն անցնում օդային բացակով:

Նկարի ներքևի մասում ցույց է տրված կոնտակտային միջուկի միջով մագնիսական հոսքի բաշխման կորը: Դաշտի նկարի միջոցով բացատրենք այդ կորի բնույթը:

Սկսած արտաքին ծայրից, հոսքը 1-ին կոնտակտային միջուկում նախ աճում է միջուկը մտնող Φ_δ և $\Phi_{\delta\sigma 1}$ հոսքերի շնորհիվ և m-n միջակայքի x_{mn} կոորդինատի կտրվածքում հասնում իր առավելագույն արժեքին (Φ_{mn}): Այնուհետև 1-ին կոնտակտային միջուկում հոսքը սկսում է նվազել, քանի որ $\Phi_{\delta\sigma 1}$ և Φ_δ հոսքերը արդեն դուրս են գալիս այդ միջուկից: Եթե ընդունենք, որ m և n կետերով բնութագրվող կտրվածքները իրար շատ մոտ են գտնվում, ապա կարող ենք գրել.

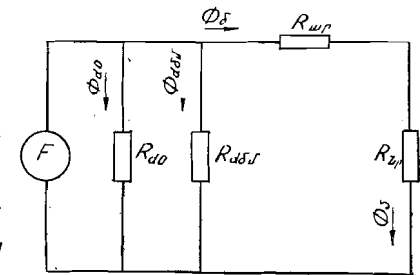
$$\Phi_{mn} = \Phi_\delta + \Phi_{\delta\sigma 1}$$

Դաշտի նկարի միջոցով կարելի է կազմել հերկոնային ուղեի մագնիսական շղթայի փոխարինման սխեման: Այդ սխեման պարզեցված տեսքով ցույց է տրված նկ. 6-12-ում:

Քանի որ կոնտակտային միջուկների մագնիսական հաղորդականությունը օդի հաղորդականության նկատմամբ անսահման մեծ է, ապա դրանց դիմադրությունը կարելի է արհամարհել և սխեմայում չնշել: Սխեմայում նշված R_z դիմադրությունը մագնիսական շղթայի ներքին տեղամասի մագնիսական դիմադրությունն է կամ ներքին մագնիսական դիմադրություն (այն դիմադրությունն է, որն ի հայտ է գալիս Φ_δ հոսքի ճանապարհին, երբ այն մի կոնտակտային միջուկի ներքին տեղամասից անցնում է մյուս միջուկի համապատասխան տեղամասը): Եթե արհամարհենք Φ_δ հոսքի այն բաղկացուցիչ մասը, որը պայմանավորված է մագնիսական ինդուկցիայի ուժագծերի փքմամբ, կարելի է գրել.

$$\Lambda_z = \frac{1}{R_{mz}} = \mu_0 \frac{ab}{\delta},$$

որտեղ a-ն կոնտակտային միջուկների փոխածածկն է, իսկ b-ն՝ լայնությունը (նկ. 6-3): Փոխարինման սխեմայի R_{mz} դիմադրությունը մագնիսական շղթայի արտաքին տեղամասի կոճի լրիվ երկարությանը բերված դիմադրությունն է կամ արտաքին մագնիսական դիմադրությունը (Φ_δ հոսքի ճանապարհի դիմադրությունն է, երբ այն կոնտակտային միջուկներից մեկի արտաքին տեղամասից անցնում է մյուս միջուկի համապատասխան տեղամասը): R_{mz} դիմադրությունը համապատասխանում է Λ_{mz} արտաքին մագնիսական հաղորդականությանը:



Նկ. 6-12. Մագնիսական շղթայի փոխարինման սխեման

$$\Lambda_{\omega p} = \frac{1}{R_{\text{տաք}}},$$

Փոխարինման սխեմայի $R_{\text{տաք}}$ և $R_{\text{տաք}}$ դիմադրությունները ցրման հոսքերի ճանապարհին եղած մագնիսական դիմադրություններն են՝ բերված կո-
ճի լրիվ երկարությունը:

Հերկոնային ռելեի մի քանի հաշվարկային մեծությունները և նրանց բնութագրերը

Ընդհանուր առմամբ կոնտակտային միջուկների միջև առաջացած էլեկտրամագնիսական ուժը որոշվում է հետևյալ արտահայտությամբ.

$$P_k = - \frac{1}{2} F^2 \frac{d \Lambda_{lp}}{d \delta}, \quad (6-2)$$

որտեղ Λ_{lp} -ն մագնիսական համակարգի լրիվ մագնիսական հաղորդա-
կանությունն է:

Էլեկտրամագնիսական ձգող ուժը (6-2) արտահայտությամբ որո-
շելու համար անհրաժեշտ է իմանալ մագնիսական դաշտի բաշխումը
հերկոնային ռելեի մագնիսական համակարգում: Եթե ընդունենք, որ
էլեկտրամագնիսական ձգող ուժը ստեղծվում է միայն կոնտակտային
միջուկների փոխաժակի շրջանում և միաժամանակ արհամարհենք փրք-
ման հոսքերը, ապա կարելի է օգտվել հետևյալ հայտնի համեմատա-
բար պարզ արտահայտությունից.

$$P_k = \frac{\Phi_0^2}{2 \mu_0 ab}.$$

Կոնտակտային միջուկների առաձգականությամբ պայմանավորված հա-
կազդող ուժը կարելի է արտահայտել հետևյալ կերպ.

$$P_d = C_{pkr} (\delta_u - \delta); \quad (6-3)$$

Այստեղ C_{pkr} -ը երկու կոնտակտային միջուկների բերված կոշտությունն
է, որը բնորոշվում է նկ. 6-4-ում ցույց տրված α անկյունով: Ընդհանուր
դեպքում կոնտակտային միջուկների բերված կոշտությունը որոշվում է
հետևյալ բանաձևով.

$$C_{pkr} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2},$$

որտեղ C_1 -ը և C_2 -ը առանձին կոնտակտային միջուկների կոշտություն-
ներն են: Եթե $C_1 = C_2 = C$, ապա $C_{pkr} = 0,5 C$:

Հաստատուն կտրվածքով հարթ կոնտակտային միջուկի կոշտությու-
նը որոշվում է այսպես.

$$C = \frac{E b h^3}{4 l_c^3},$$

որտեղ E -ն առաձգականության մոդուլն է, h -ը՝ միջուկի հաստությու-
նը.

l_c -ն՝ կոնտակտային փոխաժակի կենտրոնից մինչև միջուկի և
ապակյա անոթի միացման տեղը եղած հեռավորությունը (նկ. 6-3):

Որոշենք հերկոնային ռելեի բանեցման δ_{pkr} բացակա և բանեցման F_{pkr}
մ. շ. ու.-ն: Ինչպես արդեն նշել ենք, ռելեի բանեցման պահին ($\delta = \delta_{pkr}$
և $F = F_{pkr}$) քարշային $P_k = f(\delta)$ բնութագիրը շոշափում է հակազդող
մեխանիկական $P_d = f(\delta)$ բնութագիրը (նկ. 6-4): Ուստի այս դեպքում
իրավացի են հետևյալ երկու հավասարությունները.

$$P_k = P_d, \quad \frac{dP_k}{d\delta} = \frac{dP_d}{d\delta},$$

Հաշվի առնելով (6-2) և (6-3) արտահայտությունները բանեցման բա-
ցակի համար, կարող ենք գրել.

$$- \frac{F_{pkr}^2}{2} \left(\frac{d \Lambda_{lp}}{d \delta} \right)_{\delta_{pkr}} = C_{pkr} (\delta_u - \delta_{pkr}) \quad (6-4)$$

$$- \frac{F_{pkr}}{2} \left(\frac{d^2 \Lambda_{lp}}{d \delta^2} \right)_{\delta_{pkr}} = - C_{pkr}; \quad (6-5)$$

Բանեցման F_{pkr} մ. շ. ու.-ի արժեքը կորոշվի (6-4) արտահայտությունից.

$$F_{pkr} = \sqrt{-2 C_{pkr} (\delta_u - \delta_{pkr}) \left(\frac{d \Lambda_{lp}}{d \delta} \right)_{\delta_{pkr}}^{-1}}, \quad (6-6)$$

Բաժանելով (6-4) արտահայտությունը (6-5)-ի վրա, կստանանք այն
բացակա, որի դեպքում հերկոնային ռելեի բանեցվում է, այսինքն բա-
նեցման բացակա.

$$\delta_{pkr} = \delta_u + \frac{(d \Lambda_{lp} / d \delta)_{\delta_{pkr}}}{(d^2 \Lambda_{lp} / d \delta^2)_{\delta_{pkr}}},$$

Հերկոնային ռելեի լրիվ մագնիսական Λ_{lp} հաղորդականության
հաշվարկը մանրամասն քննարկված է համապատասխան աշխատու-
թյուններում:

Այժմ որոշենք հերկոնային ռելեի բացթողման մ. շ. ու.-ն: Ռելեի
բացթողման ժամանակ իրավացի է հետևյալ պայմանը.

$$P_k = P_d:$$

Հաշվի առնելով (6-2) և (6-3) հավասարությունները, կարող ենք գրել:

$$-\frac{(F_{\text{բաք}})^2}{2} \cdot \left(\frac{d\Lambda_{\text{ԼՐ}}}{d\delta} \right)_{\delta_{\text{Գ}}} = C_{\text{բեք}} (\delta_{\text{ս}} - \delta_{\text{Գ}});$$

Այստեղ $\delta_{\text{Գ}}$ -ն, ինչպես գիտենք, վերջնական աշխատանքային բացակն է: Վերջին արտահայտությունից կորոշենք բացթողման մ. շ. ու.-ն.

$$F_{\text{բաք}} = \sqrt{-2 C_{\text{բեք}} (\delta_{\text{ս}} - \delta_{\text{Գ}}) \left(\frac{d\Lambda_{\text{ԼՐ}}}{d\delta} \right)_{\delta_{\text{Գ}}}^{-1}}; \quad (6-7)$$

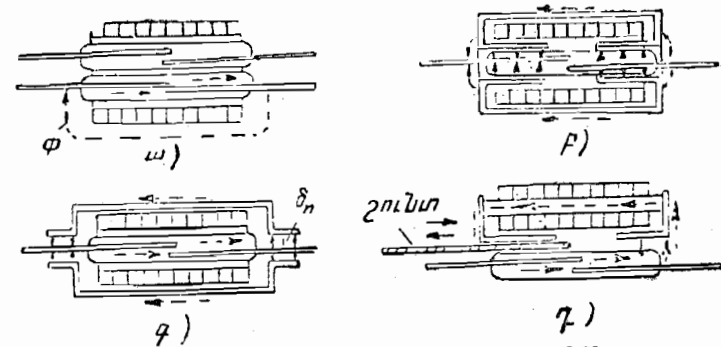
Օգտվելով (6-6) և (6-7) արտահայտություններից, ձևավորենք ետադարձի գործակցի համար գրված (6-1) բանաձևը.

$$k_{\text{հետ}} = \sqrt{\frac{\delta_{\text{ս}} - \delta_{\text{Գ}}}{\delta_{\text{ս}} - \delta_{\text{բաք}}} \left(\frac{d\Lambda_{\text{ԼՐ}}}{d\delta} \right)_{\delta_{\text{բաք}}}^{-1} \left(\frac{d\Lambda_{\text{ԼՐ}}}{d\delta} \right)_{\delta_{\text{Գ}}}^{-1}};$$

6-3. ՀԵՐԿՈՆԱՅԻՆ ՌԵԼԵՆԵՐԻ ՀԻՄՆԱԿԱՆ ՏԵՍԱԿՆԵՐԸ ԵՎ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐԸ

Մինչ այժմ մենք քննարկում էինք միաշղթա ուղիների աշխատանքը, այսինքն այնպիսի ուղիներ, որի կոճը կառավարում էր մեկ հատ հերկոն: Բազմաշղթա (բազմակոնտակտ) ուղի ստանալու համար բավարար է կառավարող կոճում տեղադրել ոչ թե մեկ, այլ մի քանի հերկոն (նկ. 6-13, ա): Սերիական թողարկվող ուղիների կոճերում սովորաբար տեղադրվում են 2-ից մինչև 10—12 հատ հերկոններ: Սկզբունքորեն կարելի է պատրաստել նաև ավելի մեծ թվով շղթաներ կոմուտացիոն հերկոնային ուղիներ: Սակայն այս դեպքում խիստ մեծանում են ուղիի չափերը և պղնձի հաղորդալարի ծախսը: Համեմատենք բազմաշղթա հերկոնային ուղին սովորական էլեկտրամագնիսական բազմաշղթա ուղիի հետ: Եթե սովորական ուղիի բանեցման մ. շ. ու.-ի կամ բացթողման մ. շ. ու.-ի դեպքում կատարվում է բոլոր շղթաների միաժամանակյա կոմուտացիա, ապա հերկոնային ուղիում տարբեր շղթաները կոմուտացվում են տարբեր մեծության մագնիսաշարժ ուժերից: Այս երևույթը բացատրվում է մի քանի սլատառներով: Նախ՝ նույնիսկ միաժամանակ թողարկված նույն տեսակի հերկոնները իրարից տարբերվում են ինչպես ըստ բանեցման, այնպես էլ ըստ բացթողման մ. շ. ու.-ի: Հաջորդ պատճառն այն է, որ իրական կոճերում մագնիսական դաշտը համասեռ չէ և, իհարկե, ավելի շուտ կգործեն այն հերկոնները (մնացած պայմանների հավասարության դեպքում), որոնք գտնվում են համեմատաբար բարձր մագնիսական լարվածություն ունեցող տեղամասերում: Իսկ երբորդ պատճառն այն է, որ հերկոններից որևէ մեկի բանեցումը հան-

գեցնում է մյուս հերկոնների զուգահեռալարմանը (տես նկ. 6-13, ա) և դրանց հետագա բանեցման համար պահանջվում է մ. շ. ու.-ի լրացուցիչ ավելացում:



Նկ. 6-13. Հերկոնային ռելեների տեսակները.

ա) մի կոճով կառավարվող մի քանի հերկոններ, բ) արտաքին մագնիսալարով ուղի, գ) ներքին տեղամասեր ունեցող մագնիսալարով ուղի, դ) կարգավորող շունտով ուղի

Հերկոնային ուղիի մագնիսական դաշտը քննարկելիս մենք տեսանք, որ մագնիսական հոսքը իր ճանապարհի մեծ մասը անցնում է օդով: Հայտնի է, որ օդի մագնիսական թափանցելիությունը շատ փոքր է, և այդ պատճառով էլ հերկոնային ուղիների զգայունությունը դիջում է համեմատաբար կոմուտացիոն ցուցանիշներ ունեցող սովորական էլեկտրամագնիսական ուղիներին: Այս թերությունը մասամբ վերացնելու համար հերկոնային ուղիներում հաճախ տեղադրում են արտաքին մագնիսալար (նկ. 6-13, բ): Արտաքին մագնիսալարը զգալիորեն մեծացնում է ուղիի արտաքին մագնիսական $\Lambda_{\text{արտ}}$ հաղորդականությունը, որն էլ կարող է հանգեցնել զգայունության 1,5—2 անգամ բարձրացման, ինչպես նաև կոնտակտային սեղմող ուժի աճի: Շատ հաճախ արտաքին մագնիսալարը պատրաստվում է ուղիի կափարիչի տեսքով: Արտաքին մագնիսալարի կիրառման արդյունավետությունը կախված է շատ գործոններից, մասնավորապես, կոնտակտային միջուկների և մագնիսալարի բևեռների միջև եղած $\delta_{\text{ս.բ.}}$ բացակի (նկ. 6-13, գ) չափից: Այս իսկ պատճառով ուղին նախագծելիս աշխատում են, որ $\delta_{\text{ս.բ.}}$ բացակը լինի հնարավորին չափ փոքր, իսկ կոնտակտային միջուկների և արտաքին մագնիսալարի բևեռների փոխաժառկը երկարացնում են: Բայց քանի որ հերկոնի երկարությունը սահմանափակ է, չի հաջողվում ապահովել մեծ փոխաժառկ: Որոշ դեպքերում $\delta_{\text{ս.բ.}}$ բացակի հաղորդականությունը մեծացնելու նպատակով այն լցնում են ֆերոէլաստով: Ֆերոէլաստը ֆերո-

մագնիսական լցանյութ պարունակող ռեզինանման նյութ է և իր մագնիսական հատկություններով 10—20 անգամ գերազանցում է օդին:

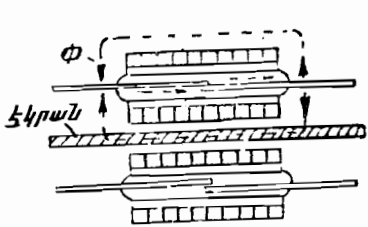
Մագնիսալարով ուղիղ մեկ այլ տարբերակ ցույց է տրված նկ. 6-13, գ-ում: Այս ուղիղ մագնիսալարի բևեռները պատրաստված են բարակ պատեր ունեցող զլանների տեսքով, որոնք ընդգրկում են հերկոնի ապակյա անոթը: Նման ձևով պատրաստված բևեռներով մագնիսական հոսքը անմիջապես մոտենում է օդային աշխատանքային բացակին:

Անհրաժեշտ է նշել, որ արտաքին մագնիսալարը տարբեր ձևով է ազդում բանեցման և բացթողման ժամանակների վրա: Այսպես, հերկոնի փակ վիճակում ուղիղ մագնիսական հաղորդականությունը հիմնականում որոշվում է արտաքին հաղորդականությամբ: Պարզ է, որ այս վիճակում արտաքին մագնիսալարը կլինի առավել արդյունավետ: Հետևաբար, մագնիսալարի տեղադրումը կրկնի բացթողման $F_{բաց}$ մ. շ. ու.-ի ավելի զգալի փոքրացման, քան բանեցման մ. շ. ու.-ի: Որոշ դեպքերում հերկոնային ուղիղ կոճի փաթաթվում է հատուկ միջուկների վրա, իսկ մագնիսական հոսքը դեպի կոնտակտային միջուկներն է ուղղվում հոսանքատարների միջով (տես նկ. 6-13, դ): Նման ուղիղ բանեցման և բացթողման մ. շ. ու.-ները կարելի է կարգավորել շարժական ֆերոմագնիսական շունտով, ինչպես ցույց է տրված 6-13, գ նկարում:

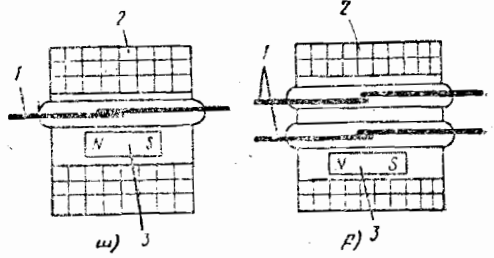
Անդրադառնալով արտաքին մագնիսալարի մեկ այլ շատ կարևոր նշանակությանը: Հայտնի է, որ աշխատող էլեկտրական ապարատը իր շուրջը ստեղծում է մագնիսական դաշտ: Եթե այս դաշտը բավարար չափով ուժեղ է, ապա այն կարող է ներգործել մեկ այլ ապարատի վրա և խափանել նրա աշխատանքը: Արտաքին դաշտի ներգործությանը հատկապես ենթակա են բաց մագնիսական համակարգ ունեցող էլեկտրական ապարատները, ինչպիսիք են արտաքին մագնիսալար շունեցող հերկոնային ուղիղները: Բացի այդ, որպես օրենք, հենց այսպիսի ապարատներն են ստեղծում կողմնակի մագնիսական դաշտեր: Այս տեսակետից արտաքին մագնիսալարը կատարում է երկակի դեր. նախ սահմանափակում է տվյալ ապարատի սեփական մագնիսական դաշտի ծավալը, և ապա ուղեն պաշտպանում է կողմնակի դաշտերի ազդեցությունից: Արտաքին դաշտի ազդեցությունը կարելի է նվազեցնել նաև այդ դաշտի ուժագծերի նկատմամբ ուղիղ համապատասխան տեղադրմամբ: Բացի այս, ուղիղների փոխազդեցությունը կարելի է նվազեցնել հատուկ բաժանիչ ֆերոմագնիսական էկրանների միջոցով (նկ. 6-14):

Հերկոնային ուղիղների գոյություն ունեցող բազմություն մեջ հատուկ տեղ են զբաղում բևեռացված ուղիղները: Բևեռացված ուղիղներում հերկոնի աշխատանքային օդային բացակով հոսում է հատուկ կոճով կամ հաստատուն մագնիսով ստեղծված բևեռացնող հոսք: Բևեռա-

ցումը հնարավորություն է տալիս որոշակի սահմաններում կարգավորել ուղիղի բանեցման և բացթողման մ. շ. ու.-ները, զգալիորեն բարձրացնել ուղիղի զգայունությունը ըստ հիմնական կառավարող կոճի, ստեղծել ուղիղի նորմալ փակ կոնտակտներով աշխատանքային ուժի, իրականացնել տրամաբանական որոշ գործողություններ: Պարզենք, թե ինչպե՞ս բևեռացման միջոցով միացնող կոնտակտները կկարողանան վերափոխել անջատող (նորմալ փակ) և փոխանջատող կոնտակտները: Այսպիսի բևեռացված ուղիղներ տրված են նկ. 6-15-ում: Առաջին ուղիղում (նկ. 6-15, ա) հաստատուն մագնիսի (3) դաշտի ազդեցության տակ հերկոնը (1) գտնվում է փակ վիճակում (կառավարման կոճի (2) դեռևս միացված չէ):



Նկ. 6-14. Հերկոնային ուղիղների փոխազդեցության նվազեցումը էկրանի միջոցով



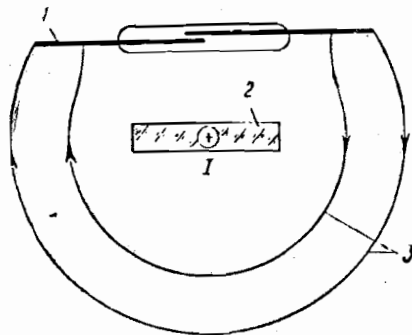
Նկ. 6-15. Բևեռացված հերկոնային ուղիղներ

Երբ կառավարման կոճի (2) միացվում է լարմանը, նրա ստեղծած մագնիսական հոսքը ուղղվում է հակառակ մագնիսի հոսքին: Կոճի մ. շ. ու.-ի որոշակի արժեքի դեպքում երկու հոսքերից առաջացած գումարային հոսքը այնքան է փոքրանում, որ հերկոնը անջատվում է: Եթե կոճի (2) հոսքը համընկնի հաստատուն մագնիսի հոսքին, ապա այս դեպքում ուղիղի զգայունությունը ըստ կոճի մ. շ. ու.-ի կմեծանա, և հերկոնը կգործի կոճի փոքր մագնիսաշարժ ուժից:

Բևեռացված փոխանջատող ուղիղն ցույց է տրված նկ. 6-15, բ-ում: Այս ուղիղն պարունակում է երկու հերկոն, որոնցից մեկը հաստատուն (3) մագնիսի դաշտի ազդեցության տակ գտնվում է փակ վիճակում: Երբ միացվում է կառավարման (2) կոճը, այդ հերկոնը անջատվում է, իսկ մյուսը՝ միանում:

Մեր քննարկած ուղիղներում հերկոնները կառավարվում էին բազմափաթույթ կոճերով: Բացի այս ուղիղներից, տարածված են նաև այնպիսի հերկոնային ապարատներ, որոնցում հերկոնը կառավարվում է հոսանքատարով հոսող հոսանքով: Այս կարգի սարքերից են առավելագույն և նվազագույն հոսանքի ուղիղները: Նման ուղիղն սխեմատիկորեն ցույց է տրված նկ. 6-16-ում:

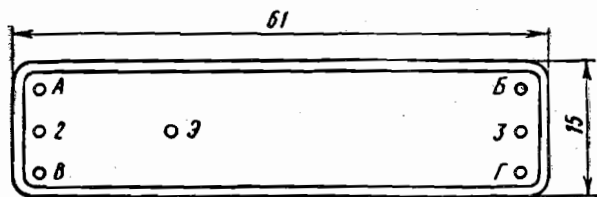
Ռելեի հոսանքատարով (2) հոսում է հոսանք: Հերկոնը հոսանքատարի (1) նկատմամբ այնպես է տեղադրվում, որ հոսանքի մագնիսական դաշտի ուժազդերը մտնեն և դուրս գան հերկոնի կոնտակտային միջուկներից: Հոսանքի որոշակի մեծության դեպքում (նախադրանքի հոսանք) հերկոնը գործում է և, օրինակ, միացնում վթարային ազդանշանային համակարգը: Այսպիսի ռելեի նախադրման հոսքը կարգավորվում է հոսանքատարի նկատմամբ հերկոնի դիրքի փոփոխումով:



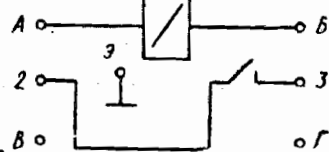
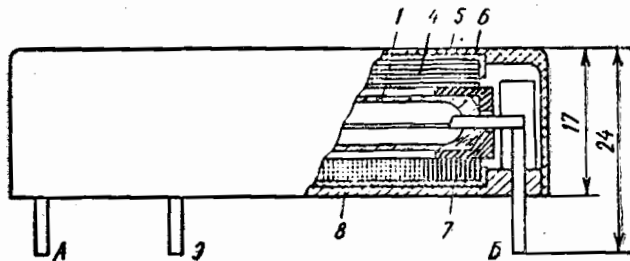
Նկ. 6-16. Հոսանքի հերկոնային ռելե

Ծանոթանանք հերկոնային ռելեների կառուցվածքին: Այժմ շատ տարածված են (ՔՅՑ) տեսակի շեղոք հերկոնային ռելեները, որոնցից մեկի կառուցվածքը և էլեկտրական սխեման տրված են նկ. 6-17-ում:

Այս ռելեների տեխնիկական ցուցանիշները տրված են 6-2 աղյուսակում: Տարածված են նաև (ՔՓԴ) տեսակի շեղոք ռելեները, որոնցում



օգտագործվում են ՔՅՄ (1) տեսակի հերկոններ: Այս ռելեների կոնճերում տեղադրվում են 2—10 հատ հերկոններ:



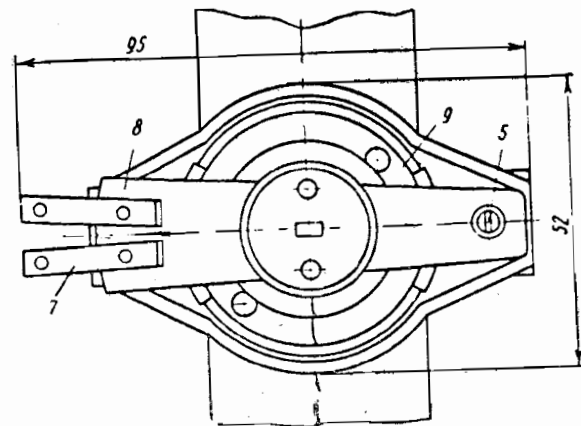
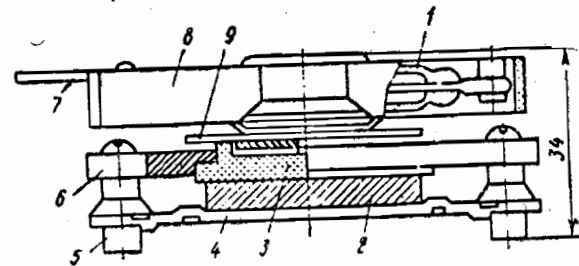
Նկ. 6-17. ՔՅՑ-45 հերկոնային ռելեի կառուցվածքը:

(ա) էլեկտրական միացման սխեման (բ). 1—ՔՅՄ-1 տեսակի հերկոն, 2—3—հերկոնի ելուստները, 4—կառավարման փաթույթ, 5—իրան 6—ֆերոմագնիսական էկրան, 7—ամրոտիզացիոն ներդիրներ, 8—պլաստմասսայի հիմք, A և B—կառավարման փաթույթի ելուստներ, B և Γ—ազատ ելուստներ, Զ—էկրան

ՔՅՑ տեսակի հերկոնային ռելեների տեխնիկական ցուցանիշները

Հերկոնի տեսակը	Չափերը, մմ	Հերկոն		Մագնիսական զորության թվային 27-վ-ի դեպքում, վտ	Աշխատանքային ջերմաստիճանը, °C	Բանցման ժամանակը 27-վ-ի դեպքում, մվ	Բացթողման ժամանակը, մվ
		տեսակը	կոնտակտների քանակը				
ՔՅՑ—45	15 61 17 (24)	ՔՅՄ—1	1	0,105	-60 ÷ +70	3,5	1—1,5
ՔՅՑ—46	22 61 17	ՔՅՄ—1	2	0,140	-60 ÷ +70	3,5	1—1,5
ՔՅՑ—42	30 13 15	ՔՅՄ—2	1	0,049	-60 ÷ +100	1	0,3
ՔՅՑ—43	30 17 15	ՔՅՄ—2	2	0,070	-60 ÷ +100	1,3	0,5
ՔՅՑ—44	30 20 15	ՔՅՄ—2	3	0,130	-60 ÷ +100	1,3	0,3
ՔՅՑ—64	94 32	ՔՅՄ—2	1	0,028	-60 ÷ +85	1,2	0,3
ՔՅՑ—55	94 33	ՔՅՄ—3	1	0,140	-60 ÷ +85	1,5	2,3

Նկ. 6-18-ում պատկերված է հոսանքի (ՔՓԴ) տեսակի ռելե:



Նկ. 6-18. ՔՓԴ տեսակի հոսանքի ռելեի կառուցվածքը:

1—ՔՅՄ-1 տեսակի հերկոն, 2—հոսանքադող, 3—հենակ, 4—մագնիսական շունտ, 5—պտտիտականներ, 6—մագնիսալար, 7—հերկոնի ելուստներ, 8—կաղապար, 9—ոչ մագնիսական թիթեղ

Այս ուղեն արտագրվում է 400-ից մինչև 1000 Ա նախագրանքի հոսանքների համար: Ռեկեի հերկոնը (1) տեղադրված է կաղապարի (8) մեջ, որը կարող է պատվել իր ուղղաձիգ առանցքի շուրջը և փոխել նախագրանքի հոսանքի մեծությունը: Ու մագնիսական թիթեղի (9) վրա նշված են նախագրանքի հոսանքները. այս հանգամանքը հեշտացնում է հերկոնի ճիշտ տեղադրումը: Հոսանքի ուղեն պտուտակներով (5) ամուր կցվում է հոսանքատարին (2):

Յ-4. ՀԵՂՈՒԿ ՄԵՏԱՂԱԿԱՆ ՀԵՐԿՈՆՆԵՐ

Հերկոնային ապարատների թերությունները քննարկելիս մենք նշեցինք կոնտակտների թրթռոցը, որը բացասաբար է անդրադառնում կոմուտացիոն շղթաների ցուցանիշների վրա: Թրթռոցի այս բացասական ազդեցությունը վերանում է, երբ հերկոնի կոնտակտները պատվում են (թրջվում են) հեղուկ մետաղով՝ սնդիկով: Բացի նշված առավելություններից, հեղուկ մետաղական կամ սնդիկով թրջված կոնտակտներն ունեն նաև այլ առավելություններ, օրինակ՝ փոքրանում է անցողիկ դիմադրությունը, վերանում կոնտակտային սեղմող ուժի անհրաժեշտությունը, կոնտակտները չեն զոգվում և չեն կաշում, մեծանում է կոնտակտների էլեկտրական և մեխանիկական մաշակալունությունը, բարձրանում կոնտակտային շրջանի անցողիկ դիմադրությունը:

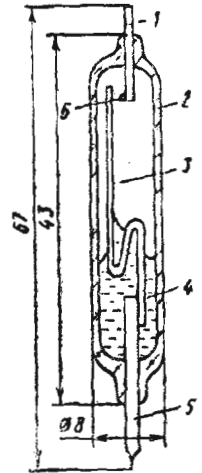
Հարկ է նշել, որ բացի սնդիկից հերկոններում օգտագործվում են նաև այլ հեղուկ մետաղներ, օրինակ, նատրիումային ամալգամ:

Մնդիկաթրջված կոնտակտներով միացնող МКСР-6 հերկոնը պատկերված է նկ. 6-19-ում:

Այս հերկունն ունի մեկ հատ կոմուտացիոն կոնտակտային զույգ։ Ապակյա (2) առթիվում զոգված են պերմալոյից պատրաստված (1) և (5) միջուկները։ Առաջին միջուկի ծայրին ամրացված է ոչ մագնիսական նյութից պատրաստված ելուստը, որն իր վրա է պահում սնդիկի որոշ քանակություն։ Սնդիկի այս քանակությունը անհրաժեշտ է կոնտակտների հարվածից առաջացող թրթռոցի բացասական հետևանքները վերացնելու համար։ Թրթռոցի ժամանակ կոնտակտները մոտենում են և հեռանում, սակայն շղթան էլեկտրականորեն չի խզվում, քանի որ հեռանալիս սնդիկը ձգվում է և կոնտակտների միջև առաջացնում էլեկտրահաղորդիչ փոքր կամրջակ։ Անշարժ միջուկին (5) հոակցված է շարժական (3) միջուկը, որը Z-ածն ծոված է։ Շարժական միջուկը, ինչպես նաև (1) միջուկի կոնտակտային մասը պատվում է սնդիկով թրջված որևէ մետաղով, օրինակ, պլատինով։ Ապակյա անոթի (2) ներքևի մասում լցված է սնդիկը (4)։ Շարժական միջուկի (3) լայն կողի վրա ար-

ված են փոքրիկ ակոսներ, որոնցով սնդիկը բարձրանում է դեպի կոն-
տակտային շրջանը:

Կառավարման կոճը, ինչպես «շոր» հերկոնային ունենալով, տեղա-
դրվում է ապակյա անոթի վրա: Երբ միջուկների միջև առաջանում է
ձգող էլեկտրամագնիսական ուժ, կոնտակտները փակվում են, դրանց
միջև միկրովոլայկայանների ընթացքում հաստատվում է 50 մՕհմ-ին չգե-
րազանցող էլեկտրական դիմադրություն: Հերկոնի բազմաթիվ բանեցում-



Ն կ. 6-19. Սնդիկաբրջված կոնտակտներով միացնող
MKCP-6 հերկոնը.

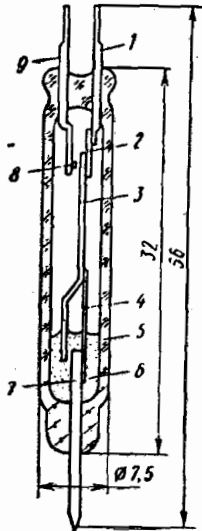
1—անշարժ կոնտակտային միջուկ, 2—ապակյա անոթ,
3—շարժական կոնտակտային միջուկ, 4—սնդիկ, 5—անշարժ
խողովակաձև միջուկ, 6—կոնտակտային ելուստ

ների ժամանակ սնդիկը անոթի ներքեի մասից ակոսներով մղվում է դեպի կոնտակտային շրջան, իսկ սնդիկի ավելցուկը (աշխատած սնդիկը)՝ գնդիկների տեսքով կոնտակտային շրջանից թափվում է ներքև։ Այս գնդիկների տեսքով կոնտակտային մակերևույթների ինքնամաքման երևույթը նպաստում է կոնտակտային մակերևույթների Ռափական է նր և բարձրացնում ունիի աշխատանքի հուսալիությունը։ Բավական է նշել, որ սնդիկով թրջված հեղուկների մաշակայունությունը էազմում է ոչ պակաս 10^6 բանեցում։

Նկ. 6-20-ում պատկերված է անդրկաթրջված կոնտակտներով փոխանցատող МКДР-30171 հերկոնը: Այս հերկոնի անոթում (5) շրջված են անշարժ (1, 9 և 7) միջուկները:

Անշարժ միջուկի (7) վրա եռակցված է ճկուն (4) թիթեղը, որին ամրացված է շարժական (3) կոնսակտային միջուկը: Անշարժ միջուկի (9) ծայրին, ինչպես նախորդ հերկոնում, տեղադրված է կոնսակտային (8) ելուտը: Կոնսակտային (1) միջուկը կարճացված է, և նրա ծայրին ամրացված է ոչ մագնիսական նյութից պատրաստված թիթեղը (2): Ըրին ամրացված է ոչ մագնիսական նյութի վրա: Երբ կոճը միացվում Կառավարման կոճը տեղադրվում է անոթի վրա: Երբ կոճը միացվում է բավարար մեծությամբ սնման լարմանը, շարժական միջուկը (2) էլեկտրամագնիսական ուժի ազդեցության տակ անջատվում է թիթեղից (2)

և տեղաշարժվելով միանում միջուկին (9)։ Միջուկի այսպիսի տեղաշարժը բնական է, քանի որ միջուկների (1 և 3) միջև եղած ոչ մազնիսական թիթեղը մեծացնում է այս ուղղությամբ անցնող հոսանքի ճանապարհի դիմադրությունը։ Հոսքը հիմնականում փակվում է միջուկներով (9 և 3), որոնց միջև առաջացած ձգող ուժը գերազանցում է միջուկին, (3) դեպի միջուկը (1) ձգող ուժին։



Նկ. 6-20. Սնդիկաբրջված կոնտակտներով МКДР-30171 տեսակի փոխանցատող հերկոնը.

1 և 9—անշարժ կոնտակտային միջուկներ, 2—ոչ մազնիսական կոնտակտային թիթեղ, 3—շարժական կոնտակտային միջուկ, 4—ճկուն թիթեղ, 5—ապակյա անոթ, 6—սնդիկ, 7—անշարժ խողովակաձև միջուկ, 8—կոնտակտային ելուստ

Դիտարկվող հերկոնում սնդիկը անոթի ներքևի մասից դեպի կոնտակտային շրջան է մղվում փոքրիկ մազանոթներով։ Սնդիկի մղմանը նպաստում է միջուկի (3) ներքևի ծոված մասը, որը հերկոնի բանեցման ժամանակ աշխատում է որպես մղիչ պոմպ։ Ճկուն թիթեղի (4) առկայությունը նպաստում է հերկոնի շարժական մասի կոշտություն փոքրացմանը։

Անհրաժեշտ է նշել, որ քննարկված կառուցվածքների հերկոնները կարող են աշխատել ուղղաձիգ տեղադրված վիճակում կամ էլ 45° անկյան տակ։ Այլ դիրքերում այսպիսի հերկոնները անաշխատունակ են։ Ներկայումս մշակված են այնպիսի հեղուկ մետաղական հերկոններ, որոնք աշխատում են ցանկացած դիրքում։

Սնդիկաթրջված կոնտակտներով հերկոնները կարելի է օգտագործել -38° -ից ոչ ցածր և 100°C -ից ոչ բարձր ջերմաստիճաններում։

6-5. Ֆերրիդներ

Սովորական հերկոնների էական թերություններից մեկն այն է, որ նրանք զգայուն չեն շատ կարճատև կառավարման ազդանշանների նկատմամբ։ Այսպես, КЭМ-1 հերկոնը կարճատև միանում է միայն 125—300

միկրովայրկյան տևողությամբ կառավարման ազդանշանի դեպքում։ Այս թերություններից զերծ են հերկոնային ապարատների դասին պատկանող ֆերրիդները, որոնք կարող են գործել 1—2 միկրովայրկյան տևողությամբ կարճատև կառավարման ազդանշանից։ Նման կոմուտացնող ապարատները էներգիա են ծախսում միայն բեռի շղթայի միացման պահին՝ կառավարման ազդանշանի տրման ընթացքում։ Այս էներգիան գերազանցում է մի քանի միլիջոուլից։ Կոնտակտային միջուկները միացված վիճակում պահելու համար (կառավարման ազդանշանի վերացումից հետո) ֆերրիդներում օգտագործվում են մագնիսական հիշողության էլեմենտում (ՄՏՀ), կառավարման ազդանշանի գործման ընթացքում կուտակված մագնիսական էներգիան։ Ֆերրիդների առաջին նմուշներում ՄՏՀ-ն հիմնականում պատրաստվում էր ֆերրիտից։ Այստեղից էլ առաջացել է այս ապարատների անվանումը։

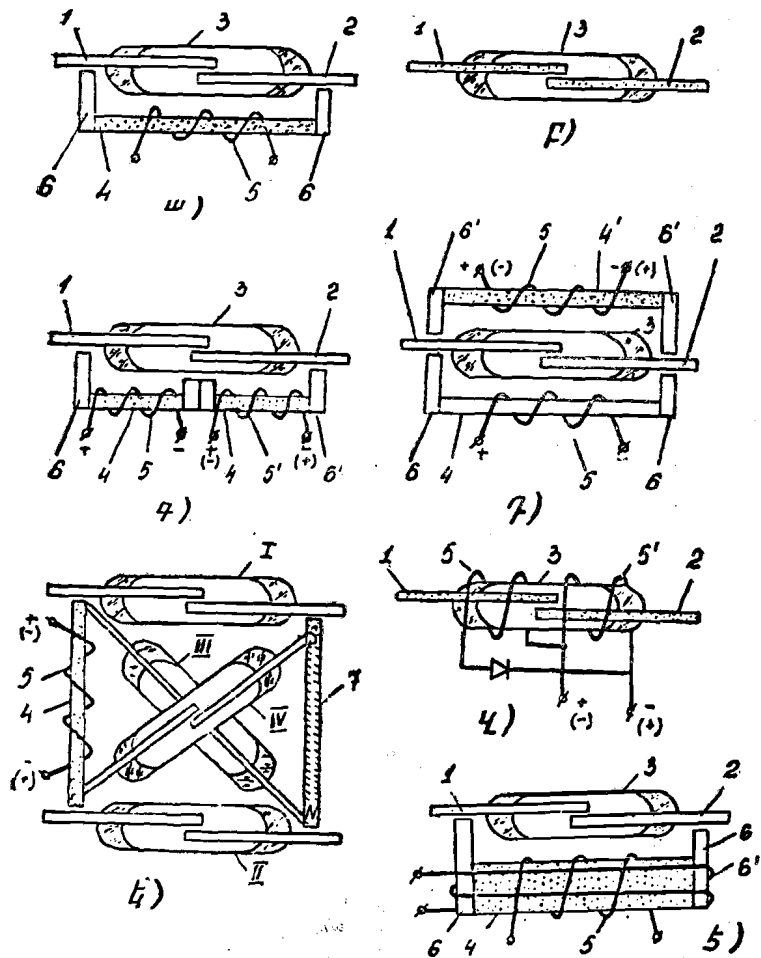
Ֆերրիտ = Ֆերրիտ + Րիտ (անգլերեն՝ լեզվակ, հերկոն)

Ֆերրիդների սկզբունքային սխեմաները ցույց են տրված նկ. 6-21-ում։ Բոլոր սխեմաներում ՄՏՀ-ի դեր կատարող մասերը նշված են մանր կետերով։ Ներկայումս ՄՏՀ-ների համար օգտագործվում են երկաթի, կոբալտի և քրոմի հիմքի վրա պատրաստվող համաձուլվածքներ՝ վիկկալոր, բեմմենդյուր, 35 КХ 12, 35 КХ 15, 25 КФН 14 և այլն։ Այս նյութերը համեմատաբար հեշտ են վերամագնիսանում և օժտված են բարձր տեսակարար մագնիսական էներգիայով։ Ֆերրիդներում ՄՏՀ-ի համար օգտագործվող նյութերի մեծ մասն ունի համեմատաբար ուղղանկյուն հիստերեզիսի օղակ (ուղղանկյունության գործակիցը՝ $\alpha = 0,9 - 0,93$), բավականին բարձր մնացորդային ինդուկցիա ($B_T 1,8 - 2,1 \text{ Tl}$) և մեծ կոէրցիտիվ ուժ ($H_c = 20 - 100 \text{ Ա/սմ}$)։

Կառավարման ազդանշանի դաշտի ազդեցության տակ ՄՏՀ-ն (նկ. 6-21, ա) մագնիսանում է և կուտակում մագնիսական էներգիա։ Ազդանշանի վերացումից հետո ՄՏՀ-ում կուտակված մնացորդային մագնիսական էներգիայի շնորհիվ հերկոնի (3) կոնտակտային (1 և 2) միջուկները միանում են (նկ. 6-21, ա) և միացված են մնում մինչև ՄՏՀ-ի ապամագնիսացումը, որը իրականացվում է կառավարման ազդանշանի նկատմամբ հակառակ նշան ունեցող լրացուցիչ ազդանշանի միջոցով։

ՄՏՀ-ի ապամագնիսացումից հետո հերկոնի օղային աշխատանքային բացակի մագնիսական հոսքը կտրուկ նվազում է, կոնտակտային միջուկները ձգող էլեկտրամագնիսական ուժը՝ փոքրանում, և դրանք առանձնականության ուժերի ազդեցության տակ հեռանում են իրարից։

Կախված այն բանից, որ ՄՏՀ-ն որտեղ է տեղադրված՝ ապակյա անոթից դուրս, թե ապակյա անոթում, ֆերրիդները դասակարգվում են արտաքին հիշողության (նկ. 6-21, ա) և ներքին հիշողության (նկ. 6-21, բ)։

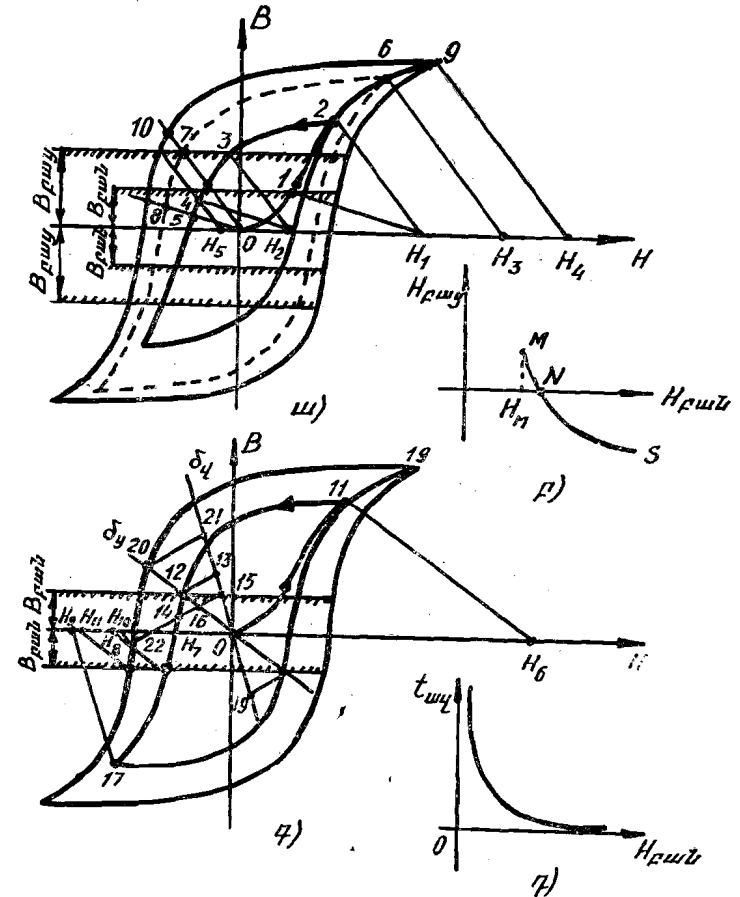


Նկ. 6-21: Ֆերրիդների սկզբունքային սխեմաները

Հաճախ ներքին հիշողությամբ ֆերրիդներին անվանում են հեզակոն (ռուսերեն гермакон — герметизированный запоминающий контакт): Հեզակոններում ՄՀՏ-ի դերը կատարում են կամ կոնտակտային միջուկները (նկ. 6-21, բ), կամ էլ դրանց բաղկացուցիչ մասերը:

Մանրամասն քննարկենք ֆերրիդի աշխատանքը: Ենթադրենք, որ կառավարման ազդանշանի հայտնվելուց անմիջապես առաջ ֆերրիդը լրիվ ապամագնիսացված է եղել և նրա վիճակը (B_1H) կոորդինատներում բնութագրվել է 0 կետով (նկ. 6-22, ա): Կառավարման ազդանշանի ամպլիտուդի աճին զուգընթաց մեծանում են դաշտի H լարվածությունը

և ՄՀՏ-ի առավելագույն B ինդուկցիան (նկ. 6-22, ա): Ցանկացած պահին (B_1H) կոորդինատներում ՄՀՏ-ի աշխատանքային կետի դիրքը կորոշվի ազդանշանի ամպլիտուդով (դաշտի լարվածությամբ) և ֆերրիդի արդյունաբար մագնիսական հաղորդականությամբ:



Նկ. 6-22. Կառավարման ազդանշանի մեծության և տևողության ազդեցությունը ֆերրիդի աշխատանքի վրա

Այսպես՝ H_1 լարվածության դեպքում (նկ. 6-22, ա), երբ կոնտակտային միջուկները բացված են, աշխատանքային կետը գտնվում է 1 դիրքում (արդյունաբար $\Lambda_{\text{ար}}$ հաղորդականությունը կարելի է ներկայացնել

$$\alpha_H = \arctg \Lambda_{\text{ար}} \frac{l_{\text{ՀՀՏ}}}{S_{\text{ՀՀՏ}}}$$

անկյունով աբսցիսների առանցքին տարված՝ ճառագայթով): Եթե արհամարհվեն ցրման հոսքերը, ապա նույն կետը կբնութագրի նաև աշխատանքային բացակի ինդուկցիայի մեծությունը: Եթե այս վիճակում աշխատանքային բացակի ինդուկցիան մեծ լինի բանեցման ինդուկցիայից (որը կախված է միայն կոնտակտային միջուկների C կոշտությունից և բանեցման բացակից), ապա ֆերրիդը կգործի: Նրա կոնտակտային միջուկները կձգվեն, և կփակեն բեռի շղթան:

Կոնտակտային միջուկների միացումը կհանգեցնի արդյունարար մագնիսական հաղորդականության մեծացման, որն էլ կբերի աշխատանքային կետի դիրքի փոփոխության: Այս կետը առանց H լարվածության փոփոխության 1 դիրքից կտեղափոխվի 2 դիրքը (նկ. 6-22, ա): Կոնտակտային ձգող և սեղմող ուժերը կախված կլինեն 2 կետում ինդուկցիայի ունեցած արժեքից:

Կոնտակտային միջուկները ֆերրիդի աշխատանքային 2 կետում փակ վիճակում կարող են մնալ ցանկացած երկար ժամանակ, քանի դեռ չի փոխվել կառավարման ազդանշանի մեծությունը: Քննարկենք երկու տարբերակ:

Ենթադրենք, որ կառավարման ազդանշանի ամպլիտուդը սկսել է փոքրանալ, այդ դեպքում աշխատանքային կետը ապամագնիսացման կորով 2 դիրքից կտեղափոխվի նոր դիրք: Այն պահին, երբ աշխատանքային բացակի ինդուկցիան կհավասարվի բացթողման ինդուկցիային (3 կետը), ֆերրիդի կոնտակտային միջուկները կանջատվեն: Դժվար չէ տեսնել, որ այս դեպքում լարվածության մեծությունը կկազմի՝ $H_2 < H_1$: Կոնտակտային միջուկների բաժանվելուց հետո կփոքրանա համակարգի արդյունարար հաղորդականությունը, և աշխատանքային կետը կտեղափոխվի H_2 լարվածությամբ ու ֆերրիդի սկզբնական բացակում ունեցած հաղորդականությամբ բնութագրվող 4 կետը: Եթե դաշտի լարվածությունը իջնի մինչև 0 արժեքը, ապա աշխատանքային կետը կտեղափոխվի 5 դիրքը:

Այժմ ենթադրենք, որ գտնվելով 2 դիրքում, ՄՏՀ-ն ի հաշիվ դաշտի լարվածության մեծացման, ստացել է լրացուցիչ մագնիսական էներգիա:

Ընդունենք, որ դաշտի լարվածությունը H_1 արժեքից աճել է մինչև H_3 արժեքը: Այդ դեպքում աշխատանքային կետը 2 դիրքից կտեղափոխվի 6 դիրքը (նկ. 6-22, ա): Այս դիրքում կոնտակտային միջուկների փոխազդեցության ուժը, ինչպես նաև սեղմող ուժը զգալիորեն կգերազանցեն 2 դիրքում ունեցած իրենց արժեքներին:

Կառավարման ազդանշանի հետագա փոքրացմանը զուգընթաց աշխատանքային կետը (նկ. 6-22, ա) գծիկներով ցույց տրված մասնակի ապամագնիսացման կորով կիջնի ներքև: Այս մասնակի կորը սահ-

մանային է: Սահմանային կորի ներսում գտնվող կորերի վրա աշխատելիս ֆերրիդի կոնտակտային միջուկները կարող են փակ վիճակում գտնվել միայն կառավարման ազդանշանի առկայության դեպքում, իսկ սահմանային օղակից դուրս գտնվող օղակների վրա աշխատելիս կոնտակտային միջուկները ձգված են մնում նաև կառավարման ազդանշանի վերացումից հետո: Այսպես, ազդանշանի վերացումից հետո սահմանային օղակի վրա գտնվող աշխատանքային կետը 6 դիրքից կտեղափոխվի 7 դիրքը: Վերջինս անկայուն դիրք է, քանի որ այստեղ ինդուկցիան հավասար է բացթողման ինդուկցիային: Կոնտակտային միջուկները կարող են մնալ փակ վիճակում կամ էլ կարող են բացվել, օրինակ, թրթռոցից ու պատահական հարվածներից: Իսկ եթե աշխատանքային կետը որոշակի կառավարման ազդանշանի ազդեցության տակ հայտնվի 9 դիրքում, ապա ազդանշանի վերացումից հետո այն կտեղափոխվի 10 դիրքը: Այս դիրքում աշխատանքային բացակի ինդուկցիան գերազանցում է բացթողման ինդուկցիային, և միջուկները մնում են ձգված վիճակում: Միջուկները անջատելու համար անհրաժեշտ է ինդուկցիան փոքրացնել մինչև բացթողման արժեքը: Սա կատարվում է կառավարման ազդանշանի բեռնականության փոփոխումով (ազդանշանի ամպլիտուդը սահմանափակվում է H_5 արժեքով (նկ. 6-22, ա): Ամփոփենք ասվածը.

1. Բացթողման ազդանշանի մեծությունը և բեռնականությունը կախված են բանեցման ազդանշանի մեծությունից,

2. Ֆերրիդը կարող է աշխատել երկու ֆունկցիոնալ ռեժիմներում՝ առանց հիշողության (սովորական հերկոնի նման), երբ աշխատանքային կետը գտնվում է հիստերեզիսի սահմանային օղակի ներսում և հիշողությամբ (ֆերրիդի հիմնական ռեժիմը), երբ աշխատանքային կետը գտնվում է հիստերեզիսի սահմանային օղակից դուրս:

Բացթողման ազդանշանի մեծության և բեռնականության կախվածությունը բանեցման ազդանշանից գրաֆիկորեն ցույց է տրված նկ. 6-22, բ-ում, որտեղ M կետից մինչև N կետը եղած հատվածը համապատասխանում է առանց հիշողության ռեժիմին, իսկ N—S հատվածը՝ հիշողությամբ ռեժիմին: Մինչև M կետը ֆերրիդը ընդհանրապես չի գործում, ուստի առանց հիշողության ռեժիմը սահմանափակված է MNHM կորագիծ եռանկյունով:

Ֆերրիդի դիտարկված աշխատանքային ռեժիմը (նկ. 6-22, ա և բ) բնորոշ է կառավարման երկարատև ազդանշանների համար, երբ ազդանշանի տեղությունը շատ անգամ գերազանցում է կոնտակտային միջուկների մի դիրքից մյուս դիրքը տեղաշարժվելու ժամանակին: Այսպիսի ռեժիմը կոչվում է կառավարման երկարատև ռեժիմ:

Սակայն ավելի հաճախ ֆերրիդներն աշխատում են կառավարման

կարճատև ռեժիմում, երբ ազդանշանի տևողությունը շատ անգամ փոքր է կոնտակտների շարժման ժամանակից: Այս ռեժիմում կառավարման ազդանշանը տրվում է դադարեցվում է կոնտակտային միջուկներին շարժումը սկսվելուց շատ առաջ: Կառավարման կարճատև ռեժիմում ֆերրիդի աշխատանքային կետի դիրքի փոփոխումը ցույց է տրված նկ. 6-22, գ-ում:

Ենթադրենք, ինչպես և առաջ, որ կառավարման ազդանշանի տրման պահին ֆերրիդը լրիվ ապամագնիսացված է, և նրա միճակը բնութագրվում է 0 կետով (նկ. 6-22, գ): Աշխատանքային կետը H_6 մեծությամբ կառավարման կարճատև ազդանշանի ազդեցությամբ տեղաշարժվում է 11 կետը: Ազդանշանի դադարեցումից հետո աշխատանքային կետը հայտնվում է 12 դիրքում: Եթե այս դիրքում ինդուկցիան լինի մեծ (կամ հավասար) բանեցման ինդուկցիայից, ապա կոնտակտային միջուկները կմիանան: Աշխատանքային բացակի փոքրացմանը զուգընթաց աշխատանքային կետը ետադարձի դժով 12 դիրքից կտեղաշարժվի 13 կետը, որը բնորոշվում է փակ կոնտակտների արդյունարար հաղորդականությունով: 13 դիրքին համապատասխանող մնացորդային մագնիսական հոսքի ազդեցությամբ կոնտակտային միջուկները կմնան փակ վիճակում՝ անհրաժեշտ ուժով սեղմելով իրար: Կոնտակտային միջուկները բացելու համար մնացորդային մագնիսական հոսքը պետք է փոքրացվի մինչև $B_{բաշ}$ արժեքը: Այս նպատակով տրվում է հակառակ բեռնականություն, $|H_7| < |H_8|$ մեծությամբ ապամագնիսացնող ազդանշան, և աշխատանքային կետը 13 դիրքից տեղաշարժվում է 14 դիրքը՝ անցնելով 12 դիրքի վրայով: Ապամագնիսացնող ազդանշանի դադարեցման հետ աշխատանքային կետը այնուհետև 14 դիրքից տեղափոխվում է 15 դիրքը: Այստեղ կոնտակտները բաժանվում են, և աշխատանքային կետը 15 դիրքից տեղաշարժվում է 16 դիրքը: Այս դիրքում ինդուկցիան փոքր է $B_{բաշ}$ արժեքից, և կոնտակտային միջուկները հուսալի անջատված են: Անհրաժեշտ է նկատի ունենալ, որ բացթողման ազդանշանի մեծությունը պետք է ճիշտ ընտրված լինի՝ գտնվի $H_7 \div H_8$ միջակայքում: Եթե ապամագնիսացնող ազդանշանը իր չափով փոքր լինի H_7 -ից, ապա ֆերրիդը կարող է չանջատվել: Իսկ եթե այս ազդանշանը գերազանցի H_8 -ին, ապա նրա բավարար տևողության դեպքում U_2 -ն կարող է վերամագնիսանալ, և ֆերրիդը պահել միացված վիճակում: H_8 -ին գերազանցող շատ կարճատև H_9 -ը ազդանշանի դեպքում ևս U_2 -ն կվերամագնիսանա և կոնտակտային միջուկները չհասցնելով բացվել, կմնան փակ վիճակում: Այս դեպքում աշխատանքային կետը 13 դիրքից տեղափոխվում է 17 դիրքը: Իսկ ազդանշանի վերացումից հետո աշխատանքային կետը 17 կետից տեղափոխվում է 18 դիրքը: Այս դիրքը սահմանային և անկայուն է, ինչպես 12 (նկ. 6-22, գ) և 7 (նկ. 6-22, ա) դիրքերը: Չնչին

թրթռոցը կամ հարվածը կարող են բաժանել ֆերրիդի կոնտակտային միջուկները:

Նույնը կարելի է կրկնել սահմանային օղակի վրա ֆերրիդի աշխատանքի համար: Եթե դաշտի համապատասխան լարվածության ազդեցությամբ աշխատանքային կետը սկզբնական վիճակից տեղափոխվի 19 դիրքը, ապա ազդանշանի դադարեցումից հետո այն կհայտնվի 20 դիրքում: Ֆերրիդի բանեցումից հետո աշխատանքային կետը կտեղափոխվի 21 դիրքը: Ապամագնիսացնող (H_{10}) ազդանշանից աշխատանքային կետը կհայտնվի 22 դիրքում, իսկ նրա դադարեցումից հետո՝ 15 դիրքում, որտեղ էլ ֆերրիդը կանջատվի: Եթե ապամագնիսացնող ազդանշանը հասնի H_{11} արժեքին, ապա կրկին հնարավոր կլինի կոնտակտային միջուկների միացումը:

Վերը ասվածից հետևում է, որ ֆերրիդին կառավարելու համար անհրաժեշտ է ճիշտ ընտրել բացթողման ազդանշանների տևողությունն ու քանակը՝ կախված բանեցման ազդանշանների տևողությունից ու քանակից: Այս հանգամանքը միափաթույթ ֆերրիդների (նկ. 6-21, ա) էական թերություններից է:

Նշված թերությունը վերացնելու նպատակով մշակված են մի քանի սխեմաներ: Օրինակ, ՄՀՏ-ի միջուկի (1) (նկ. 6-21, ա) փոխարեն տեղադրվում է միջուկ (2): Ընդ որում այդ միջուկները միմյանց և հերկոնի նկատմամբ տեղադրվում են հաջորդաբար (նկ. 6-21, գ) կամ զուգահեռ (նկ. 6-21, դ): Առաջինը արտաքին հիշողությամբ հաջորդաբար ֆերրիդն է, իսկ երկրորդը՝ արտաքին հիշողությամբ զուգահեռ ֆերրիդը: ՄՀՏ-ի միջուկներից յուրաքանչյուրի վրա տեղադրվում է մեկական կառավարման փաթույթ: Հաջորդաբար ֆերրիդները մոտավորապես 30—40 %-ով (գործնականում) ավելի զգայուն և տնտեսապես շահավետ են զուգահեռ ֆերրիդներից: Մագնիսական դիմադրությունը փոքրացնելու նպատակով նշված սխեմաներում տեղադրվում են մագնիսալարերը (6): Այս տիպի ֆերրիդներում կառավարման ազդանշանները (5) և (5') փաթույթներին (նկ. 6-21, գ և դ) տրվում են միաժամանակ, (4) և (4') ՄՀՏ-ները մագնիսանում են: Սրանց մնացորդային մագնիսական հոսքերը օղային աշխատանքային բացակում իրենց ուղղություններով համընկնում են: Գումատային հոսքի ազդեցությամբ տակ կոնտակտային միջուկները միանում են և մնում փակ վիճակում: Եթե նոր ազդանշանի ժամանակ փաթույթներին որևէ մեկում փոխվի ազդանշանի ուղղությունը, ապա աշխատանքային բացակում ՄՀՏ-ների հոսքերը կուղղվեն իրար հակառակ: Փաթույթների կառավարման ազդանշանների հավասար մեծությունների դեպքում աշխատանքային բացակի գումարային հոսքը կհավասարվի 0-ի, և կոնտակտային միջուկների միջև ձգող էլեկտրամագնիսական ուժը կվերանա: Առաձգականության ուժերի ազդեցության տակ ֆերրիդը կան-

ջատվի: Քննարկված երկու սխեմաները կոչվում են աղդիտիվ (գումարային) սխեմաներ:

Կառավարման գումարային եղանակը հնարավորություն է ընձեռում փոխարինել ՄՀՏ-ներից մեկը և նրա փաթույթը հաստատուն մագնիսով (նկ. 6-21, Ե)՝ չփոփոխելով ֆերրիդի աշխատանքի սկզբունքը: Ֆերրիդների այսպիսի սխեմաները կոչվում են երկբևեռ (բիպոլյար): Բևեռացնող հաստատուն մագնիսի պարամետրերը և դիրքը այնպես են ընտրվում, որ նրա ստեղծած հոսքը առանց ՄՀՏ-ի հոսքի միջամտության ի վիճակի չլինի փակել անջատված կոնտակտային միջուկները, իսկ ՄՀՏ-ի հոսքի հետ միասին նրանց հուսալի միացնի և պահի փակ վիճակում:

Դիտարկենք նկ. 6-21, Ե-ն: Երբ փաթույթին (5) դրական ազդանշան է տրվում, ՄՀՏ-ն (4) մագնիսանում է, և նրա մնացորդային հոսքը փակվում է I հերկոնով, հաստատուն (?) մագնիսով և II հերկոնով: Արդյունաբար հոսքի (մագնիսի և ՄՀՏ-ի) ազդեցության տակ նշված հերկոնների կոնտակտային միջուկները միանում են և փակ վիճակում մնում այնքան ժամանակ, քանի դեռ փաթույթին (4) չի տրվել հակառակ բևեռականության ազդանշան: Դրանից հետո ՄՀՏ-ի հոսքը փոխում է իր ուղղությունը և փակվում IV հերկոնով, մագնիսով (?) և III հերկոնով: Այս երկու հերկոնները փակվում են, իսկ I և II հերկոնները՝ անջատվում, որովհետև նրանց աշխատանքային բացակներում հոսքը կլորով նվազում է: Հերկոնները կրկին փոխանցատեղու համար անհրաժեշտ է նորից փոխել կառավարման ազդանշանի բևեռականությունը: Քննարկված սխեմայի առավելությունն այն է, որ ապարատն աշխատում է որպես հաջորդական ֆերրիդ՝ ցանկացած ուղղության կառավարման ազդանշանի դեպքում:

Գումարային եղանակով կարելի է կառավարել նաև ներքին հիշողությամբ ֆերրիդներին: Դրա համար անհրաժեշտ է ՄՀՏ-ի դեր կատարող (1 և 2) միջուկներից (նկ. 6.21, Բ) յուրաքանչյուրի վրա տեղադրել մեկական փաթույթ:

Վերջին ժամանակներս կիրառում են նաև ֆերրիդների կառավարման դիֆերենցիալ եղանակը: Այս եղանակը գումարայինի համեմատությամբ ավելի բարդ է, սակայն ունի նաև անվիճելի առավելություններ: Դիֆերենցիալ կառավարման ժամանակ ՄՀՏ-ի միջուկների վիճակը որոշվում է նրանց շուրջը տեղադրվող կառավարման փաթույթների մագնիսաշարժ ուժերի տարբերությամբ: Փաթույթներից յուրաքանչյուրը բաժանվում է երկու մասի՝ հիմնական և օժանդակ: Հիմնական մասը պարունակում է KW գալար (որտեղ $K=2-3$), իսկ օժանդակը՝ W : Փաթույթի այս մասերը տեղադրվում են ՄՀՏ-ի տարբեր միջուկների վրա, ըստ որում միջուկներից յուրաքանչյուրում գտնվում է փաթույթներից մեկի հիմնական և մյուս փաթույթի օժանդակ մասը, որոնք ստեղծում

են իրար հակառակ ուղղված դաշտեր (նկ. 6-21, Գ): Դիֆերենցիալ կառավարումով ֆերրիդը գործում է, երբ աշխատանքային բացակի հոսքը, որը կախված է ՄՀՏ-ի միջուկներից յուրաքանչյուրի մագնիսացվածության աստիճանից, հասնում է բանեցման արժեքին: Իսկ ամեն մի միջուկի մագնիսացվածության աստիճանը, երբ (5) և (5') (նկ. 6-21, Գ) փաթույթներով հոսում են հավասար մեծության հոսանքներ, համեմատական է փաթույթի հիմնական և օժանդակ մասերի գալարների թվի տարբերությանը: Բանեցման ժամանակ ֆերրիդի միջուկներում հոսքերի արդյունաբար ուղղություններն այնպիսին են, ինչպես գումարային կառավարման դեպքում: Դիֆերենցիալ կառավարումով ֆերրիդը գործում է միայն այն դեպքում, երբ փաթույթներին միաժամանակ տրվում են նույնանուն և հավասար մեծության ազդանշաններ:

Փաթույթի առանձին մասերի գալարների թվերը ընտրվում են այն հաշվով, որ նույնիսկ փաթույթի օժանդակ մասը կարողանա լրիվ վերամագնիսացնել ՄՀՏ-ի այն միջուկը, որի վրա տեղադրված է: Հետևաբար, դիֆերենցիալ կառավարումով ֆերրիդը կարելի է անջատել՝ փաթույթներից որևէ մեկին հաղորդելով ցանկացած ուղղության ազդանշան: Եվ քանի որ փաթույթների հիմնական և օժանդակ մասերը հանդիպակաց են միացված, ապա բացթողման ժամանակ մնացորդային հոսքերի արդյունաբար ուղղությունը լինում է այնպիսին, ինչպես գումարային կառավարումով ֆերրիդում: Դիֆերենցիալ գրգռումով ֆերրիդը կարելի է անջատել նաև կառավարման փաթույթներին միաժամանակ հակառակ ազդանշաններ հաղորդելով:

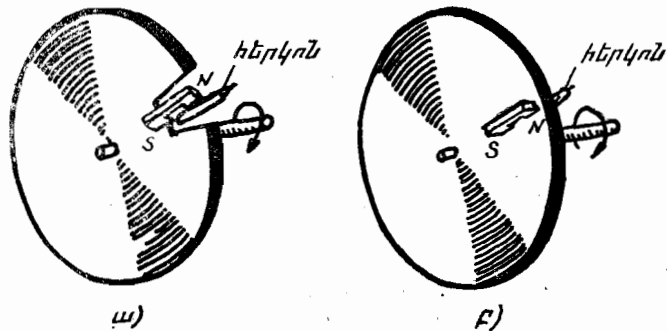
Վերը քննարկված սխեմաներում ֆերրիդների բանեցումը և բացթողումը տեղի էր ունենում ՄՀՏ-ի միջուկներից գոնե մեկի լրիվ վերամագնիսացման դեպքում: Ֆերրիդների որոշ կոնստրուկցիաներում կառավարումը իրականացվում է մնացորդային ինդուկցիայի վեկտորի 90° պտույտով: Այսպիսի կառավարումը կոչվում է օրթոգոնալ (ուղղահայաց) կառավարում: Երբ (5) փաթույթին (նկ. 6-21, Ե) տրվում է ցանկացած բևեռականության ազդանշան, ՄՀՏ-ն (4) հերկոնին զուգահեռ գծի երկարությամբ մագնիսանում է: Մնացորդային մագնիսական հոսքը փակվում է հաջորդական շղթայով՝ (4) և ՄՀՏ կոնտակտային (1 և 2) միջուկներ, աշխատանքային բացակ և մագնիսալարեր (6) ճանապարհով: Այս հոսքի ազդեցության տակ ֆերրիդը փակվում է: Ֆերրիդի բացթողման համար փաթույթին (5) տրվում է ցանկացած բևեռականության ազդանշան: ՄՀՏ-ն մագնիսանում է նախորդին ուղղահայաց ուղղությամբ, աշխատանքային բացակի հոսքը փոքրանում է, և կոնտակտային միջուկները բացվում են:

Կատարված հետազոտությունները ցույց են տվել, որ Ֆերրիդի բանեցման (բացթողման) ազդանշանի տեղումը կախված է բանեց-

ման ազդանշանի մեծությունից: Եթե ազդանշանի $t_{\text{ազ}}$ տևողությունը շատ կարճ է ($t_{\text{ազ}} = 0$), ապա հերկոնը չի միանա, եթե նույնիսկ անսահման մեծացվի այդ ազդանշանի ամպլիտուդը (նկ. 6-22, դ): Նույնը կարելի է ասել նաև ազդանշանի $H_{\text{բառ}}$ արժեքի փոքրացման մասին: Երբ $H_{\text{բառ}} \rightarrow 0$, ապա ազդանշանի պահանջով $t_{\text{ազ}}$ տևողությունը կտրուկ աճում է: Ունենալով ֆերրիդի $t_{\text{ազ}}$ ($H_{\text{բառ}}$) կախվածությունը (նկ. 6-22, դ), կարելի է որոշել ազդանշանի տևողության ու մեծության օպտիմալ (էներգիայի ծախսի տեսակետից) հարաբերակցությունը:

6-6. ԱՇ ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ՄԵԾՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԵՐԿՈՆԱՅԻՆ ՎԵՐԱՓՈԽԻՉՆԵՐ

Ներկայումս հայտնի են բազմապիսի ոչ էլեկտրական մեծությունների դիսկրետ վերափոխիչներ (տվիչներ), որոնցում օգտագործվում են տարբեր տեսակի հերկոններ: Դիտարկենք այս վերափոխիչներից մի քանիսը:



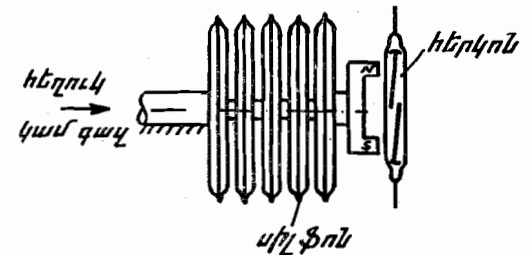
Նկ. 6-23. Արագության հերկոնային ռելե

Արագության հերկոնային ռելե (նկ. 6-23): Այս ռելեում կտրվածք ունեցող ֆերոմագնիսական սկավառակը տեղադրված է հերկոնի և հաստատուն մագնիսի միջև (նկ. 6-23, ա): Երբ սկավառակի կտրված մասը անցնում է հերկոնի և մագնիսի միջով, հերկոնը գործում է: Հերկոնի միացման հաճախությունը կախված է սկավառակի պտտման արագությունից: Հետևաբար, չափելով հերկոնի շղթայում հոսանքի հաճախությունը, կարելի է որոշել սկավառակի արագությունը: Այժմ դիտենք արագության հերկոնային ռելեի նկ. 6-23, բ-ում ցույց տրված տարբերակը: Այս դեպքում սկավառակը ոչ մի կտրվածք չունի և պատրաստված է փոքր էլեկտրական դիմադրություն ունեցող որևէ ոչ ֆերոմագնիսական նյութից (օրինակ, պղնձից, ալյումինից և այլն): Երբ սկավառակը չի պտտվում, հաստատուն մագնիսի դաշտի ազդեցության տակ հեր-

կոնը գտնվում է փակ վիճակում: Հաստատուն մագնիսի դաշտում պտտվող սկավառակում առաջանում են մրրկային հոսանքներ, որոնք ստեղծում են իրենց ապամագնիսացնող դաշտը: Հետևանքը լինում է այն, որ հերկոնի աշխատանքային բացակով անցնող հոսքը փոքրանում է: Սկավառակի արագության մեծությանը զուգընթաց մեծանում է նաև ապամագնիսացնող դաշտի ազդեցությունը և երբ արագությունը հասնում է նախադրանքի արժեքին, հերկոնն անջատվում է:

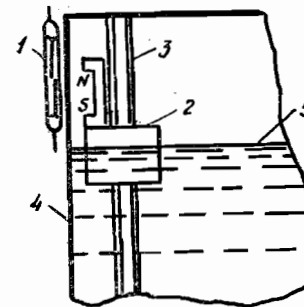
Ճնշման հերկոնային ռելե (նկ. 6-24):

Այստեղ հերկոնի նկատմամբ կառավարող հաստատուն մագնիսի դիրքը կախված է սիլֆոնի երկարությունից, սա էլ իր հերթին կախված է շափվող ճնշման մեծությունից: Ճնշման որոշակի մեծության դեպքում սիլֆոնը երկարում է, հաստատուն մագնիսը մոտենում հերկոնին, և հերկոնը փակվում է: Երբ ճնշումը փոքրանում է, սիլֆոնը կարճանում է, մագնիսը հեռանում է հերկոնից և այն կրկին անջատվում:

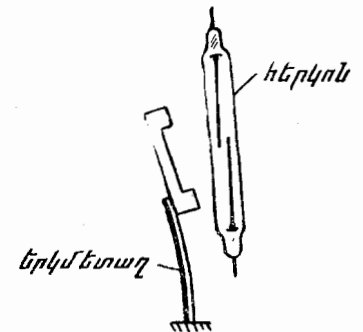


Նկ. 6-24. Ճնշման հերկոնային ռելե

Մակարդակի հերկոնային ռելե (նկ. 6-25): Այստեղ կառավարող հաստատուն մագնիսը ամրացված է լողակի վրա: Այս ռելեի միջոցով կարելի է դիսկրետ տեղեկություն ստանալ հեղուկի մակարդակի մասին:



Նկ. 6-25. Մակարդակի հերկոնային ռելե.
1—հերկոն, 2—լողակ, 3—ուղղորդներ,
4— ոչ մագնիսական նյութից պատրաստված պատը, 5—հեղուկ



Նկ. 6-26. Հերկոնային ջերմային ռելե

Հերկոնային ջերմային ռելե (նկ. 6-26): Այստեղ կառավարող հաստատուն մագնիսը ամրացված է երկմետաղի վրա: Երբ ջերմության

ազդեցութեան տակ վերջինս ճկվում է, մազնիսը մոտենում է հերկոնին, և հերկոնը փակում է իր կոնտակտը:

ՅՈԹԵՐՈՐԴ ԳԼՈՒԽ
ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ՎԵՐԱՓՈԽԻՉՆԵՐ

Ավտոմատիկայի և էլեկտրաբանցման համակարգերի այս կամ այն պրոցեսները բնութագրող ոչ էլեկտրական մեծությունները ընկալելու և այն նրան համեմատական էլեկտրական մեծության ձևափոխելու համար կիրառվող էլեկտրական ապարատները, որոնք օգտագործվում են այդ ոչ էլեկտրական մեծությունները շափելու կամ հսկելու համար, կոչվում են վերափոխիչներ կամ տվիչներ:

էլեկտրական վերափոխիչները ամենահարմար սարքերն են, որոնց միջոցով կարելի է կապ հաստատել հետադադարող ոչ էլեկտրական մեծությունների կամ պրոցեսների և էլեկտրաշափիչ սարքերի կամ կատարողական սարքերի միջև:

Վերափոխիչները ըստ իրենց կառուցվածքի, աշխատանքի սկզբունքի և նշանակության չափազանց բաղմազան են և ծառայում են տարբեր նպատակների համար:

Հէկէտրական վերափոխիչները միջոցով կարելի է հսկել մեխանիկական, դաճային, ճառագայթային, ձայնային, քիմիական, ջերմային, օպտիկական, հիդրավլիկական և շատ ու շատ ոչ Հէկէտրական պրոցեսներ։

Հէկէտրական վերափոխիչները դասակարգվում են հետևյալ կերպ.

1. կենսաբանական,
2. դիմադրութեան,
3. ինդուկտիվութեան,
4. ունակային,
5. կիսահաղորդչային,
6. ջերմային,
7. ռադիոակտիվ,
8. Հէկէտրաքիմիական։

Ն-1. ԴԻՄԱԴՐՈՒԹՅԱՆ ՎԵՐԱՓՈԽԻՉՆԵՐ

Այս վերափոխիչները բաժանվում են երեք խմբի՝

1. պոստենցիոմեարական, որոնք ընկալում և հսկում են անկյունա-
յին և գծային տեղափոխումները,

2. Հաղորդալարային, որոնք հիմնականում շափում են դեֆորմացիաներ և սեղմող ուժեր,

3. Կոնստակտացիան, որոնք հսկում են: արտադրվող դեմալներին քանակը և չափերը:

1. Պատենցիոմետրական վերափոխիչներ

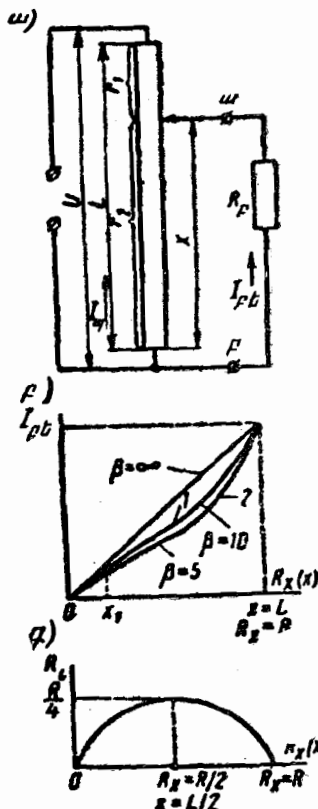
Պոտենցիոմետրական վերափոխիչի աշխատանքի սկզբունքը հիմնը-
ված է շղթայում մտցված օժմական դիմադրության փոփոխման երե-
վութի վրա, երբ որևէ արտաքին գործոն ազդում է այդ դիմադրության

վրա (նկ. 7-1): Դրանք օգտագործվում են գծային և անկյունային տեղաշարժերը չափելու համար: Օրինակ, այս վերափոխիչների միջոցով օդերևութաբանական կայանում կարելի է հսկել փականի, կափույրի և հողմացույցի դիրքը, ինչպես նաև տարածության վրա հաղորդել ոչ էլեկտրական պարամետրերի մեծություններ (լարման, հոսանքի) տեսքով:

Պոտենցիոմետրական վերափոխիչները իրենցից ներկայացնում են ռեոստատ, որը միացված է պոտենցիոմետրիկ սխեմայով: Շարժվող կոնտակտի տեղաշարժի ժամանակ հսկվող x մեծության ազդեցության տակ կատարվում է վերափոխիչի դիմադրության փոփոխում: Պետք է նշել, որ հասարակ ռեոստատային վերափոխիչները կիրառություն համարյա չեն գտել իրենց $I_p = ix$ բնութագրի ոչ գծայնության հետեւանքով, որտեղ I_p -ը հոսանքն է բեռում (նկ. 7-1,ա):

ԳՃԱՅԻՆ պոտենցիոնալներ

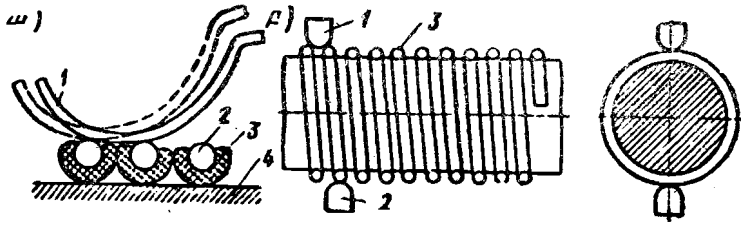
Գծային պոտենցիոմետրական վերափոխիչը իրենից ներկայացնում է բարձր տեսակարար դիմադրություով, բարակ մեկուսացված (2) հաղորդալարով սարք (նկ. 7-2, ա): Մեկուսիչից մաքրված վերափոխիչի (3) մակերեսի վրայով սահում է (1) սողնակը: Մեկուսացված հաղորդալարերը ենկ շարք փաթաթում են հարթ զլանածև կամ շրջանածև (4) իրանին, որը իրենից ներկայացնում է մեկուսիչ նյութ (գետինաքս, տեքստոլիտ, էլեկտրատեխնիկական էբոնիտ): Գերձգրիտ իրանները պատրաստում են մետաղներից: Հաճախ օգտագործում են АМГ, Д-1, АД-1 մականիշի օքսիդացած ալյումին: Սողնակը (1) վերջնամասում ծոված մետաղա-լար է, որը պատրաստում են առածգական նյութերից՝ պալադիում-իրի-լար է, որը պալադիում-արծաթ, պալադիում-արծաթ-կոբալտ և այլն: Սող-դիում, պալադիում-արծաթ, պալադիում-արծաթ-կոբալտ և այլն: Սող-նակը պոտենցիոմետրի փաթույթի վրայով տեղաշարժվելիս անընդհա-կոնտակտների մեջ է գտնվում՝ երկու հարևան գալարների հաղորդալ-արերի հետ:



Նկ. 7-1. Պոռենցիոմետրական
վերափոխիչի

(ա) սխեման և բնութագրերը
(բ, գ)

Պոտենցիոմետրիկ վերափոխիչի կառուցվածքը կախված է նրանից, թե ինչքան մեծ կարող է լինել սողնակի ճնշումը փաթույթի վրա: Եթե պոտենցիոմետրական վերափոխիչը օգտագործվում է զգայուն սարքի ցուցումները փոխանցելու համար, անհրաժեշտ է հաշվի առնել առաջին հերթին խողանակի, որը կատարում է սողնակի դեր, շփման մեծությունը: Այդպիսի դեպքում օգտագործում են պլատին-իրիդիումային հաղորդալար 0,03 մմ տրամագծով, որը ստեղծում է ապահով կոնտակտ՝ շատ քիչ (մի քանի միլիգրամ) կոնտակտային ճնշման դեպքում:



Նկ. 7-2. Մեկ (ա) և երկու (բ) կոնտակտներով սողնակի տեղաշարժման սխեման պոտենցիոմետրի փաթույթի վրայով

Գծային պոտենցիոմետրական վերափոխիչի հիմնական հարաբերությունները

Պոտենցիոմետրական վերափոխիչի հատկությունները որոշվում են նրա ելքային $I_{\text{ex}} = f(x, \alpha)$ բնութագրով, որտեղ I_{ex} բեռի հոսանքն է, x -ը՝ պոտենցիոմետրի սողնակի տեղաշարժը (նկ. 7-1, ա) կամ α անկյունային տեղաշարժը: Քննարկենք գծային պոտենցիոմետրական վերափոխիչի հիմնական հարաբերությունները և բնութագիրը, որի մոտ հաղորդալարի փաթաթումը իրանի վրա հավասարաչափ է և հաղորդալարի կտրվածքը ամբողջ երկարությամբ միևնույնն է: I_{ex} հոսանքի մեծությունը (նկ. 7-1, ա) կարելի է գտնել համարժեք գեներատորի մեթոդի համաձայն՝

$$I_{\text{ex}} = U_{\text{բո}} / (R_i + R_{\text{ex}}), \quad (7-1)$$

որտեղ $U_{\text{բո}}$ -ը պոտենցիոմետրական վերափոխիչի ելքի լարումն է պարապ ընթացքի ռեժիմում (ա և բ կետերի միջև), R_i -ին՝ պոտենցիոմետրի ներքին դիմադրությունը, R_{ex} -ն՝ բեռի դիմադրությունը: Սողնակի տրված դիրքում $U_{\text{բո}}$ լարումը որոշվում է հետևյալ արտահայտությամբ՝

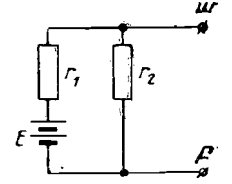
$$U_{\text{բո}} = U_{\text{r2}} / (r_1 + r_2), \quad (7-2)$$

որտեղ r_1 -ը և r_2 -ը պոտենցիոմետրի բազուկների դիմադրություններն են, այսինքն՝ $R = r_1 + r_2$:

Պոտենցիոմետրի ներքին դիմադրությունը կարելի է որոշել նկ. 7-3-ից (արհամարհելով հոսանքի աղբյուրի ներքին փոքր դիմադրությունը)՝

$$R_i = r_1 \cdot r_2 / (r_1 + r_2), \quad (7-3)$$

Տեղադրելով (7-2) և (7-3) բանաձևերը (7-1)-ի մեջ, կստանանք բեռում հոսանքի արժեքը՝



Նկ. 7-3. Պոտենցիոմետրի ներքին դիմադրության որոշումը

$$I_{\text{ex}} = \frac{U_{\text{r2}}}{(r_1 + r_2)(R_i + R_{\text{ex}})} = \frac{U_{\text{kx}}}{(r_1 + r_2)(R_i + R_{\text{ex}})}, \quad (7-4)$$

որտեղ k -ն համեմատության գործակիցն է, որը որոշվում է x սողնակի տեղաշարժումից, որից կախված է r_2 դիմադրության մեծությունը՝

$$r_2 = kx:$$

(7-4) բանաձևի վերլուծումը ցույց է տալիս, որ եթե պոտենցիոմետրի ներքին R_i դիմադրությունը կախված չլինի x տեղաշարժից, ապա վերափոխիչի ելքային $I_{\text{ex}} = f(x)$ բնութագիրը իրենից կներկայացնի ուղիղ գիծ: Բայց պոտենցիոմետրի ներքին դիմադրությունը կախված է x տեղաշարժից, այսինքն՝ $R_i = f(R_x)$ (նկ. 7-1, գ) և հետևաբար ընդհանուր դեպքում հոսանքը բեռում համեմատական չի լինի x սողնակի տեղաշարժին (հայտարարի 1-ին ցույց է տալիս, որ կախումը ոչ գծային է):

Մտցնենք հասկացություն բեռնավորման գործակիցի մասին: Բեռի R_{ex} դիմադրության հարաբերությունը պոտենցիոմետրի R դիմադրությանը՝ կոչվում է բեռնավորման գործակից՝

$$\beta = \frac{R_{\text{ex}}}{R}, \quad (7-5)$$

(7-5) բանաձևից հետևում է, որ եթե բեռի դիմադրությունը զգալիորեն մեծ է պոտենցիոմետրի դիմադրությունից $R_{\text{ex}} \gg R$, ապա բեռնավորման գործակիցը ձգտում է անսահմանության $\beta = R_{\text{ex}}/R \approx \infty$ (նկ. 7-1, բ), հետևաբար, բեռի հոսանքը կարելի է անտեսել և $I_{\text{ex}} = f(x)$ -ը կլինի նույնպես գծային: Հետևաբար, (7-4) հավասարումը կընդունի հետևյալ տեսքը՝

$$I_{\text{ex}} = \frac{U_{\text{kx}}}{R R_{\text{ex}}},$$

Եթե $R_{ph} \gg R$ պայմանը չի պահպանվում, ապա հարկավոր է հաշվի առնել ոչ գծային բնութագրից առաջացած սխալը կամ բնութագրի աշխատող տեղամասը սահմանափակել $0 - x_1$ տեղամասով, որն ունի շնչին, ոչ գծային բնույթ:

Ինչպես երևում է նկ. 7-1, բ-ից (1- և 2-բնութագրերը), պոտենցիոմետրի դիմադրության և բեռի անհամաձայնելիությունից բեռնավորման գործակցի նվազելու ժամանակ սխալը ավելանում է, ընդ որում սողնակի փոքր տեղաշարժի ժամանակ սխալը շնչին է:

Ոչ գծային բնութագրից առաջացած հարաբերական սխալը որոշվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$\frac{\Delta I_{ph}}{I_{ph0}} = \frac{I_{ph0} - I_{ph}}{I_{ph0}} \cdot 100\% = \left(1 - \frac{I_{ph}}{I_{ph0}}\right) \cdot 100\%,$$

որտեղ I_{ph0} -ն բեռում հոսանքն է $R_{ph} \gg R$ պայմանի դեպքում: Պոտենցիոմետրական վերափոխիչի սխալանքի հաշվարկը կատարվում է հետևյալ կերպ՝

$$\frac{\Delta I_{ph}}{I_{ph0}} = \frac{I_{ph0} - I_{ph}}{I_{ph0}} = \frac{1}{1 + \frac{L^2 R_{ph}}{x(L-x)R}}, \quad (7-6)$$

որտեղ L -ը պոտենցիոմետրի երկարությունն է, x -ը՝ սողնակի տեղաշարժը:

Ամենամեծ սխալանքը կունենանք, երբ սողնակը գտնվում է միջին դիրքում, այսինքն $x = L/2$ (նկ. 7-1, գ): Եթե աշխատանքի ընթացքում սողնակը կարող է տեղաշարժվել պոտենցիոմետրի ամբողջ երկարությամբ, ապա հաշվարկը պետք է կատարվի առավելագույն սխալանքով՝ հետևյալ արտահայտությամբ՝

$$\left(\frac{\Delta I_{ph}}{I_{ph0}}\right)_{\max} = \frac{R}{R + 4R_{ph}},$$

Առավելագույն սխալանքը նշանակելով $\delta_{\max}$, կստանանք՝

$$\delta_{\max} = \frac{1}{1 + 4\beta},$$

որտեղ

$$\beta = R_{ph}/R:$$

Եթե պոտենցիոմետրական վերափոխիչի ելքի վրա միացված է էլեկտրոնային ուժեղացուցիչ կամ լամպային վոլտմետր մեծ մուտքային դիմադրությունով, ապա $R_{ph} \gg R$, և սխալանքը կարելի է արհամարհել:

224

Պոտենցիոմետրի որակի կարևոր ցուցանիշն է ելքի լարման փոփոխման սահունությունը, որը ցույց է տալիս, թե սողնակի ինչպիսի ամենափոքր տեղաշարժը պոտենցիոմետրը կարող է զգալ: Մանրագնին չափումները ցույց են տալիս, որ հաղորդալարային պոտենցիոմետրերի ելքի լարումը փոփոխվում է ոչ սահուն և ոչ անընդհատ, այլ աստիճանաբար:

Դա պայմանավորված է նրանով, որ սողնակի հոսանքահան տարրը չի կաշում հաղորդալարի մակերեսին նրա ամբողջ երկարությամբ, այլ կոնտակտում է փաթույթի ամբողջ մասի առանձին գալարների հետ: Պոտենցիոմետրի աստիճանավոր լինելը կախված է մատուցված Մ լարման (նկ. 7-4) և պոտենցիոմետրի աշխատող տեղամասի լրիվ գալարների թվից: Նկ. 7-4-ում բերված է պոտենցիոմետրական վերափոխիչի հաշվարկային բնութագրերը 00° ուղղի տեսքով: Ելքային լարման իրական փոփոխությունը ցույց է տրված 0 ա բ գ դ ե զ ... 0° բեկյալ գծով: Այդ բնութագրերի վերլուծումը ցույց է տալիս, որ մինչև ելքային լարման փաթույթի առաջին գալարի լրիվ միացումը, փոխանակ հետևի հաշվարկային ուղղին, փաստորեն հավասար է զրոյի և որոշվում է առանցքի 0 ա հատվածով: Այդ գալարի միացումից հետո ելքային լարումը փոփոխվում է թռիչքաձև և հասնում ա բ (U_1) արժեքին: Լարման համապատասխան թռիչքաձև աճը կատարվում է ամեն անգամ, երբ պոտենցիոմետրի սողնակը անցնում է առաջին գալարից դեպի հաջորդը և այլն: Եթե ենթադրենք, որ պոտենցիոմետրը պատրաստված է մեծ ճշտությամբ, ապա կարելի է համարել, որ հաշվարկած 00° ուղիղը բաժանում է ուղղաձիգ ար, վգ, դե և այլն հատվածները հավասար մասերի, այսինքն՝ աա' = ա'բ, գգ = գ'դ և այլն:

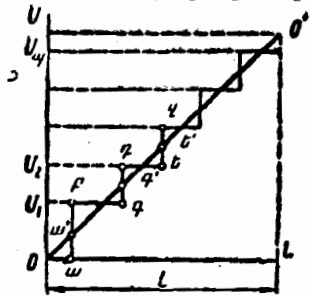
Այսպիսով, իրական բնութագրի շեղումը հաշվարկայինից ունի երկմասոտ նշանակություն: Այդ շեղման բացարձակ մեծությունը կազմում է լարման թռիչքային մեծության կեսը, երբ պոտենցիոմետրի աճման սողնակն անցնում է մի գալարից մյուսը: Պոտենցիոմետրի ընդհանուր գալարների թիվը նշանակենք n , այդ ժամանակ ելքային լարման սխալը կախված աստիճանաձև բնութագրից կլինի՝

$$\Delta U_{\max} \leq \pm U/(2n), \quad (7-7)$$

որտեղ U -ն պոտենցիոմետրի սնման լարումն է:

(7-7) բանաձևից հետևում է, որ սխալանքը փոքրացնելու համար հարկավոր է մեծացնել գալարների թիվը: Սխալանքի թվային արժեքը գնահատելու համար մտցնում են պոտենցիոմետրի «էլեկտրական թույլատրելիության ընդունակություն» հասկացողությունը՝ δ_{ρ_1} , որը լարման կամ դիմադրության աճի մեծությունն է՝ արտահայտված տոկոսներով, երբ պոտենցիոմետրի սողնակը տեղաշարժվում է մեկ գալարով: Թույլատրելիության ընդունակությունը բնորոշում է պոտենցիոմետրական վերափոխիչի աշխատանքի առավելագույն հնարավոր ճշտությունը:

ինչպես նշված էր, պոտենցիոմետրի թույլատրելիության ընդունակությունը բարելավելու համար պետք է ավելացնել գալարների ու թիվը: Դրան կարելի է հասնել երկու եղանակով. կամ փաթույթը երկարացնել, կամ փոքրացնել հաղորդալարի կտրվածքը: Բայց տրամագծի փոք-



Նկ. 7-4. Պոտենցիոմետրի աստիճանաձև բնութագիրը

րացումը դժվարացնում է պոտենցիոմետրի պատրաստումը, վատացնում հաղորդալարի մեխանիկական ամրությունը և, հետևաբար, կարճացնում ծառայության ժամկետը: Փաթույթի երկարացումից մեծանում է պոտենցիոմետրի չափերը: Այդ թերությունը վերացնելու համար ստեղծված են բազմապտույտ պոտենցիոմետրեր:

Միապտույտ պոտենցիոմետրի թույլատրելիության ընդունակությունը հաշվարկների ժամանակ ընդունում են 0,4-ից մինչև 0,02 %: Դա կարելի է փոքրացնել օգտագործելով մի քանի հոսանքահան կոնտակտներով սողնակներ: Նկ. 7-2, բ-ում պատկերված է կրկնակի կոնտակտով սողնակ, որտեղ 1,2-րդ սողնակի կոնտակտներն են, իսկ 3-րդը փաթույթն է: Կոնտակտները տեղավորված են այնպես, որ նրանք դիպչում են գալարին երկու հակադիր կետերով: Դա բարձրացնում է պոտենցիոմետրի հուսալիությունը:

Հաստատուն թույլատրելիության ընդունակությունով օժտված են միայն գծային պոտենցիոմետրերը:

Պոտենցիոմետրական վերափոխիչի առավելություններն են՝ պարզ կառուցվածքը, դեղնաձիգ բնութագրի ստացման հնարավորությունը, ազդանշանի հետագա ուժեղացման անհրաժեշտության բացակայությունը (եթե դրանք օգտագործվում են չափումների համար):

Թերություններն են՝ ցածր հուսալիությունը, սահող էլեկտրական կոնտակտի պատճառով կոնտակտների այրվելը, սողնակի մեծ տեղաշարժը և դրա պատճառով ստացվող մեծ ճիգերը:

2. Հաղորդալարային վերափոխիչներ

Հաղորդալարային վերափոխիչները օգտագործվում են մեխանիկական կոնստրուկցիաների տարբեր մասերում առաձգական դեֆորմացիաների (լարումների), ճնշումների, արագացումների, փոքր տեղափոխությունների չափման համար: Նրանց աշխատանքի հիմքում ընկած է տենզոդիմադրության (տենզոէֆֆեկտի) երևույթը, որի էությունն այն է,

որ մեխանիկական դեֆորմացիաների ժամանակ հաղորդիչի ակտիվ դիմադրությունը փոփոխվում է:

Գործնականում մեծ կիրառություն են գտել լարային, նրբաթիթեղային-թաղանթային և կիսահաղորդիչային տենզովերափոխիչները:

Ա. Հաղորդալարային տենզովերափոխիչներ

Հաղորդալարային տենզովերափոխիչների աշխատանքի սկզբունքը հիմնված է մեխանիկական ճնշումների ազդեցության տակ հաղորդալարի ակտիվ դիմադրության փոփոխության վրա: Դետալի դեֆորմացիայի ազդեցության տակ փոխվում են հաղորդալարի երկրաչափական չափերը և տեսակարար դիմադրությունը, հետևապես և հաղորդալարի դիմադրությունը:

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (7-8)$$

Ենթադրենք (նկ. 7-5), որ l երկարությամբ, r շառավղով, $S = \pi r^2$ կտրվածքով և $V = \pi r^2 l$ ծավալով լարը ենթարկվում է P ճնշման մեխանիկական լարման, որի շնորհիվ լարի երկարությունը մեծանում է dl -ով, իսկ շառավղի դժվարանում dr -ով:

Հետևաբար, լարի նոր ծավալը կլինի՝ $V_1 = \pi(r-dr)^2(l+dl)$: Անտեսնելով բարձր կարգի անվերջ փոքր մեծությունները, կըստանանք՝

$$V_1 = \pi r^2 l + \pi r^2 dl - 2\pi r l dr = V + dV, \quad (7-9)$$

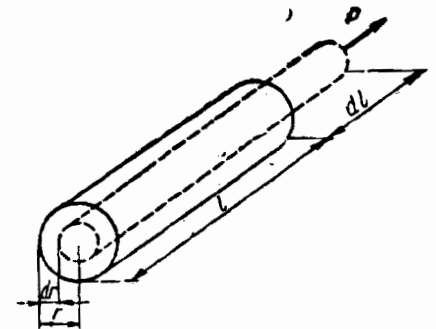
որտեղ ծավալի ավելացումը՝

$$\Delta V = \pi r^2 dl - 2\pi r l dr \frac{dl}{r dl} = S dl -$$

$$- 2S dl \frac{dr}{r} = S dl \left(1 - 2 \frac{dr}{r} \right) = S dl (1 - 2\mu), \quad (7-10)$$

Այստեղ $\mu = \frac{dr}{r}$ Պուասոնի գործակիցն է լարի նյութի համար, որը բնութագրում է լարի լայնական չափերի փոքրացումը ձգվածության ժամանակ: Օրինակ, իդեալական նյութերի համար, որոնք դեֆորմացիայի ժամանակ չեն փոխում իրենց ծավալը

$$\Delta V = 0 \text{ և } \mu = 0,5:$$



Նկ. 7-5.

Օգտագործվող մետաղական լարերի ունեն $\mu = 0,24 \div 0,4$ ։ Չզված ժամանակ լարի դիմադրության փոփոխությունը որոշելու համար անհրաժեշտ է (7-8) հավասարումը դիֆերենցել

$$dR = \frac{S d(\rho l) - \rho l dS}{S^2} = \frac{\rho dl}{S} + \frac{l d\rho}{S} - \frac{\rho l dS}{S^2}, \quad (7-11)$$

$l dS$ արտահայտությունը ձևափոխելու համար անհրաժեշտ է դիֆերենցել լարի ծավալը ըստ l և S փոփոխականների՝ $V = lS$, որտեղ $S = \pi r^2$ ։

$$dV = l dS + S dl, \quad (7-12)$$

Համեմատելով (7-12 և 7-10) արտահայտությունները, կստանանք

$$l dS = -S dl / 2\mu, \quad (7-13)$$

Տեղադրելով (7-13)-ը (7-11)-ի մեջ, կստանանք՝

$$dR = \frac{\rho dl}{S} + \frac{l d\rho}{S} + \frac{\rho 2\mu dl}{S}, \quad (7-14)$$

Բաժանելով (7-14)-ը $R = \rho l / S$ -ի վրա, կստանանք դիմադրության հարաբերական փոփոխության համար հետևյալ արտահայտությունը՝

$$\frac{dR}{R} = \frac{dl}{l} + \frac{d\rho}{\rho} + 2\mu \frac{dl}{l} = \frac{dl}{l} (1 + 2\mu) + \frac{d\rho}{\rho}, \quad (7-15)$$

Հաղորդալարային տեղովերափոխի զգայունություն (տեղզոգգայունություն) ասելով հասկանում ենք դիմադրության հարաբերական փոփոխության մեծության հարաբերությունը հաղորդալարի զծային շափերի հարաբերական փոփոխությանը (հարաբերական դեֆորմացիա)։ Բաժանելով (7-15) հավասարումը dl/l -ի վրա, վերափոխի զգայունության համար կստանանք

$$S_{\mu r} = \frac{dR/R}{dl/l} = 1 + 2\mu = \frac{l}{\rho} \cdot \frac{d\rho}{dl}, \quad (7-16)$$

(7-15) հավասարման երրորդ անդամը նշանակենք m -ով՝

$$m = \frac{d\rho/\rho}{dl/l},$$

m գործակիցը հաշվի է առնում նյութի տեսակարար դիմադրության փոփոխությունը՝ կախված երկրաչափական չափերի փոփոխությունից։ Այդ դեպքում (7-17) հավասարումը կընդունի հետևյալ տեսքը՝

$$S_{\mu r} = \frac{dR/R}{dl/l} = 1 + 2\mu + m, \quad (7-17)$$

Հետազոտելով (7-17) հավասարումը, կարելի է ասել, որ $1 + \mu$ գումարելին բնութագրում է երկրաչափական չափերի փոփոխությունը և երբ $\mu = 0,4$, կարող է ունենալ առավելագույն արժեք, հավասար 1,8-ի։

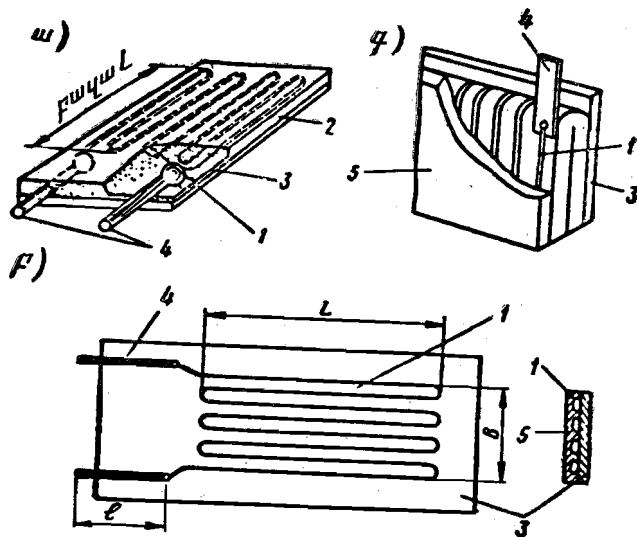
Սակայն որոշ համաձուլվածքների տեղզոգգայունության արժեքը մեծ է 2-ից։ Դա բացատրվում է նրանով, որ հաղորդիչի դեֆորմացիայի ժամանակ բացի երկրաչափական չափերի փոփոխությունից փոխվում է նաև ρ տեսակարար դիմադրությունը, որը (7-17) բանաձևում արտահայտվում է m գործակցով։ Այսպիսով, առաձգական դեֆորմացիայի սահմաններում $S_{\mu r}$ տեղզոգգայունությունը կախված է հիմնականում Պուասոնի հաստատունից և m գործակցից, և 1-ից մինչև 1,5 %-ի սահմաններում հաստատուն մեծություն է։

Տեղովերափոխի նյութին ներկայացվող հիմնական պահանջը այն է, որ $S_{\mu r}$ զգայունության արժեքը լինի հնարավորին չափ մեծ։ Դա բացատրվում է նրանով, որ մեծ թվով տեղովերափոխիչների նյութերի $\Delta R/R$ դիմադրության հարաբերական դիմադրությունը շատ փոքր է և չի գերազանցում (5-7) 10^{-3} արժեքը։ Հետևաբար, տեղովերափոխիչներ պատրաստելիս օգտագործում են դիմադրության ցածր ջերմաստիճանային գործակից ունեցող համաձուլվածքներ։

Նյութի ընտրության ժամանակ պետք է հաշվի առնել, որ նրա բնութագիրը մեծ չափով կախված է ոչ միայն նյութի բաղադրությունից, այլև պատրաստման տեխնոլոգիայից։

Հաղորդալարային տեղովերափոխիչի կառուցվածքը ցույց է տրված նկ. 7-6, ա, բ, գ նկարում։

Վերափոխիչը պատրաստում են հետևյալ կերպ. բարակ ենթաշերտային (3) թղթի կամ լաքապատած թաղանթի վրա սոսնձվում է բարակ լարը (1), որը տեղավորված է զիգագաձև ցանցի՝ մերակի տեսքով (նկ. 7-6, բ)։ Ցանցի վերջավորություններին զոդված են ելուստները (4)։ Վերևից վերափոխիչը ծածկվում է լաքի շերտով կամ երբեմն սոսնձվում է թղթով (նկ. 7-6, բ), որից հետո վերափոխիչը սոսնձվում է փորձարկվող դետալին։ Դետալում դեֆորմացիան ընկալվում է հաղորդալարային ցանցով՝ վերափոխիչի զգայուն տարրը։ Պետք է նշել, որ վերափոխիչի դիմադրությունը փոխվում է մի քանի անգամ ավելի, եթե այն տեղադրվի ուժի ազդեցության ուղղությամբ (սեղմում կամ ձգում), քան վերափոխիչի ուղղահայաց տեղադրման դեպքում։ Եթե տեղադրենք մի քանի վերափոխիչներ իրար նկատմամբ անկյան տակ, ապա կարելի է պարզել ոչ միայն դեֆորմացիայի մեծությունը, այլև դետալում գործող լարումների ուղղությունը։



Նկ. 7-6. Հաղորդարարային վերափոխիչ.

1—հաղորդարար (d = 0,012 ÷ 0,05 մմ), 2—սոսնձի շերտ, 3—բարակ ենթաշերտային թուղթ, 4—հլուստներ, 5—թուղթ

Հաղորդարարային վերափոխիչների առավելությունները և թերությունները

Առավելություններից են՝ 1) ոչ մեծ չափերը, 2) փոքր կշիռը, 3) ոչ իներցիոնությունը, որը հնարավորություն է տալիս չափելու արագ փոփոխվող մեծությունները, 4) դժվարամատչելի տեղերում տեղադրելու հնարավորությունը, 5) սեղմման ժամանակ բացակայում է հիստերեզիսի երևույթը, 6) բավարար կայունությունը և այլն:

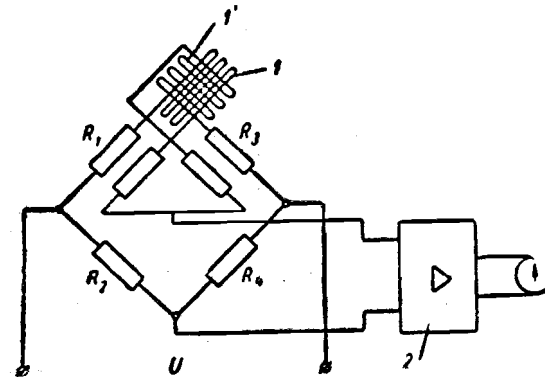
Թերություններից են՝ 1) $\Delta R/R \leq 1\%$, որը շատ փոքր է. դրա համար հարկավոր է ունենալ շատ զգայուն չափող համակարգեր:

Ջերմաստիճանային շեղումը: Սա նշանակում է, որ հետազոտվող դեֆորմացիաներում դեֆորմացիաների շնորհիվ տեղափոխվող զիմադրությունը շատ քիչ է փոփոխվում, իսկ միջավայրի ջերմաստիճանի ազդեցության տակ՝ ավելի շատ, որը բերում է մեծ սխալի (այս հանգամանքը նկատելի է նաև շատ փոքր ջերմաստիճանային գործակից ունեցող դիմադրություններում):

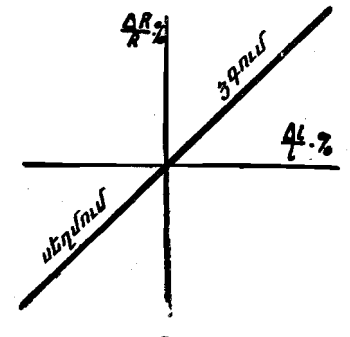
Ակնհայտորեն պարզ է, որ վերափոխիչի դիմադրությունը չափաք է կախված լինի ջերմաստիճանից:

Ջերմաստիճանային շեղումը կոմպենսացնելու համար օգտագործում են կամրջային սխեմա՝ երկու վերափոխիչներով (Նկ. 7-7): Աշխա-

տանքային վերափոխիչը (1) սոսնձվում է ուժի ազդման ուղղությամբ, իսկ մյուսը՝ կոմպենսացնողը (1'), սոսնձվում է այնպես, որ հաղորդարարի դիրքը լինի ուժին ուղղահայաց:



Նկ. 7-7. Ջերմաստիճանային կոմպենսացիայով տեղափոխիչի միացման կամրջային սխեման



Նկ. 7-8. Հաղորդարարային տեղափոխիչի բնութագիրը

Տվիչը (1) գտնվելով աշխատանքային տվիչի հետ նույն ջերմային պայմաններում, դեֆորմացիայի նկատմամբ անտարբեր է: Այդ դեպքում դիմադրության ջերմաստիճանային փոփոխությունները հավասարակշռվում են, և սխեմայի բալանսը չի խախտվում: Համակարգի զգայունությունը մեծացնելու համար կամրջակը միացվում է ուժեղացուցիչին (2): Սխեմայի շեղումը կազմում է 1—0,5 %: R_1, R_2, R_3, R_4 դիմադրությունները կամրջակի թևերն են:

Տեղափոխիչի բնութագիրը գործնականորեն ուղղագծային է (Նկ. 7-8):

Դիմադրության համեմատական $\Delta R/R$ փոփոխությունը մետաղների ու համաձուլվածքների մեծ մասի մոտ բավականին մեծ սահմաններում, համարյա բոլոր մետաղներում, ուղիղ համեմատական է հաղորդարարի հարաբերական $\Delta l/l$ երկարությանը և երբ նրանք երկարում են, դիմադրությունը մեծանում է (Նկ. 7-8):

Տեղափոխիչի հիմնական պարամետրերը

1. L-ը բազա-ցանց հանգույցի երկարությունն է և լինում են.

ա) փոքր բազայով՝ $L = 2-7$ մմ, բ) միջին բազայով՝ $L = 10-30$ մմ, գ) մեծ բազայով՝ $L > 30$ մմ-ից:

2. Ցանցի լայնությունը՝ B [վերափոխիչի գաբարիտային չափերը $(5 \div 40) (3 \div 10) \times 0,1$]:

3. Ելուստների երկարությունը՝ $l=20-80$ մմ:

4. Ակտիվ դիմադրությունը՝

ա) փոքր բազայի համար՝ $5-100$ Օհմ, բ) միջին բազայի համար՝ $100-400$ Օհմ, գ) մեծ բազայի համար՝ $300-600$ Օհմ:

5. Մեկուսիչի դիմադրությունը:

6. Խոնավադիմացկունությունը:

Կախված օգտագործվող տեղագրված բազայի տեսակից, հետագործվող դետալի նյութից և փորձարկման պայմաններից, օգտագործում են սոսնձի տարբեր տեսակներ, սոսնձման և շորացման տարբեր պայմաններ: Սոսինձը պետք է ունենա այնպիսի բաղադրություն, որը արտաքին դեֆորմացիան ճիշտ հաղորդի հաղորդալարին: Ամենաշատ տարածում են գտել ԲՓ-2 և ԲՓ-4 սոսինձները: Սոսնձված վերափոխիչները խոնավությունից մեկուսացնելու համար անհրաժեշտ է նրանց հերմետիկացնել, քանի որ խոնավության ժամանակ խիստ կերպով փոփոխվում է վերափոխիչի մեկուսիչի դիմադրությունը, հետևաբար փոփոխվում են նրա մեխանիկական հատկությունները և փոքրանում սոսնձված դետալների ամրությունը: Վերափոխիչների հերմետիկացումը իրականացվում է մետաղական կամ ռետինե ծածկույթների միջոցով: Որպես խոնավամեկուսիչ ծածկույթ օգտագործում են բակելիտային կամ Ե-10 տեսակի սոսինձներ:

Բ. Նրբաթիթեղային տեղագրված բազայի վերափոխիչներ

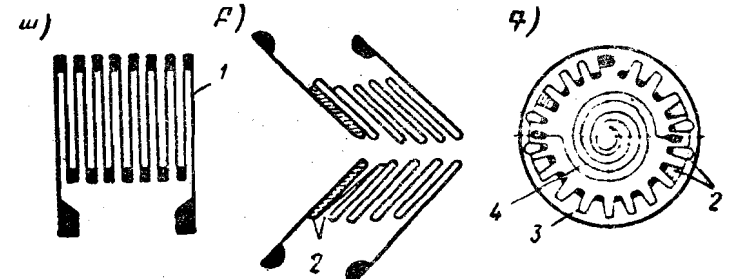
Ի տարբերություն լարային տեղագրված բազայի վերափոխիչների, նրբաթիթեղային տեղագրված բազայի վերափոխիչները պատրաստված են նրբաթիթեղի բարակ շերտերից: Լարային վերափոխիչների համեմատ սրանք ունեն հետևյալ առավելությունները:

1) Վերափոխիչի շերտի և դետալի հպման մեծ մակերեսի պատճառով ունեն ավելի բարձր ջերմահաղորդականություն, որը թույլ է տալիս օգտագործել մեծ հատույթի նրբաթիթեղներ և լավ սոսնձել: Բացի դրանից, կարելի է զգալիորեն մեծացնել վերափոխիչով անցնող հոսանքը և, հետևաբար, ավելացնել տեղումնառիկ սարքի զգայունությունը:

2) Վերափոխիչի ծայրերի ելուստների կտրվածքը մեծացնելու հնարավորություն, որը թույլ է տալիս կատարել ելուստների ավելի ամուր գոդում, քան լարային վերափոխիչներում:

3) Հարթ շերտի հատույթի տրամագծի և հատույթի մակերեսի հարաբերության մեծ արժեքի պատճառով դեֆորմացիայի չափման ճշտությունը մեծանում է: Նրբաթիթեղային վերափոխիչները պատրաստում են ոսկու-արծաթի և այլ մետաղների համաձուլվածքներից: Լավագույն նրբաթիթեղը համարվում է ոսկու-արծաթի և պղինձ-նիկելի համաձուլվածքներից պատրաստվածը:

Սկզբունքորեն նրբաթիթեղյա վերափոխիչները իրենցից ներկայացնում են բավականին բարակ կոնստանտանի նրբաթիթեղից պատրաստված ծալավեն՝ $4-12$ մկմ հաստությամբ, որի վրայից մետաղի մի մասը հանված է ֆոտոդեֆորմացիայի խաժառոմով (фототравление) այնպես, որ նրա մնացած մասը կազմում է (1) ցանցը իր ելուստներով (նկ. 7-9, ա):



Նկ. 7-9. Նրբաթիթեղային վերափոխիչներ.

1—ցանց, 2—հարմարեցնող մերակ, 3—թաղանթ՝ ձգող ուժերը ընկալող գալարներ, 4—թաղանթ՝ սեղմող ուժերը ընկալող գալարներ

Նրբաթիթեղային վերափոխիչների դիմադրությունը ընկած է $30-ից$ 250 Օհմ-ի սահմաններում:

Ցուտությունային խաժառոման եղանակը թույլ է տալիս ստանալու ցանցի ցանկացած նկար, որը նույնպես նրբաթիթեղային վերափոխիչների առավելություններից է: Նկ. 7-9, ա, բ, գ-ում բերված են նրբաթիթեղային վերափոխիչների երեք տեսակները. ա) նախատեսված է գծային դեֆորմացիաներ, բ) անիվների պտտող մոմենտը և գ) ճնշումներ չափելու համար:

48 T-2 տիտան-ալյումին համաձուլվածքից պատրաստված վերափոխիչները հնարավորություն են տալիս չափել 12% , $0,2$ կարգի վերափոխիչի զգայունության դեպքում: Տիտանի համաձուլվածքից պատրաստված վերափոխիչները կարող են աշխատել ազդեցիվ միջավայրում, մինչև 200°C ջերմաստիճանում:

Գ. Կիսահաղորդիչային տեղագրված բազայի վերափոխիչներ

Կիսահաղորդիչային տեղագրված բազայի վերափոխիչները օգտագործում են մեքենաների և կոնստրուկցիաների դետալներում և հանգույցներում՝ դեֆորմացիաներն ու լարումները չափելու համար: Կիսահաղորդիչային տեղագրված բազայի վերափոխիչների ներդրումը որպես զգայուն տարր, մեխանիկական մեծությունները էլեկտրական ազդանշանների վերափոխելու համար (լարային վերափոխիչների փոխարեն), զգալիորեն բարձրացրին համակարգե-

րի ղգայունությունը: Ի տարբերություն հաջորդալարային վերափոխիչների, կիսահաղորդիչային տենզովերափոխիչներն աշխատանքում երկարադիմացկուն են, ենթակա չեն հնացման, ունեն փոքր չափեր, մեծ տենզոզգայունություն (երկու կարգով մեծ, քան լարային վերափոխիչներում): Կիսահաղորդիչային տենզովերափոխիչների մեծ առավելությունը նրանց լայն սահմաններում մեխանիկական և էլեկտրական հատկությունների փոփոխության հնարավորությունն է, որը անհնար է լարային վերափոխիչների մոտ:

Կիսահաղորդիչային տենզովերափոխիչները լայն տարածում են գտել ինքնաթիռների կոնստրուկցիաների տարրերի ամրությունը փորձադիվիս, մեքենաների և մեխանիզմների պտտող մասերում առաջացող դեֆորմացիաների, լարումների և պտտող մոմենտների չափման ժամանակ:

Կիսահաղորդիչային տենզովերափոխիչի պատրաստումը

Կիսահաղորդիչային տենզովերափոխիչ պատրաստելու համար օգտագործում են հետևյալ տենզոլիտային նյութերը՝ 1) գրաֆիտ+բարակ կվարցային ավազ+խեծ, 2) գրաֆիտ+կավիճ+շիլլա կամ կանիֆոլ, 3) ածուխ+բակելիտային լաք: Պատրաստում են թելերի տեսքով՝ $l=40-60$ մմ երկարությամբ և $d=1-2$ մմ տրամագծով կամ $b=4-6$ մմ լայնությամբ և $\Delta=1-30$ մմ հաստությամբ շերտերի տեսքով, ունեն մեծ ղգայունություն՝ $S_{\text{կ}}=300$, բայց՝ փոքր մեխանիկական ամրություն, անկայուն բնութագրեր և ղգալի հիստերեզիս: Այս թերությունների հետևանքով կիսահաղորդիչային տենզովերափոխիչները լայն կիրառություն չգտան: Բյուրեղային կիսահաղորդիչային տենզովերափոխիչները, որոնցից հիմնականներն են Ge-գերմանիումը, Si-կալծքարը, In Sb-ինդիումի անտիմոնիդը, Ca As-կալիումի արսենատը և այլն, ունեն բավականին մեծ տենզոէֆեկտ: Ամենաշատ կիրառություն են գտել գերմանիումից և կալծքարից պատրաստված վերափոխիչները: Վերջինս օժտված է բարձր ղգայունությամբ, քիմիապես իներտ է, ունի մեխանիկական ամրություն, դիմառում է մինչև 540°C :

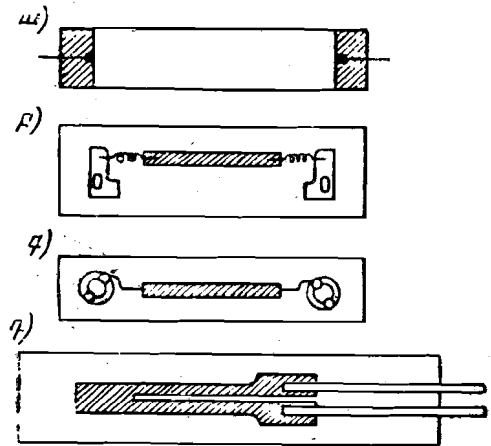
Կիսահաղորդիչային վերափոխիչներում հիմնական դերը խաղում է տեսակարար դիմադրության փոփոխությունը, որը հիմնականում կախված է m գործակցից: Գործնականում կարելի է ընդունել, որ $S_{\text{կ}} \approx m$ -ի: Կիսահաղորդիչային տենզովերափոխիչների ղգայունությունը հիմնականում կախված է ուժերի ազդման ուղղությունից (բյուրեղագրաֆիկ ուղղությունից), խառնուրդների քանակից (տեսակարար դիմադրությունից), ջերմաստիճանից ու դեֆորմացիայից: Կիսահաղորդիչային բյուրեղների

հատկությունները շատ մեծ սահմաններում կարելի է փոփոխել՝ փոփոխելով պատրաստման տեխնոլոգիան:

Կիսահաղորդիչային տենզովերափոխիչների ղգայուն տարրերը կարելի է պատրաստել մի քանի եղանակով՝

1. Կիսահաղորդիչային միաբյուրեղից կտրում են քառակողիկ տեսքով՝ վերափոխիչը (կտրումը կատարվում է ալմաստ սղոցով), որից հետո հղկում են մինչև անհրաժեշտ դիմադրություն ստանալը: Կիսահաղորդիչային վերափոխիչների ելուստները պատրաստում են նիկելից, արծաթից կամ ոսկուց՝ $0,05$ մմ տրամագիծ ունեցող հաղորդալարից:

Կիսահաղորդիչների սոսնձումը չափվող օբյեկտի վրա սկզբունքորեն չի տարբերվում լարային վերափոխիչների սոսնձումից: Եթե վերափոխիչը պատրաստված է БФ-2, ВЛ-7, փայլարի և այլ թաղանթների ենթաշերտերի վրա, ապա անհրաժեշտ է նրանք սոսնձել համապատասխանաբար նույն սոսնձով, որն ապահովում է լավ կպում մետաղական դետալների հետ: Այդպիսի սոսնձումը ապահովում է $+20^{\circ}\text{C}$ -ից մինչև $+140^{\circ}\text{C}$ 1000 մՕհմի կարգի մեկուսիչի դիմադրություն: Նկ. 7-11-ում պատկերված է կիսահաղորդիչային տենզովերափոխիչի սոսնձումը, իսկ նկ. 7-10-ում՝ նրանց մի քանի տեսակները:

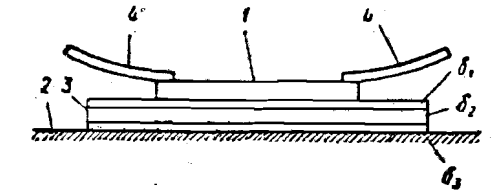


Նկ. 7-10. Մի քանի տեսակի կիսահաղորդիչային տենզովերափոխիչներ:

ա) առանց ենթաշերտի, բ, գ) հոծ սեղմակներով, դ) Ս-աձև տենզոզգայուն տարր

Ց. Կոնտակտային վերափոխիչներ

Կոնտակտային վերափոխիչները նախատեսված են մեխանիկական տեղափոխումները էլեկտրական ազդանշանի վերափոխելու համար: Չափվող մեծությունը սահմանված արժեքից անցնելիս շղթայում միացվում կամ անջատվում են էլեկտրական



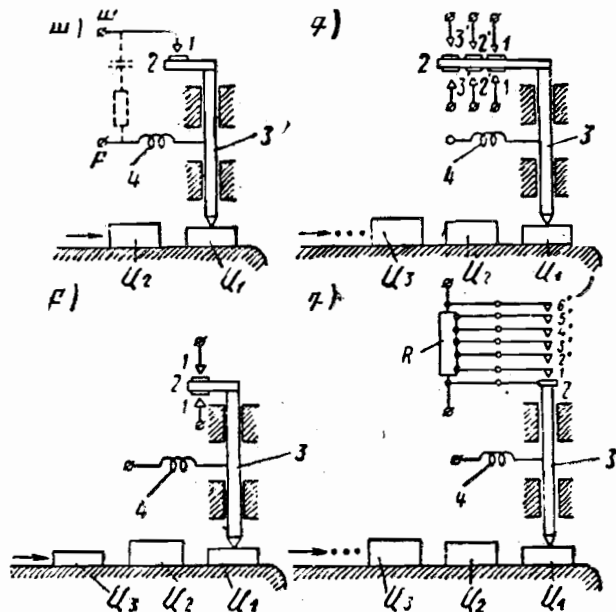
Նկ. 7-11. Կիսահաղորդիչային տենզովերափոխիչի տեղադրումը (սոսնձում) ճեղքատվող օբյեկտի վրա:

1—վերափոխիչ, 2—մանրակ, 3—ենթաշերտ, 4— ելուստներ, 5— δ_1 , δ_2 , δ_3 մեկուսիչ շերտի հաստությունը

կոնտակտները՝ ազդանշանելով, որ տեղաշարժը մեծ կամ փոքր է սահմանված մեծությոնից: Կոնտակտային վերափոխիչները լայն կիրառություն ունեն ավտոմատ հսկող համակարգերում արտադրվող դետալները հսկելու և տեսակավորելու համար:

Նկ. 7-12, ա-ում ցույց է տրված ամենապարզ կոնտակտային վերափոխիչը, մեկ զույգ կոնտակտներով: Կոնտակտների (1 և 2) միացումը կատարվում է Ա արտադրանքի շափերի փոփոխման ժամանակ: Եթե Ա արտադրանքի շափը մեծանում է, շափող շոշափիչը (3) կտեղաշարժվի վերև, ու կոնտակտները (1 և 2) կմիանան: ա և բ ծայրերը միացվում են ազդանշանային հարմարանքին:

Նկ. 7-12, բ-ում ցույց է տրված երկսահմանային կոնտակտային վերափոխիչ երկու զույգ կոնտակտներով, որն ընդունակ է ընկալել շոշափիչի տեղաշարժը սկզբնական դիրքից երկու ուղղությամբ:



Նկ. 7-12. Կոնտակտային վերափոխիչի հիմնական տեսակները.

ա) մեկ զույգ բ) երկսահմանային, գ, դ) բազմասահմանային կոնտակտներով

Այս վերափոխիչները օգտագործում են արտադրանքի շափերը ավտոմատ հսկելու և արտադրվող արտադրանքի քանակը հաշվելու համար:

Մի քանի զույգ կոնտակտներով բազմասահմանային կոնտակտային վերափոխիչը ցույց է տրված նկ. 7-12, գ-ում: 1, 2՝ կոնտակտները միանում են իրար հաջորդաբար, ըստ արտադրանքի շափերի:

Վերափոխիչի ելքի վրա միացված շափող գործիքի սլաքը ցույց կտա երեք ցուցում (նորմալ, նորմալից ավելի, նորմալից պակաս):

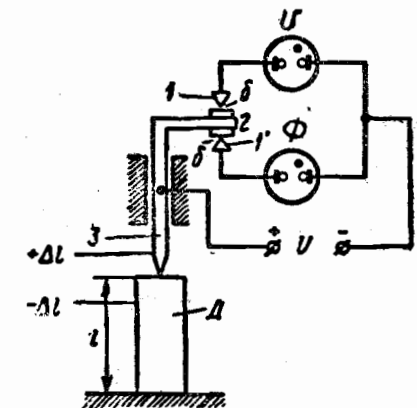
Երբեմն կոնտակտային վերափոխիչները կարող են աշխատել կամ լրիվ շղթան միացնելով, կամ էլ միացնելով մեկ R դիմադրությունը, նկ. 7-12, դ:

Նկ. 7-13-ում ցույց է տրված երկսահմանային կոնտակտային վերափոխիչ, որը օգտագործվում է տեսակավորող ավտոմատներում: Սա պետք է ազդանշան տա այն արտադրանքի համար, որի շափը փոքր կամ մեծ է թույլատրելիից:

Աշխատում է հետևյալ կերպ. արտադրվող Ա արտադրանքն անցնում է շարժական (3) կոնտակտի (շոշափիչի) տակով: Երբ արտադրանքի շափը գտնվում է իր թույլատրելի սահմանում, ապա շարժական կոնտակտը մնում է իր չեզոք դիրքում. նետնային լամպը չի վառվի, և ավտոմատը այդպիսի արտադրանքը կորակվորի որպես «պիտանի»: Երբ արտադրանքը իր թույլատրելի սահմանից մեծ է $l + \Delta l$, ապա շափող շարժական կոնտակտը կբարձրանա և կմիանա անշարժ կոնտակտին՝ (1) վառելով նետնային Մ լամպը, իսկ երբ արտադրանքը թույլատրելի սահմանից փոքր է $l - \Delta l$, ապա շարժական կոնտակտը կմիանա անշարժ կոնտակտին՝ (1) վառելով նետնային Փ լամպը:

Չնայած կառուցվածքի պարզությանը, այդպիսի վերափոխիչները կարող են հսկել արտադրվող դետալների շափերը մինչև 1 մկմ ճշտությամբ: Վերափոխիչի զգայունությունը կախված է միայն δ բացակի շափերից (նկ. 7-13):

Տեսակավորող ավտոմատի արտադրողականությունը հասնում է բոլորովին մի քանի հարյուրի: Կոնտակտային վերափոխիչի հուսալիությունը և ճշտությունը կախված է կոնտակտների նյութից և որակից: Ինչքան քիչ է կոնտակտների այրվածքը, այնքան ճշգրիտ է դետալի վերահսկողությունը: Եթե կոնտակտների շղթայում միացված է սովորական շիկացման լամպ, այդ դեպքում աշխատանքի ճշտությունը զգալիորեն իջնում է, և հուսալիությունը՝ վատանում: Դա բացատրվում է նրանով, որ շիկացման էլեկտրական լամպերը ծախսում են բավականին հոսանք և անջատման պահին կոնտակտների միջև առաջանում է կայծ (աղեղ), որը և քայքայում է կոնտակտների մակերեսը:



Նկ. 7-13. Երկսահմանային կոնտակտային վերափոխիչ

Ավելի հաճախ ազդանշման համար շեղանկյուն լամպերի փոխարեն օգտագործում են նեոնային լամպերը (նկ. 7-13), որոնք ունեն փոքր հզորություն՝ 80—150 մվտ, 1—1,5 մԱ, 80—100 վ լարման դեպքում:

Ավելի ճշգրիտ չափման արդյունք կարելի է ստանալ, եթե օգտագործենք էլեկտրոնային ուժեղացուցիչ:

Կոնտակտների նյութի ընտրությունը որոշվում է՝ ելնելով կոնտակտային ճնշումից: Բարձր զգայունության փոքր հզորության կոնտակտային վերափոխիչների համար կոնտակտային ճնշման ուժը վերցնում են 0,01-ից մինչև 0,02 Ն սահմաններում, իսկ հզոր կոնտակտային վերափոխիչների համար՝ 0,5-ից մինչև 1 Ն:

Մեծ կոնտակտային ճնշումների ժամանակ (ուժը՝ 1—3,5 Ն) կոնտակտները պատրաստում են վոլֆրամից, մոլիբդենից կամ նրանց համաձուլվածքից: Փոքր կոնտակտային ճնշման ուժերի ժամանակ (0,01-ից մինչև 0,02 Ն) կոնտակտները պատրաստում են պլատինից և ոսկուց: Եթե կոնտակտային ճնշման ուժը 0,05-ից մինչև 1 Ն է, ապա օգտագործում են արծաթյա կոնտակտներ:

Կոնտակտային վերափոխիչների առավելություններից են՝

1. պարզությունը և էժանությունը,
2. զգայունության կարգավորման պարզությունը,
3. հաստատուն և փոփոխական հոսանքով աշխատելու հնարավորությունը,

4. դետալների մեծ ճշտությամբ հսկողությունը (1 մկմ-ից փոքր): Թերություններից են՝

1. կոնտակտների վրա էլեկտրական աղեղի և կայծի առկայությունը,
2. սարքի կտրուկ շարժումները կտրուկ են բերել շղթայի խաբուխիկ աշխատեցմանը:

7—2. Կոնտակտային դիմադրության վերափոխիչ

Կոնտակտային դիմադրության վերափոխիչներից ամենատարածվածը ածխայինն է, որն օգտագործում են որպես միկրոֆոն, որի աշխատանքի հիմքում ընկած է ածխային հատիկների միջև եղած կոնտակտային դիմադրության փոփոխության ընկալումը, ըստ արտաքին ազդանշանի:

Ածխային միկրոֆոնի հիմնական առավելությունն այն է, որ ունի ելքի բարձր լարում (0,5 վ): Հաճախային սահմանը սահմանափակ է՝ 30—3000 Հերց, բայց ազդանշան-աղմուկ հարաբերությունը՝ փոքր:

Ածխային վերափոխիչի կիրառումը չափող գործիքներում սահմանափակ է՝ նրանց անկայունության պատճառով:

Ածխային հատիկներից բացի օգտագործում են նաև սկավառակաձև ածուխ, որտեղ սկավառակները շարում են իրար վրա՝ տալով սյան ձև: Սյան դիմադրությունն ունի հետևյալ կախվածությունը՝

$$R=R_0+\frac{C}{P},$$

որտեղ

R_0 -ն սկավառակի «ներքին» դիմադրությունն է,

C -ն՝ հաստատուն մեծությունը,

P -ն՝ ճնշումը ածխային սկավառակի վրա:

Ածխային սկավառակը պետք է ունենա բարձր մեխանիկական ամրություն, փոքր մեխանիկական հիստերեզիսի և դիմադրության փոքր ջերմային գործակից: Այս վերափոխիչների համար սահմանափակող գործոն է զրո կետի նկատմամբ անկայունությունը և զգայունության փոփոխումը: Նրանց օգտագործումը որպես ճնշման և արագության վերափոխիչներ՝ տվել են բավարար արդյունքներ:

7—3. ԻՆԴՈՒԿՏԻՎ ՎԵՐԱՓՈՒՄԻՆԵՐ

Ինդուկտիվ վերափոխիչների աշխատանքի սկզբունքը հիմնված է վերափոխիչի մագնիսական շղթայի R_m մագնիսական դիմադրության փոփոխումից առաջացած միջուկով փաթույթի L ինդուկտիվության (ինքնինդուկցիայի գործակիցի) փոփոխման վրա: Ինդուկտիվ վերափոխիչները պարամետրական վերափոխիչներ են: Չափվող մեխանիկական տեղաշարժը վերափոխիչի մուտքում առաջացնում է նրա մագնիսական և էլեկտրական շղթաների պարամետրերի փոփոխում, որը իր հերթին հանգեցնում է էլեքային մեծության՝ էլեկտրական I հոսանքի փոփոխման:

Ինդուկտիվ վերափոխիչների միջոցով կարելի է հսկել մեխանիկական տեղաշարժերը, ուժերը, ջերմաստիճանը, մագնիսական նյութերի հատկությունները, որոշել նյութերում անցանկալի խառնուրդների կամ թերությունների առկայությունը, պողպատե հաղորդալարի տրամագիծը, պողպատի վրա ոչ մագնիսական ծածկույթների հաստությունը, հեղուկների և գազերի արագությունը և այլն: Ինդուկտիվ վերափոխիչները ունեն մի շարք առավելություններ, որոնցից են՝ աշխատանքի հուսալիությունը (սահող կոնտակտների բացակայությունը), արդյունաբերական հաճախության աղբյուրներին միացնելու հնարավորությունը, վերափոխիչի ելքում հզորության համեմատաբար մեծ (մինչև տասնյակ վտ հասնող) արժեքը, որը հնարավորություն է տալիս հսկող սարքը անմիջապես միացնել վերափոխիչին, մեծ զգայունությունը և ուժեղացման գործակիցը (այդ գործակիցը դիֆերենցիալ ինդուկտիվ վերափոխիչներում հաճախ հասնում է հարյուր վ-ի՝ մեկ միլիմետր տեղաշարժի դեպքում):

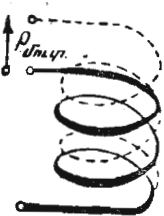
Ինդուկտիվ վերափոխիչների թերություններն պետք է վերագրել սնող լարման հաճախության փոփոխման ազդեցությունը աշխատանքի

ճշտության վրա և այն, որ վերափոխիչը կարգը է աշխատել միայն փոփոխական հոսանքով:

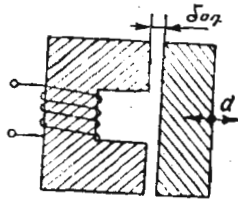
Ի նկատի ունենալով ինդուկտիվության առկայությունը շղթայում, այս վերափոխիչը պետք է միացվի փոփոխական հոսանքի աղբյուրին միայն համեմատաբար ցածր հաճախությունների դեպքում (մինչև 3000—5000 Հց), քանի որ բարձրի ժամանակ կտրուկ աճում են հիստերեզիսի մրրկային հոսանքների կորուստները: Կոճի ինդուկտիվությունը կարելի է փոխել, փոփոխելով՝

1. կոճի երկրաչափական չափերը (նկ. 7-14).

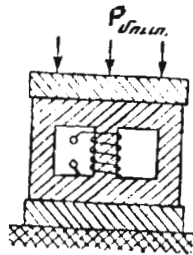
$P_{\text{մուտ}} \rightarrow l \rightarrow L \rightarrow X_L \rightarrow I \sim$ այսինքն չափվող մեծությունը (ճնշումը)



Նկ. 7-14.



Նկ. 7-15.



Նկ. 7-16.

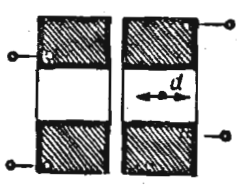
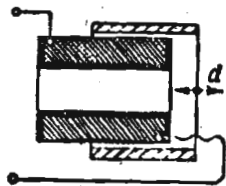
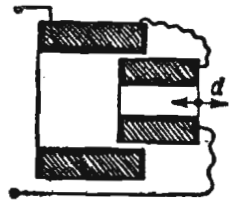
հանգեցնում է կոճի երկարության փոփոխության, որի հետևանքով փոփոխվում է նրա ինդուկտիվությունը, հետևապես և ինդուկտիվ դիմադրությունը, վերջինս հանգեցնում է շղթայում հոսանքի փոփոխմանը, որը և չափվում է:

2. Մագնիսական մագնիսական դիմադրությունը (նկ. 7-15).

$P_{\text{մուտ}} \rightarrow \delta_{\text{ոչ}} \rightarrow R_m \rightarrow X_L \rightarrow Z \rightarrow I \sim$, այսինքն չափվող մեծությունը (ճնշումը) հանգեցնում է օդային բացակի փոփոխման, որը հանգեցնում է համակարգի մագնիսական M ինդուկտիվ դիմադրության փոփոխությանը, վերջինս բերում է աշխատանքային հոսանքի փոփոխմանը, որը և չափվում է:

3. Մագնիսական նյութի թափանցելիությունը (նկ. 7-16)

$P_{\text{մուտ}} \rightarrow \sigma_{\text{ոչ}} \rightarrow \mu \rightarrow R_m \rightarrow L \rightarrow Z \rightarrow I \sim$, այսինքն չափվող մեծությունը



Նկ. 7-17.

(ճնշումը) բերում է համակարգի մագնիսական նյութի լարվածության փոփոխություն, որի շնորհիվ փոփոխվում է մագնիսական մագնիսական թափանցելիությունը, դիմադրությունը և ինդուկտիվությունը. այս մեծությունների փոփոխությունը բերում է ինդուկտիվ դիմադրության փոփոխմանը, որը և չափվում է:

$\sigma_{\text{ոչ}}$ -ն՝ մագնիսական նյութի մեխանիկական լարվածությունն է:

4. Կոճի երկու կամ ավելի տարրերի միացման կապի գործակիցը (նկ. 7-17) օգտագործում են գծային տեղափոխումներ չափելու համար:

7-4. ԻՆՎՈՒԿՏԻՎ ՎԵՐԱՓՈԽԻՉԻ ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ՍԿԶԵՄՈՒՆՔԸ

Դիտարկենք 7-18, ա նկարում տրված պարզագույն մեկ միջուկով ինդուկտիվ վերափոխիչի աշխատանքի սկզբունքը: Վերափոխիչի միջուկի (1) վրա տեղադրվում է փաթույթը (3), որը բեռի (4) դիմադրությունով (չափիչ սարքի դիմադրությունը) միացվում է փոփոխական հոսանքի աղբյուրին: Փաթույթի (3) I հոսանքը առաջացնում է $\Phi \sim$ փոփոխական մագնիսական հոսք: Միջուկի բևեռների և (2) տեղաշարժող խարիսխի միջև գոյություն ունի $\delta_{\text{ոչ}}$ օդային բացակ: Միջուկը (1) և խարիսխը (2) միասին կազմում են վերափոխիչի մագնիսական Փոփոխական $\Phi \sim$ մագնիսական հոսքը անցնում է նրանցով և վերափոխիչի մագնիսական շղթայի մեջ մտնող երկու $\delta_{\text{ոչ}}$ օդային բացակներով: Խարիսխը մեխանիկորեն կապվում է այն օբյեկտի հետ, որի տեղաշարժը պետք է հսկվի և աշխատանքի ընթացքում տեղաշարժվում է միջուկի նկատմամբ սլաքներով ցույց տրված ուղղություններով:

Մեխանիկական տեղաշարժի էլեկտրական ազդանշանի փոխակերպման պրոցեսի ֆիզիկական իմաստը այն է, որ խարիսխի տեղաշարժի և օդային բացակի փոփոխման հետևանքով փոփոխվում են վերափոխիչի մագնիսական շղթայի մագնիսական դիմադրությունը, հետևաբար և փաթույթի ինդուկտիվ ու լրիվ Z դիմադրությունները: Համապատասխանաբար կփոփոխվի (սնող լարման տրված արժեքի դեպքում) $I \sim$ հոսանքի մեծությունը, որը չափվում է տրված սխեմայի համար բեռ հանդիսացող (4) սարքի միջոցով: Այստեղից կարելի է եզրակացնել, որ ելքային մեծություն հանդիսացող $I \sim$ հոսանքը կախված է մուտքային մեծություն հանդիսացող $\delta_{\text{ոչ}}$ օդային բացակի երկարությունից, այսինքն $I \sim = f(\delta_{\text{ոչ}})$: Այդ կախվածությունը կոչվում է վերափոխիչի ելքային բնութագիր (նկ. 7-18, բ):

Եթե հսկող օբյեկտի կողմից ազդող և խարիսխը տեղաշարժող ուժը նշանակենք P -ով, ապա ինդուկտիվ վերափոխիչում տեղի կունենա փոխակերպումների հետևյալ շղթան.

$$P \rightarrow \delta_{\sigma_2} \rightarrow R_m \rightarrow L \rightarrow X_L \rightarrow Z \rightarrow I \sim,$$

որտեղ

δ_{σ_2} -ն օդային բացակի մեծությունն է,

R_m -ը՝ շղթայի (միջուկի, խարիսխի և երկու օդային բացակների) մագնիսական դիմադրությունը,

L -ը՝ վերափոխիչի կոճի ինդուկտիվությունը,

X_L -ը՝ վերափոխիչի կոճի ինդուկտիվ դիմադրությունը,

Z -ը՝ վերափոխիչի կոճի լրիվ դիմադրությունը:

Որոշենք վերափոխիչի կոճի հոսանքի կախվածությունը δ_{σ_2} օդային բացակի մեծությունից:

Համաձայն ՕՀմի օրենքի, բեռի հոսանքը հավասար է՝

$$I_{\sim r} = \frac{R_{\sim}}{Z} \cdot U,$$

որտեղ Z -ը կոճի լրիվ դիմադրությունն է,

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}, \quad \text{ՕՀմ}, \quad (7-18)$$

ω -ն՝ սնող լարման անկյունային հաճախությունը,

R -ը՝ կոճի և բեռի ակտիվ դիմադրությունը, ՕՀմ:

Վերափոխիչի W գալար ունեցող կոճի ինդուկտիվությունը (առանց ցրման հոսքերը հաշվի առնելու) հավասար է

$$L = \frac{W\Phi}{I_{\sim}}, \quad \text{Հն}, \quad (7-19)$$

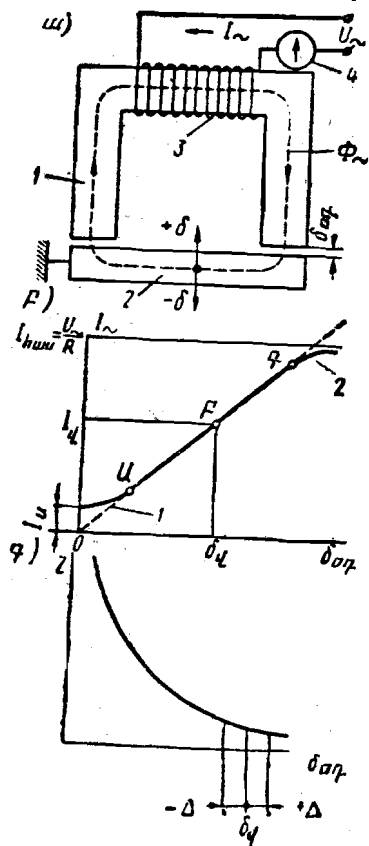
որտեղ Φ -ն մագնիսական հոսքն է, Վբ,

$I_{\sim}$ -ը՝ կոճի հոսանքը, Ա:

Մագնիսական հոսքը կլինի՝

$$\Phi = I_{\sim} W / R_{m2}, \quad (7-20)$$

Նգ. 7-18. Պարզագույն ինդուկտիվ վերափոխիչը (ա) և նրա բնութագրերը (բ, գ)



խարիսխի) R_{m2} մագնիսական և երկու օդային բացակների $R_{m\delta}$ մագնիսական դիմադրություններից:

Դիտարկվող պարզագույն վերափոխիչի օրինակում մագնիսական շղթայի մագնիսական դիմադրությունը հավասար է.

$$R_{m2} = R_{m2\sigma_2} + R_{m\delta} = l_{\sigma_2} / (\mu_{\sigma_2} S_{\sigma_2}) + 2\delta_{\sigma_2} / (\mu_0 S_{\sigma_2}),$$

որտեղ l_{σ_2} -ն միջուկում և խարիսխում մագնիսական ուժագծի գումարային միջին երկարությունն է, մ,

S_{σ_2} -ը՝ մագնիսալարի ընդլայնական կտրվածքը, որը հավասար է օդային բացակի մոտ միջուկի ընդլայնական կտրվածքին, մ²,

μ_{σ_2} -ն և μ_0 -ն՝ համապատասխանաբար մագնիսալարի նյութի և օդային բացակի մագնիսական թափանցելիություններն են:

Որոշ փոխակերպումներից հետո (7-20) բանաձևը ընդունում է հետևյալ տեսքը.

$$\Phi = \frac{I_{\sim} W}{R_{m2\sigma_2} + 2\delta_{\sigma_2} / (\mu_0 S_{\sigma_2})}, \quad (7-21)$$

Տեղադրելով (7-21)-ը և (7-19)-ի մեջ, կստանանք ինդուկտիվության արժեքը՝

$$L = \frac{W^2}{R_{m2\sigma_2} + 2\delta_{\sigma_2} / (\mu_0 S_{\sigma_2})}, \quad (7-22)$$

կոճի ինդուկտիվ դիմադրությունը՝

$$X_L = \omega L = \frac{\omega W^2}{R_{m2\sigma_2} + 2\delta_{\sigma_2} / (\mu_0 S_{\sigma_2})}, \quad (7-23)$$

Տեղադրելով (7-23)-ը (7-18)-ի մեջ, կստանանք կոճի լրիվ դիմադրության արժեքը՝

$$Z = \sqrt{R^2 + \omega^2 \left[\frac{W^2}{R_{m2\sigma_2} + 2\delta_{\sigma_2} / (\mu_0 S_{\sigma_2})} \right]^2},$$

$Z = f(\delta_{\sigma_2})$ կախվածությունը տրված է 7-18, գ նկարում: Կիրառած $U \sim$ լարման աղբյուրի տակ կոճով անցնող հոսանքը հավասար կլինի՝

$$I_{\sim r} = \frac{U_{\sim}}{Z} = \frac{U_{\sim}}{\sqrt{R^2 + \omega^2 \left[\frac{W^2}{R_{m2\sigma_2} + 2\delta_{\sigma_2} / (\mu_0 S_{\sigma_2})} \right]^2}}, \quad (7-24)$$

Ստացված (7-24) արտահայտությունից երևում է, որ վերափոխիչի կոճի հոսանքի մեծությունը կախված է δ_{σ_2} օդային բացակի մեծությունից, սնող աղբյուրի լարման ω հաճախությունից և R դիմադրությունից:

Պարզագույն վերափոխիչի $I \sim = f(\delta_{\alpha})$ բնութագիրը տրված է 7-18, ք նկարում: Կայունացված ռեժիմում (երբ վերջանում են խառնի տեղաշարժից էլեկտրական շղթայում առաջացած անցողիկ պրոցեսները) վերափոխիչի ելքային մեծության կախվածությունը մուտքային մեծությունից կոչվում է վերափոխիչի ստատիկ բնութագիր և ընդհանուր դեպքում իրենից ներկայացնում է ոչ գծային ֆունկցիա: Նկ. 7-18, ք-ում Ա-Բ տեղամասը վերափոխիչի ստատիկ բնութագրի աշխատանքային տեղամասն է:

Չհագեցած մագնիսալարի դեպքում վերափոխիչների մեծ մասում օդային բացակի մեծությունն այնպիսին է, որ բացակի մագնիսական դիմադրությունը զգալի չափով մեծ է մագնիսալարի մագնիսական դիմադրությունից, այսինքն $R_{m\delta} \gg R_{m\alpha\alpha}$, իսկ կոճի ակտիվ դիմադրությունը զգալի չափով փոքր է նրա ինդուկտիվ դիմադրությունից, այսինքն $R \ll \omega L$: Հետևաբար, $R_{m\alpha\alpha}$ և R մեծությունները կարող ենք անտեսել և այդ ժամանակ (7-22) և (7-24) բանաձևերը կարող են գրվել հետևյալ պարզեցված տեսքով.

ինդուկտիվության համար՝

$$L = \frac{W^2}{2\delta_{\alpha\alpha}/(4\pi \cdot 10^{-7} S_{\alpha l})} = \frac{2}{\delta_{\alpha\alpha}} \pi W^2 S_{\alpha l} \cdot 10^{-7}, \quad (7-25)$$

հոսանքի համար՝

$$I_{\sim} = \frac{U_{\sim}}{\omega L} = \frac{U_{\sim} \delta_{\alpha\alpha} 10^7}{2\pi \omega^2 W^2 S_{\alpha l}}, \quad (7-26)$$

որտեղ $\omega = 2\pi f$ -ը վերափոխիչի կոճի փոփոխական հոսանքի անկյունային հաճախությունն է, $1/\nu$ կ:

Մտող լարման ամպլիտուդի և հաճախության անփոփոխ արժեքների դեպքում

$$k_1 = \frac{U_{\sim} 10^7}{2\pi \omega W^2 S_{\alpha l}} = \text{const} \quad (7-27)$$

և շղթայի $I_{\sim} = k_1 \delta_{\alpha\alpha}$ հոսանքը կարող է փոփոխվել միայն $\delta_{\alpha\alpha}$ օդային բացակի փոփոխման հաշվին: k_1 գործակիցը կոչվում է վերափոխիչի փոխանցման գործակից, ըստ հոսանքի:

Ընդունված պարզեցումների դեպքում վերափոխիչի բնութագիրը ստացվում է գծային (7-18, ք նկարում տրված կետագծերը): Ինչպես երևում է 7-18, ք նկարից՝ (7-26) բանաձևով կառուցված վերափոխիչի իդեալացված (1) բնութագիրը ուղղագծային է այն ժամանակ, երբ (7-24) բանաձևով կառուցած իրական (2) բնութագիրը

երկու ոչ գծային տեղամաս ունի: Ներքևի կորագծային մասը բնութագրվում է միջուկի ու խարխալի մագնիսական դիմադրությունների առկայությամբ, որոնք փոքր բացակների ժամանակ օդային բացակի դիմադրության հետ համաչափելի են ($R_{\alpha\alpha} = 0$). Նրանց անտեսել չի կարելի: Վերևի կորագծային մասը բնութագրվում է փաթույթի ակտիվ դիմադրության առկայությամբ, որը սահմանափակում է շղթայի $I_{\sim} = U_{\sim} / R$ հոսանքի մեծությունը (երբ մեծ բացակների դեպքում ակտիվ դիմադրությունը դառնում է ինդուկտիվ դիմադրության հետ համեմատելի):

Սկզբնական $\delta_{\alpha\alpha}$ բացակի մեծությունը պետք է ընտրել վերափոխիչի բնութագրի ուղղագծային մասի միջին հատվածում (7-18, ք նկարում, Բ կետը): Բացակի այն արժեքների դեպքում, երբ վերափոխիչի իրական բնութագիրը գծային է և համընկնում է իդեալական բնութագրի հետ, կարելի է օգտվել ստացված (7-25) և (7-26) պարզեցված բանաձևերից: Վերափոխիչի զգայունությունը հավասար է

$$S_{\alpha l} = \frac{\Delta Z / Z}{\Delta \delta},$$

որտեղ $\Delta Z / Z$ -ը վերափոխիչի կոճի լրիվ դիմադրության հարաբերական փոփոխումն է,

$\Delta \delta$ -ն՝ օդային բացակի աճը:

Երբ $R \ll \omega L$ (7-18) բանաձևը կընդունի հետևյալ տեսքը.

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} = \omega L$$

և $\omega = \text{const}$ դեպքում ածանցյալը կլինի՝

$$dz/d\delta = d\omega L/d\delta, \quad (7-28)$$

Տեղադրելով (7-28)-ի մեջ ինդուկտիվության արժեքը (7-25) բանաձևից $L = W^2 \mu_0 S_{\alpha l} / (2\delta_{\alpha\alpha})$, կստանանք $dz/d\delta = -\omega W^2 \mu_0 S_{\alpha l} / (2\delta_{\alpha\alpha}^2)$ կամ էլ անցնելով վերջավոր աճերի՝ կունենանք

$$\Delta Z / \Delta \delta = \omega W^2 \mu_0 S_{\alpha l} / (2\delta_{\alpha\alpha}^2), \quad (7-29)$$

Զգայունության արժեքը ստանալու համար (7-29) արտահայտությունները բաժանենք Z -ի.

$$S_{\alpha l} = \frac{\Delta Z / \Delta \delta}{Z} = \frac{\Delta Z / Z}{\Delta \delta} = \frac{\omega W^2 \mu_0 S_{\alpha l}}{2\delta_{\alpha\alpha}^2 \omega L} = \frac{W^2 \mu_0 S_{\alpha l} 2\delta_{\alpha\alpha}}{2\delta_{\alpha\alpha}^2 W^2 \mu_0 S_{\alpha l}} \quad (7.30)$$

կամ

$$S_{\alpha l} = \frac{1}{\delta_{\alpha\alpha}}.$$

որտեղ $\delta_{\alpha\alpha}$ -ն աշխատանքային կետի ընտրումը բնութագրող սկզբնական օդային բացակի մեծությունն է: Ստացված (7-30) արտահայտությունը ցույց է տալիս, որ օդային բացակի մեծացումից վերափոխիչի զգայունությունը կտրուկ փոքրանում է: Վերափոխիչի զգայունությունը որոշվում է $L_{\alpha\alpha}$, $L_{\alpha\alpha}$, $\delta_{\alpha\alpha}$ կոնստրուկտիվ պարամետրերով:

Դիտարկված պարզագույն տեսակի վերափոխիչը (նկ. 18, ա) ունի մի շարք էական թերություններ՝

1. խարիսխի տեղաշարժի ուղղության փոփոխության դեպքում վերափոխիչի ելքում հոսանքի փուլը չի փոխում իր նշանը.

2. երկու ուղղություններով խարիսխի տեղաշարժերը չափելու դեպքում պետք է ունենալ $\delta_{\alpha\alpha}$ սկզբնական բացակ, հետևաբար և $L_{\alpha\alpha}$ սկզբնական հոսանք, որը ստեղծում է որոշ դժվարություններ աշխատանքի և չափման ժամանակ. բացի այդ, սնող լարման և միջավայրի ջերմաստիճանի տատանումներից առաջանում են չափման անճշտություններ.

3. $z=f(\delta_{\alpha\alpha})$ կորի վրա (նկ. 7-18, գ) կարելի է առանձնացնել փոքր $\Delta z \ll (0,1 \div 0,15)\delta_{\alpha\alpha}$ տեղամաս, որում բնութագրերը գծային է.

4. բեռի (չափիչ սարքի) հոսանքի մեծությունը կախված է սնող լարման ամպլիտուդի արժեքից և հաճախությունից.

5. վերափոխիչի աշխատանքի ընթացքում խարիսխի վրա ազդում է չհավասարակշռված էլեկտրամագնիսական ուժ, որը անճշտություններ է մտցնում վերափոխիչի աշխատանքի մեջ (այդ ուժը ազդելով հսկող դետալի վրա կարող է փոխել նրա դիրքը):

էլեկտրամագնիսական ուժի աշխատանքի վերլուծությունից հայտնի է, որ էլեկտրամագնիսական ուժի մեծությունը հավասար է

$$P_{\epsilon} = \frac{1}{2} I^2 \frac{dL}{d\delta_{\alpha\alpha}}, \quad (7-31)$$

Եթե ընդունենք այն թույլտվությունները, որոնք սահմանվեցին հոսանքի որոշման ժամանակ (7-26 բանաձևը), ապա (7-27)-ը (7-26)-ի մեջ տեղադրելուց հետո, կստանանք.

$$L = \frac{U_{\sim}}{\omega k_{I\sim} \delta_{\alpha\alpha}}, \quad (7-32)$$

Իսկ տեղադրելով (7-32)-ը (7-31)-ի մեջ, կստանանք էլեկտրամագնիսական ուժի արժեքը՝

$$P_{\epsilon} = \frac{1}{2} I^2 \frac{dL}{d\delta} = \frac{1}{2} k_{I\sim} \frac{U_{\sim}}{\omega}, \quad (7-33)$$

Ստացված (7-33) արտահայտությունից երևում է, որ սովորաբար օգտագործվող օդային բացակների արժեքների և ընդունված թույլտվությունների դեպքում էլեկտրամագնիսական ուժի մեծությունը կախված չէ $\delta_{\alpha\alpha}$ օդային բացակի մեծությունից, այն ուղիղ համեմատական է ըստ հոսանքի վերափոխիչի փոխանցման գործակցին, մատուցված լարմանը և հակադարձ համեմատական է սնող լարման հաճախությանը: էլեկտրամագնիսական ուժի անկախությունը օդային բացակից պայմանավորված է նրանով, որ խարիսխի մագնիսալարից հեռացնելուց հոսանքը մեծանում է բացակին համեմատական: Այն վերափոխիչներում, որոնցում հոսանքի փոխանցման գործակիցը մեծ է, կարող են մեծ լինել նաև էլեկտրամագնիսական ուժերը:

Նշված թերությունները սահմանափակում են պարզագույն ինդուկտիվ վերափոխիչի կիրառումը: Սովորաբար այդ վերափոխիչները օգտագործվում են այն դեպքերում, երբ պահանջվում է թոփաքաձև կառավարում, օրինակ, որպես դիրքի անկոնտակտ վերափոխիչ, վերջավոր անջատիչներ և այլն: Վերափոխիչը կոնստրուկտիվորեն պատրաստվում է այնպես, որ խարիսխը տեղաշարժվի ոչ թե մագնիսալարի, այլ նրան զուգահեռ հարթության մեջ:

7-5. ԻՆԴՈՒԿՑԻՈՆ ՎԵՐԱՓՈԽԻՉՆԵՐ

Ինդուկցիոն վերափոխիչները իրենցից ներկայացնում են հաստատուն մագնիսի (հազվադեպ նաև էլեկտրամագնիսի) և կոճերի զուգակցություն: Կոճի փաթույթին շղթայակցված մագնիսական Փ հոսքի փոփոխման դեպքում նրանում ինդուկցվում է էլ. շ. ու.

$$e = -w(d\Phi/dt),$$

որտեղ w -ն կոճի փաթույթների թիվն է:

Մագնիսական հոսքը կարող է փոխվել մագնիսական դիմադրության փոփոխության կամ մագնիսական դաշտում կոճի դիրքի փոփոխությունից: Ինդուկցիոն վերափոխիչները լինում են շարժական կոճով կամ մագնիսով (նկ. 7-19, ա, բ), շարժական ֆերոմագնիսական միջուկով (նկ. 7-20, ա, բ) և մագնիսաառաձգական էֆեկտի վրա հիմնված վերափոխիչներով (նկ. 7-21, ա, բ):

Դիտարկենք է. շ. ու.-ի ինդուկցման պրոցեսը այս երեք վերափոխիչներում:

1. Շարժական կոճի առաջընթաց շարժումով վերափոխիչներում ինդուկտվող է. շ. ու.-ն կլինի (նկ. 7-19).

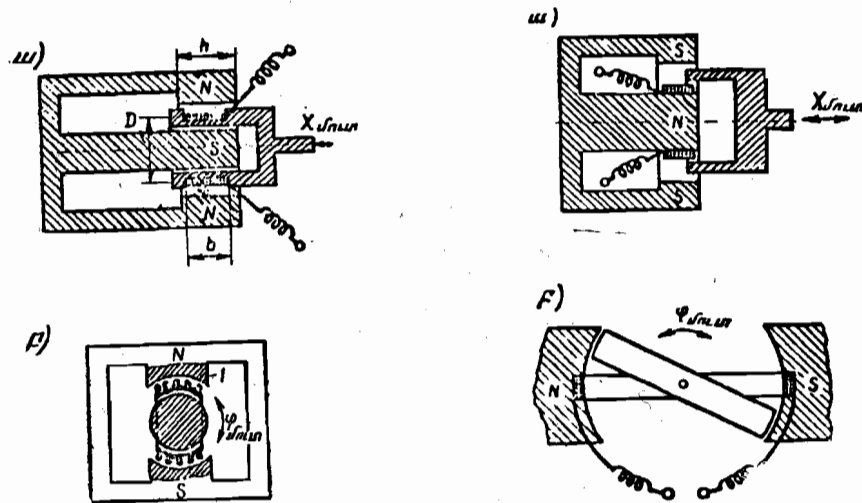
$$e = -Bl(dx_{\text{սևւմ}}/dt) = -B\pi Dw(dx_{\text{սևւմ}}/dt) = S_1(dx_{\text{սևւմ}}/dt),$$

որտեղ B -ն ինդուկցիան է մագնիսի օդային բացակում,

$l = \pi D w$ -ն փաթույթի ակտիվ երկարությունն է,
 $S_1 = -B\pi D w$ -ն՝ վերափոխիչի զգայունությունը,
 D -ն՝ կոճի միջին տրամագիծը,

$X_{\text{սուս}}$ -ը՝ կոճի զծային տեղաշարժումը:

2. Շարժական ֆերոմագնիսական միջուկով վերափոխիչներում ինդուկտիվ էլ. շ. ու. -ն կլինի (նկ. 7-20).



Նկ. 7-19. Շարժական կոճով և ռազգնիսով ինդուկցիոն վերափոխիչներ.

ա) զծային տեղաշարժումով, բ) անկյունային տեղաշարժումով

$$e = -w (d\Phi/dt) = -w (d/dt) (F/R_m) = wF (1/R_m^2) (dR_m/dt),$$

որտեղ F -ը մագնիսի մագնիսաշարժ ուժն է:

Ընդունենք, որ R_m -ը կապված է $X_{\text{սուս}}$ -ի հետ հետևյալ արտահայտությամբ.

$$R_m = R_{m0} (1 < k_0 X_{\text{սուս}}),$$

որտեղ k_0 -ն հաստատուն է, R_{m0} -ն՝ մագնիսալարի մագնիսական դիմադրությունը, $X_{\text{սուս}} = 0$, և ընդունելով, որ $\Delta R_m \ll R_{m0}$, կստանանք հետևյալ տեսքի հավասարումը՝

$$e = wF (k_0/R_{m0}) (dx_{\text{սուս}}/dt) = S_{\text{գեր}} (dx_{\text{սուս}}/dt),$$

որտեղ

$$S_{\text{գեր}} = wF (k_0/R_{m0}) \text{ վերափոխիչի զգայունությունն է:}$$

Վերափոխման համանման հավասարում կարելի է ստանալ նաև ան-

կյունային տեղաշարժմամբ վերափոխիչների համար, որտեղ $dX_{\text{սուս}}/dt$ -ի փոխարեն կլինի անկյունային արագությունը՝ $\omega = d\varphi_{\text{սուս}}/dt$:

3. Երրորդ տեսակի վերափոխիչներում (նկ. 7-21) մագնիսական շղթայի 1-1 տեղամասը ենթարկվում է ժամանակի ընթացքում փոփոխվող $P_{\text{սուս}}$ ուժի ազդեցությանը ($M_{\text{սուս}}$ մոմենտը վերափոխվում է $P_{\text{սուս}}$ ուժի) և մագնիսաառաձգական էֆեկտի հետևանքով փոփոխվում է այդ տեղամասի R_m մագնիսական դիմադրությունը: R_m մագնիսական դիմադրության փոփոխությունը հանգեցնում է մագնիսական հոսքի փոփոխմանը, որը կոճում առաջացնում է էլ. շ. ու.՝ ուղիղ համեմատական $P_{\text{սուս}}$ մուտքային ուժի փոփոխման արագությանը: Կարելի է ցույց տալ, որ այդ դեպքում փոխակերպման հավասարումը կունենա հետևյալ տեսքը՝

$$e = S_{\mu} (dl_{1-1}/dl) = S_{\mu}' (d\varphi_{\text{սուս}}/dt),$$

որտեղ՝ l_{1-1} -ը մագնիսալարի տեղամասի երկարությունն է, S_{μ} -ը և S_{μ}' -ը՝ համապատասխան զգայունությունները.

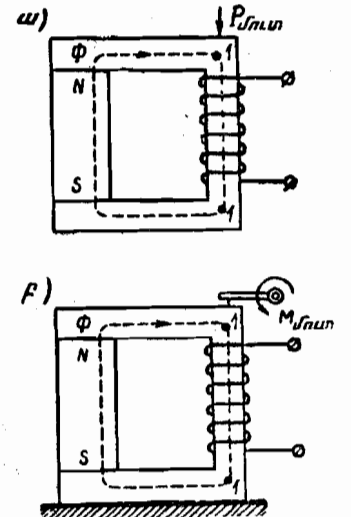
Այսպիսով, ընդհանուր դեպքում ինդուկցիոն վերափոխիչների վերափոխման հավասարումը կարելի է գրել հետևյալ տեսքով՝

$$e = S (dX_{\text{սուս}}/dt),$$

որտեղ S -ը վերափոխիչի զգայունությունն է՝ կախված կառուցվածքից, $X_{\text{սուս}}$ -ը՝ վերափոխիչի մուտքային մեծությունը:

Ընդուկցիոն վերափոխիչների շահագործման ժամանակ պետք է հաշվի առնել հաճախային սխալը, որը առաջանում է վերափոխիչի փաթույթների ինդուկտիվության հետևանքով:

Քննարկված վերափոխիչներից ամենաշատ կիրառվում են շարժական կոճով վերափոխիչները, քանի որ նրանք ապահովում են լավ զծայնություն և զծային արագությունը լարման վերափոխելու բարձր ճշտություն: Պատվով կոճով վերափոխիչները լայն կիրառություն են գտել պտտման արագությունը և պտտող մոմենտները չափող սարքերում:



Նկ. 7-21. Գեֆորմացիայի ենթարկվող ֆերոմագնիսական միջուկով վերափոխիչներ (հիմնված մագնիսաառաձգական էֆեկտի վրա).

ա) զծային տեղաշարժումով, բ) անկյունային տեղաշարժումով

Փոփոխվող մագնիսական դիմադրությամբ վերափոխիչները օժտված են ուղղաճախությամբ և հիստերեզիսով: Այդ է պատճառը, որ նրանք կիրառվում են հաճախային կամ փուլային մոդուլացիայի սարքերում: Վերափոխիչների համակցությունը ինտեգրող և դիֆերենցող շղթաների հետ օգտագործվում է միլիմետրի հարյուրերորդ մասերից մինչև մի քանի միլիմետր տեղափոխություն և արագացում չափելու համար:

Վերափոխիչի ելքային էլ. շ. ու. ինտեգրելու դեպքում, ինտեգրող սարքի ելքում կստացվի լարում՝

$$u = \int \text{edt} = \int S \frac{dX_{\text{սուս}}}{dt} \cdot dt = S X_{\text{սուս}},$$

որը ուղիղ համեմատական է $X_{\text{սուս}}$ -ին:

Վերափոխիչի ելքի վրա դրված դիֆերենցող սարքի տված լարումը ուղիղ համեմատական է վերափոխիչի ելքային լարման ածանցյալին, այսինքն անկյունային արագացմանը (կամ գծային) կամ ուժերի երկրորդ կարգի ածանցյալին:

Շնորհիվ այն բանի, որ ինդուկցիոն վերափոխիչի ելքային ազդանշանի մեծությունը բավականին մեծ է, կարելի է այդ մեծության չափման համար օգտագործել սովորական չափող գործիք, օրինակ, վոլտմետր:

Քննարկված վերափոխիչներն ունեն մեծ զգայունություն, որը հնարավորություն է տալիս չափել փոքր տեղափոխություններ, արագություններ, արագացումներ և ուրիշ մեծություններ, որոնք փոփոխվում են 15—30 կՀց հաճախությամբ:

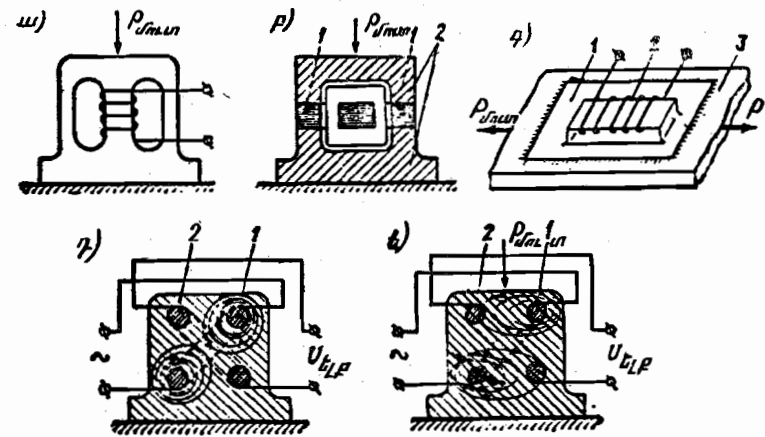
Հաստատուն մագնիսով և շարժական կոճով վերափոխիչների չափման սխալը կազմում է 0,2—0,5 %:

7.6. ՄԱԳՆԻՍԱՆՈԱԶԳԱԿԱՆ ՎԵՐԱՓՈՒՅՉՆԵՐ

Մագնիսառաձգական վերափոխիչը իրենից ներկայացնում է ֆերոմագնիսական փակ միջուկով ինդուկցիոն վերափոխիչի մի տարատեսակ: Վերափոխիչի էլեկտրական դիմադրությունը փոփոխվում է միջուկի մագնիսական թափանցելիության փոփոխման հետևանքով, որը առաջանում է միջուկի վրա մեխանիկական ուժերի ազդեցությունից: Նյութերի մագնիսական հատկությունների փոփոխման էֆեկտը մեխանիկական դեֆորմացիաների ազդեցության տակ, կոչվում է մագնիսառաձգական էֆեկտ: Գոյություն ունի նաև հակառակ երևույթը. մագնիսական դաշտ մտցված ֆերոմագնիսական նյութերը փոխում են իրենց չափերը, այսինքն դեֆորմացվում են: Այս երևույթը ընդունված է ան-

վանել մագնիսառաձգիցիայի էֆեկտ (օգտագործվում է ուլտրաձայնային տատանումների գրգռիչներում):

Դիտարկենք այդպիսի վերափոխիչներից մի քանիսը (նկ. 7-22).



Նկ. 7-22. Մագնիսառաձգական վերափոխիչների տեսակները

ա) երկայնակի սեղմման վերափոխիչները (նկ. 7-22, ա) պատրաստում են հոծ նյութերից, իսկ հազվադեպ՝ թերթավոր նյութերից. բ) լայնական սեղմման վերափոխիչները պատրաստում են թերթավոր էլեկտրատեխնիկական պողպատից կամ պերմալոյի տիպի նիկելային համաձուլվածքից (նկ. 7-22, բ): Այդ դեպքում միջուկը (1) տեղավորում են հատուկ շրջանակում (2), որը ծառայում է միջուկի վրա լարման փոխանցման համար. գ) դեֆորմացիայի չափման համար կիրառվող վերափոխիչները (նկ. 7-22, գ) իրենցից ներկայացնում են ուռուցիկ (2) դրոշմվածքով բարակ պերմալոյից պատրաստված թիթեղ, որը սոսընձվում է հետադուրս դետալի վրա: Վերափոխիչի մագնիսալարերը, որոնք բաղկացած են (1 և 2) մասերից, դեֆորմացիայի ենթարկվելով փոխում են իրենց մագնիսական դիմադրությունը. դ) փոխիմդուկցիոն մագնիսառաձգական վերափոխիչի (նկ. 7-22, դ) աշխատանքը հիմնված է ֆերոմագնիսական նյութերի անիզոտրոպ հատկությունների երևույթների վրա՝ նրանց դեֆորմացիայի դեպքում: Դեֆորմացիայի բացակայության դեպքում ($P=0$) մագնիսացված կոճի (1) մագնիսական հոսքը միջուկի իզոտրոպ հատկության շնորհիվ գործնականորեն չի շղթայակցվում չափվող կոճի (2) հետ, որի հետևանքով նրանում ստեղծվող է. շ. ու. -ն հավասար է զրոյի. ե) միջուկի սեղմումը հանգեցնում է այն բանին (նկ. 7-22, ե), որ $P_{\text{սուս}}$ ազդող ուժին ուղղահայաց հարթության մեջ մի-

խառնատեսի կոմ ինչ որ տեսի շվե խառնատեսից տեսի փոփոխական
-ում դիտարկվող լույսի արագության փոփոխությունը համարժեք է լույսի արագության
դիտարկման արագության փոփոխությանը, որի հետևանքով փոփոխվում է լույսի արագության
փոփոխությունը: Ենթադրելով, որ լույսի արագությունը փոփոխվում է լույսի արագության
փոփոխության համեմատականորեն, ապա կարելի է գրել հետևյալը.

$$\frac{S_z}{S_0} = \frac{s}{s_0} = \frac{d}{dz} = S_p$$

Ենթադրելով, որ լույսի արագությունը փոփոխվում է լույսի արագության
փոփոխության համեմատականորեն, ապա կարելի է գրել հետևյալը.

$$S_z = \frac{S_0}{S_p} = \frac{S_0}{\frac{d}{dz}} = \frac{S_0}{S_p} = \frac{S_0}{S_p}$$

Ենթադրելով, որ լույսի արագությունը փոփոխվում է լույսի արագության
փոփոխության համեմատականորեն, ապա կարելի է գրել հետևյալը.

$$S_z = S_0 = \frac{1}{S_p} = \frac{1}{S_p}$$

Ենթադրելով, որ լույսի արագությունը փոփոխվում է լույսի արագության
փոփոխության համեմատականորեն, ապա կարելի է գրել հետևյալը.

$$S_z = \frac{1}{S_p} = \frac{1}{S_p}$$

Ենթադրելով, որ լույսի արագությունը փոփոխվում է լույսի արագության
փոփոխության համեմատականորեն, ապա կարելի է գրել հետևյալը.

$$S_z = \frac{1}{S_p} = \frac{1}{S_p}$$

$$S_z = \frac{1}{S_p} = \frac{1}{S_p}$$

Ենթադրելով, որ լույսի արագությունը փոփոխվում է լույսի արագության
փոփոխության համեմատականորեն, ապա կարելի է գրել հետևյալը.

$$\left\{ \frac{1}{1} \cdot \frac{1}{\Delta t} - \frac{s}{\Delta s} + \frac{v}{\Delta v} \right\} = \frac{1}{\Delta t}$$

Ենթադրելով, որ լույսի արագությունը փոփոխվում է լույսի արագության
փոփոխության համեմատականորեն, ապա կարելի է գրել հետևյալը.

$$\left\{ \frac{1}{1} \cdot \frac{1}{\Delta t} - \frac{s}{\Delta s} + \frac{v}{\Delta v} \right\} = \frac{1}{\Delta t}$$

Ենթադրելով, որ լույսի արագությունը փոփոխվում է լույսի արագության
փոփոխության համեմատականորեն, ապա կարելի է գրել հետևյալը.

$$\frac{1}{\Delta t} = \frac{1}{\Delta t} + \frac{s}{\Delta s} + \frac{v}{\Delta v}$$

Ենթադրելով, որ լույսի արագությունը փոփոխվում է լույսի արագության
փոփոխության համեմատականորեն, ապա կարելի է գրել հետևյալը.

$$\left(\frac{1}{\Delta t} \right) = \frac{1}{\Delta t}$$

Ենթադրելով, որ լույսի արագությունը փոփոխվում է լույսի արագության
փոփոխության համեմատականորեն, ապա կարելի է գրել հետևյալը.

$$L = W^2/R^2 = W^2/R^2$$

Ենթադրելով, որ լույսի արագությունը փոփոխվում է լույսի արագության
փոփոխության համեմատականորեն, ապա կարելի է գրել հետևյալը.

ՆԱԳՆԱՍԵՓԱՍԿՏՈՂ

Ենթադրելով, որ լույսի արագությունը փոփոխվում է լույսի արագության
փոփոխության համեմատականորեն, ապա կարելի է գրել հետևյալը.

մագնիսաառաձգական վերափոխիչները մեծամասամբ պատրաստում են հոծ պողպատից:

Մագնիսաառաձգական վերափոխիչների չափիչ շղթաները նույնն են, ինչ ինդուկտիվ և փոխինդուկտիվ վերափոխիչների համար:

7-8. ՄԱԳՆԻՍԱԱՌԱՋԳԱԿԱՆ ՎԵՐԱՓՈԽԻՉՆԵՐԻ ԶԱՓՄԱՆ ՍԽԱԼԸ

Մագնիսաառաձգական հիստերեզիսի հետևանքով ստացվող սխալը պայմանավորված է վերափոխիչի մագնիսացման անարդյունավետությամբ՝ նրա բեռնավորման և բեռնաթափման դեպքում: $\Delta\mu/\mu = f(P)$ նշանակության տարբերությունը բեռնավորման և բեռնաթափման առաջին ցիկլի դեպքում կազմում է մինչև 10 % և ավելին, իսկ բազմակի բեռնավորումից և բեռնաթափումից հետո իջնում է մինչև 1 % և այդպես մնում է հետագա ցիկլերի ժամանակ: Այդ պատճառով էլ վերափոխիչը «մարդում» են անվանական բեռնավորման դեպքում: Փորձերը ցույց են տվել, որ միջուկում մեխանիկական լարումները պետք է լինեն նյութի առաձգականության սահմանից 6—7 անգամ փոքր: Վերափոխիչի միջուկի մագնիսական բնութագիրը կայունացնելու համար խորհուրդ է տրվում վերափոխիչի «բնական հնացում» նրա պատրաստելուց հետո մի քանի ամսվա ընթացքում:

Մագնիսացնող հոսանքի տատանումներից առաջացող սխալը պայմանավորված է մագնիսաառաձգականի զգայունությամբ և միջուկի մագնիսական թափանցելիության փոփոխմամբ: Այդ սխալը փոքրացնելու համար ընտրում են հոսանքի այնպիսի արժեք, որի դեպքում միջուկը կաշխատի մագնիսական դաշտի այնպիսի լարվածությամբ, որը համապատասխանում է մագնիսական առավելագույն թափանցելիությանը: Այդ դեպքում, երբ սնման աղբյուրի լարման տատանումը 1 % է, սխալի չափը չի գերազանցում 0,3—0,4 %-ը:

Փաթույթի ակտիվ դիմադրության մագնիսական թափանցելիության և մագնիսաառաձգական զգայունության փոփոխման հետևանքով կարող է առաջանալ ջերմային սխալ: Ակտիվ դիմադրությունը համեմատած վերափոխիչի լրիվ դիմադրության հետ շատ փոքր է և գործնականում կարելի է արհամարհել: Մագնիսական թափանցելիության փոփոխությունը ջերմաստիճանի ազդեցության տակ կարող է լինել ինչպես դրական, այնպես էլ բացասական, կախված նյութի տեսակից և միջուկում մագնիսական դաշտի լարվածության արժեքից: Ջերմային սխալը 10° C ջերմաստիճանում գտնվում է 0,5—1,5 % սահմաններում:

Մագնիսաառաձգական վերափոխիչները օգտագործում են մեծ ուժեր (10⁵—10⁶ Ն) և ճնշումներ չափելու համար շահագործման դժվար

պայմաններում: Չնայած մագնիսաառաձգական վերափոխիչների համեմատաբար ցածր ճշտությանը (3—5 %), շնորհիվ նրանց կառուցվածքի պարզության և բարձր հուսալիության, նրանք օգտագործվում են դաշտային պայմաններում գործող մեխանիզմների ուժերը, գայլիկոնիչ մեքենաների պատող մոմենտները և ճնշումները, մետաղների մշակման դեպքում կտրող ուժերը չափելու համար:

7-9. ՈՒՆԱԿԱՅԻՆ ՎԵՐԱՓՈԽԻՉՆԵՐ

Ունակային վերափոխիչները պարամետրական տիպի վերափոխիչներ են, որոնցում հսկող մեծության փոփոխությունն առաջ է բերում վերափոխիչի ունակային դիմադրության փոփոխություն: Ինչպես հայտնի է, կոնդենսատորի ունակությունը կախված է շրջադիրների ձևից և երկրաչափական չափերից, շրջադիրների միջև եղած հեռավորությունից:

Որևէ ոչ էլեկտրական մեծության փոփոխությունը հսկելու համար օգտագործվող վերափոխիչում կարող է փոխվել նշված պարամետրերից որևէ մեկը:

Ունակային վերափոխիչը հարթ կոնդենսատոր է, որը կազմված է երկու կամ ավելի թիթեղներից, որոնց միջև տեղադրվում է դիէլեկտրիկ:

Հարթ զուգահեռ կոնդենսատորի ունակությունը հավասար է.

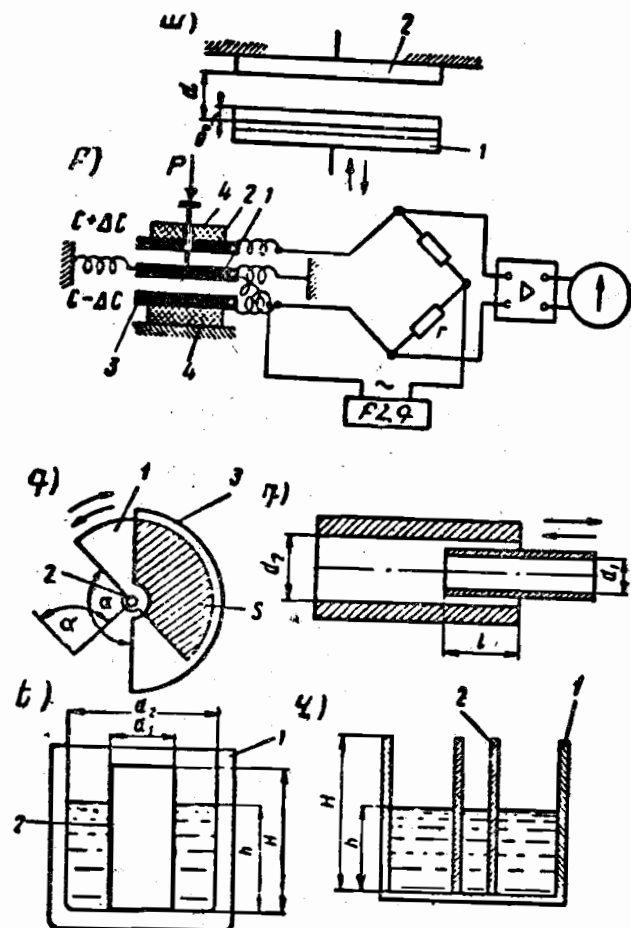
$$C = 0,89 \frac{\epsilon S}{d}, \text{ պֆ}, \quad (7-36)$$

որտեղ ϵ -ը շրջադիրների միջև եղած միջավայրի դիէլեկտրիկ թափանցելիությունն է, $\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$, $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ ֆ/մ-ը՝ բացարձակ դիէլեկտրիկ թափանցելիությունը վակուումում, ϵ_r -ը՝ շրջադիրների միջև եղած հարաբերական դիէլեկտրիկ թափանցելիությունը (օդի համար $\epsilon_r = 1$, հետևաբար $\epsilon = \epsilon_0$ -ի), S -ը՝ երկու թիթեղների փոխածածկի մակերեսն է: (7-36) բանաձևից երևում է, որ ունակության փոփոխում կարելի է ստանալ փոփոխելով շրջադիրների փոխածածկի S մակերեսը, ϵ դիէլեկտրիկ թափանցելիությունը և d շրջադիրների միջև հեռավորությունը: Այսպիսով, կարելի է նշված բանաձևի մեջ մտնող մեծություններից յուրաքանչյուր մեծությունը ընդունել որպես մուտքային (մյուս մեծությունները հաստատուն են մնում) և ելքում ստանալ փոփոխական ունակություն ունեցող վերափոխիչի համապատասխան տեսակ:

Որոշ դեպքերում աշխատանքային շրջադիրներից մեկի դերը կարող է կատարել հսկվող սարքի որևէ մասը, օրինակ, թաղանթը (մեմբրան), շարժական մասի իրանը, փոխակրիչի ժապավենի վրա տեղադրված նյութը, օբյեկտին մոտեցող մարդու մարմինը և այլն:

7-10. ՈՒՆԱԿԱՅԻՆ ՎԵՐԱԳՈՒԽԻՉՆԵՐԻ ՀԻՄՆԱԿԱՆ ՏԵՍԱԿՆԵՐԸ

Ունակային վերափոխիչները բաղմաղան են, մենք այստեղ կքըննարկենք դրանցից մի քանիսը (նկ. 7-23, ա, բ, գ, դ, ե, զ):



Նկ. 7-23. Ունակային վերափոխիչների տեսակները

1. Հարթ կոնդենստորային վերափոխիչ, որը կազմված է երկու զուգահեռ թիթեղներից (նկ. 7-23, ա):

Այս վերափոխիչներում, եթե շարժական 1-ին թիթեղը ամրացվի շափման օբյեկտին, իսկ 2-րդը՝ թողնվի անշարժ, ապա կոնդենսատորի ունակությունը կփոփոխվի՝ կախված թիթեղների միջև եղած d հեռավորությունից: Սրանք օգտագործվում են շատ փոքր՝ մինչև 1 մմ

տեղաշարժեր չափելու համար (ունակային միկրոմետր): Այս վերափոխիչում փոփոխական մեծությունը թիթեղների միջև եղած հեռավորությունն է: Ունակության կախվածությունը տեղաշարժի δ չափից արտահայտվում է հետևյալ կերպ՝

$$C = \frac{0,89 \epsilon_r S}{d - \delta}, \text{ պՖ.} \quad (7-37)$$

որտեղ δ -ն տեղաշարժն է, այսինքն թիթեղների միջև եղած բացակի փոփոխության չափը, մմ,

d -ն՝ թիթեղների միջև եղած հեռավորությունը, երբ $\delta = 0$, S -ը՝ թիթեղի մակերեսը, սմ²,

ϵ_r -ն՝ թիթեղի միջև եղած միջավայրի հարաբերական դիէլեկտրիկ թափանցելիությունը:

Եթե ընդունենք, որ թիթեղների միջև օդ կա, այսինքն՝ $\epsilon_r = 1$, ապա (7-37) արտահայտությունը կստանա հետևյալ տեսքը.

$$C = 0,89 \text{ S}/(d - \delta):$$

Վերափոխիչի զգայունությունը որոշվում է հսկվող ոչ էլեկտրական մեծության միավոր փոփոխությանը համապատասխանող ունակության չափով: Զգայունությունը որոշում են ունակության համար գրված արտահայտությունն ըստ փոփոխական ոչ էլեկտրական մեծության (ըստ տեղաշարժի, պտտման անկյան, մակարդակի բարձրության և այլն) ածանցելով: Ուստի հարթ կոնդենստորային վերափոխիչի զգայունության համար կարելի է գրել.

$$S_{\text{զ.}} = \frac{dC}{d\delta} = 0,895 \frac{S_{\text{ա.}}}{(d - \delta)^2} \quad \text{կամ} \quad S_{\text{զ.}} = \frac{S \cdot 0,89}{(d - \delta)^2}, \text{ պՖ/մմ.}$$

2. Բացակի փոփոխումով վերափոխիչ (նկ. 7-23, բ): Ունակային վերափոխիչի ճշտությունը և զգայունությունը բարձրացնելու նպատակով, ինչպես նաև մեխանիկական ուժերի ազդեցությունը փոքրացնելու համար, վերափոխիչը պատրաստում են դիֆերենցիալ ձևով և նրա առանձին ունակությունները միացնում են կամրջակային սխեմայի տարրեր թևերում: Այսպիսի վերափոխիչը հնարավորություն է տալիս չափել տեղաշարժի ոչ միայն մեծությունը, այլև ուղղությունը:

Դիֆերենցիալ վերափոխիչն ունի կենտրոնական (1) շրջադիրը, որի վրա ազդում է P հսկվող մեծությունը: Շրջադիրը (1) ամրացված է առաձգական փոքր կոշտություն ունեցող կախուցի վրա և կարող է արտաքին ուժի ազդեցության տակ ինքն իրեն զուգահեռ տեղափոխվել: Մյուս երկու շրջադիրները (2 և 3) իրարից մեկուսացված են հատուկ (4) ներդիրներով: Մեխանիկական P ուժի ազդեցության բացակայու-

թյան դեպքում շրջադիրը (1) գրավում է սիմետրիկ դիրք, որի դեպքում կոնդենսատորի երկու մասերի C_{1-3} և C_{1-4} ունակությունները լինում են նույնը և հավասար C -ի: Չափվող ոչ էլեկտրական (մեխանիկական) մեծություն P ուժի ազդեցության հետևանքով շրջադիրը (1) տեղաշարժվում է, և վերափոխիչի վերևի ու ներքևի մասերի ունակություններն աճում են տարբեր նշաններով՝ $C_{1-3}=C+\Delta C$ և $C_{1-4}=C-\Delta C$: Այդ ունակությունները միացվում են կամրջակային սխեմային, որի շնորհիվ սխեմայի զգայունությունը երկու անգամ մեծանում է: Շրջադիրների զույգի վրա ազդող ուժերը ուղղված են հակադիր և իրար փոխկոմպենսացնում են: Բացակի մեծացումը կամ փոքրացումը բերում է շրջադիրների միջև լարման համեմատական փոքրացման կամ մեծացման, իսկ դրանց միջև գործող ուժը մնում է անփոփոխ, այսինքն անկախ տեղաշարժից ուժերի հարաբերությունը լինում է հավասար զրոյի:

Չափիչ կամրջակը սնվում է բարձր հաճախության (10^4 — 10^5 Հց) գեներատորից (ԲՀԳ): Շարժական շրջադիրի դիրքի փոփոխության դեպքում կամրջակի հավասարակշռությունը խախտվում է, մեծանում կամ փոքրանում անկյունագծի լարումը, որը ուժեղացվում է ուժեղացուցիչով: Ոչ էլեկտրական մեծություն փոփոխությունը գրանցվում է ուժեղացուցիչի ելքում միացված սարքով:

Վերափոխիչի ունակության հաշվարկը կարելի է կատարել հարթ զուգահեռ կոնդենսատորի համար գրված բանաձևով:

3. Անկյունային տեղաշարժերի վերափոխիչ (նկ. 7-23, գ): Այս տիպի վերափոխիչները նախատեսված են աննշան անկյունային տեղաշարժեր հսկելու (հեռուստամեխանիկայում) և սլաքային չափիչ սարքերի ցուցումները հեռավորության վրա հաղորդելու համար:

Շարժական շրջադիրը (1) (թիթեղը) կոշտ ամրացված է լինեռին (2) և կարող է հեշտությամբ պտտվել անշարժ (3) շրջադիրի նկատմամբ այնպես, որ թիթեղների միջև հեռավորությունը մնա անփոփոխ: Վերափոխիչի աշխատանքային մակերեսը (գծանշված է) կախված է շրջադիրի (1) պտույտի α անկյունից: Որպես այսպիսի վերափոխիչի օրինակ կարող է ծառայել ռադիոտեխնիկայում օգտագործվող փոփոխական ունակությամբ օդային կոնդենսատորը:

Վերափոխիչի ունակության կախվածությունը շարժական և անշարժ շրջադիրների փոխադարձ դիրքից՝ արտահայտվում է հետևյալ կերպ՝

$$C = \frac{0,89 S_{\text{փ.ա}} (n-1)}{d},$$

որտեղ $S_{\text{փ.ա}}$ -ն շարժական և անշարժ թիթեղների փոխածակի մակերեսն է, երբ $\alpha=0$ -ի, սմ²,

n -ը՝ շարժական և անշարժ թիթեղների քանակը:

Եթե թիթեղները կիսաշրջանաձև են (նկ. 7-23, գ), իսկ շարժական թիթեղների պտտման առանցքը գտնվում է նրանց կենտրոնում, ապա վերափոխիչի ունակության կախվածությունը պտույտի α անկյունից կլինի՝

$$C = \frac{0,89 S_{\text{ա.}} (n-1) \alpha}{d \cdot 180}, \quad (7-38)$$

որտեղ α -ն անշարժ թիթեղի նկատմամբ շարժական թիթեղի պտտման թիթեղները լրիվ ներս են մտցված), սմ²:

$S_{\text{ա.}}$ -ը՝ թիթեղների փոխածակի մակերեսը, երբ $\alpha=180^\circ$ (շարժական թիթեղները լրիվ ներս են մտցված) սմ²:

Դիֆերենցելով (7-38) արտահայտությունը, կստանանք քննարկվող վերափոխիչի զգայունությունը.

$$S_d = \frac{0,89 S_{\text{ա.}} (n-1)}{d \cdot 180}, \quad \text{պՖ/1}^\circ, \quad (7-39)$$

4. Տեղաշարժերի չափման համար օգտագործվող վերափոխիչ (նկ. 7-23, դ):

Վերափոխիչի ունակությունը ներքին գլանի առանցքային տեղաշարժերից կախված է հետևյալ կերպ՝

$$C = \frac{l_e}{2 \ln (d_2/d_1)}, \quad (7-40)$$

որտեղ l -ը կոնդենսատորի շրջադիրների փոխածակվող մասերի երկարությունն է, սմ,

d_2 -ը, d_1 -ը՝ համապատասխանաբար արտաքին և ներքին շրջադիրների տրամագծերը, մմ,

ε -ը՝ միջավայրի դիէլեկտրիկ թափանցելիությունը:

Այսպիսի վերափոխիչի զգայունությունը որոշվում է (7-40) արտահայտությունը ըստ l երկարության դիֆերենցելով.

$$S_{d,e} = \varepsilon \left[2 \ln \frac{d_2}{d_1} \right], \quad \text{պՖ/սմ}, \quad (7-41)$$

Վերափոխիչի առավելությունն այն է, որ մյուս տեսակի վերափոխիչների համեմատությամբ ավելի փոքր չափերի դեպքում կարելի է ստանալ ունակությունների մեծ փոփոխություն:

5. Հեղուկի մակադակի չափման համար օգտագործվող վերափոխիչներ (նկ. 7-23, ե, գ): Այս վերափոխիչներով կարելի է չափել ոչ էլեկտրահաղորդիչ հեղուկների (նավթ, բենզին, յուղ և այլն) մակարդակները, ըստ որում որպես վերափոխիչ կարող է ծառայել հեղուկի մեջ
17*

տեղադրված գլանային (նկ. 7-23, ե) կամ հարթ (նկ. 7-23, գ) կոնդենսատորը:

Նկ. 7-23, ե-ում ցույց է տրված ունակային վերափոխիչը՝ պատ-
րաստված գլանային կոնդենսատորի տեսքով, որը կազմված է մետաղ-
յա (1) խողովակից (բաքից) և հեղուկի մեջ ընկղմված մետաղյա (2)
ձողից: Կախված հեղուկի մակարդակի բարձրությունից, փոփոխվում է
վերափոխիչի ունակությունը: Կոնդենսատորի ընդհանուր ունակությունը
խրենից ներկայացնում է երկու զուգահեռ միացված կոնդենսատորների
ունակություն (հեղուկի մեջ ընկղմված մասի ունակությունը զուգահեռ
է միացված ընկղմված մասի ունակության հետ):

$$C = C_1 + C_2, \quad (7-42)$$

որտեղ C_1 -ը հեղուկով լցված ներքին մասի ունակությունն է, որի h մա-
կարդակը փոփոխվում է,

C_2 -ը՝ օդով լցված ($H-h$) բարձրությամբ վերևի մասի ունակու-
թյունը:

Քանի որ հեղուկ միջավայրի դիէլեկտրիկ թափանցելիությունը զգա-
լիորեն ավելի մեծ է օդի թափանցելիությունից՝ $\epsilon = 1$, ապա նման վե-
րափոխիչի ունակությունը մակարդակի փոփոխությունից կախված փո-
փոխվում է շատ կտրուկ և լայն սահմաններում: Դիտարկենք նկ. 7-23,
գ-ում պատկերված ունակային վառելիքաշափը, որտեղ 1-ը հեղուկա-
մանն է (ռեզերվուար), իսկ 2-ը՝ Կոնդենսատորի էլեկտրոդները: Եթե H
բարձրությամբ հեղուկամանը հեղուկով լցված է մինչև h մակարդակը,
ապա վերափոխիչի ունակության համար (որպես հարթ կոնդենսատոր)
կարելի է գրել [(7-42) հավասարման համաձայն]՝

$$C_1 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r b h}{d}, \quad (7-43)$$

$$C_2 = \frac{\epsilon_0 b (H - h)}{d}, \quad (7-44)$$

որտեղ ϵ_0 -ն վակուումի բացարձակ դիէլեկտրիկ թափանցելիությունն է
($\epsilon_0 = 8,86 \cdot 10^{-12}$ Գ/մ = $8,9 \cdot 10^{-3}$ պԳ/մ),

ϵ_r -ը՝ հեղուկի հարաբերական դիէլեկտրիկ թափանցելիությունը,
 d -ն՝ թիթեղների միջև եղած հեռավորությունը,

b -ն՝ թիթեղի լայնությունը:

Տեղադրելով (7-43)-ը և (7-44)-ը (7-42)-ի մեջ, ընդհանուր ունա-
կության համար կստանանք՝

$$C = \frac{b}{d} \epsilon_0 H + \frac{b h}{d} (\epsilon_0 \epsilon_r - \epsilon_0), \quad (7-45)$$

Գլանային կոնդենսատորի դեպքում վերափոխիչի ունակությունը
կլինի՝

$$C = \frac{1}{2 \ln(d_2/d_1)} [H + (\epsilon_r - 1)h], \quad (7-46)$$

որտեղ H -ը վերափոխիչի էլեկտրոդի բարձրությունն է, սմ,

h -ը՝ չափվող մակարդակի բարձրությունը, սմ,

ϵ_r -ը՝ տվյալ հեղուկի դիէլեկտրիկ թափանցելիությունը:

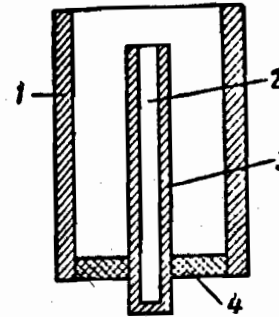
Վերափոխիչի զգայունությունը որոշելու համար կարելի է (7-46) ար-
տահայտությունը ածանցել ըստ մակարդակի բարձրության.

$$S_{\text{զգ}} = \frac{1}{2 \ln(d_2/d_1)} (\epsilon_r - 1), \quad (7-47)$$

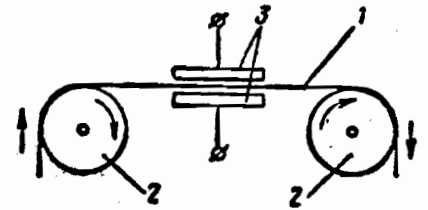
(7-45) և (7-46) հավասարումներից երևում է, որ կոնդենսատորի
չափվող ունակությունը կախվածություն մեջ է գտնվում h բարձրությու-
նից:

(7-39), (7-41) և (7-47) արտահայտություններից հետևում է, որ վե-
րափոխիչի զգայունությունը չափման ամբողջ միջակայքում մնում է
հաստատուն:

Գոյություն ունեն այնպիսի ունակային վառելիքաշափեր, որոնք
չափում են էլեկտրահաղորդիչ հեղուկների մակարդակները (նկ. 7-24):



Նկ. 7-24. էլեկտրահաղորդիչ լուծույթի
յուկարդակը չափող ունակային
վերափոխիչ



Նկ. 7-25. Նյութի հաստությունը չա-
փող ունակային վերափոխիչ

Կենտրոնական (2) ձողը (ներքին գլան) պատված է էլեկտրամե-
կուսիչ բարակ (3) շերտով: Ներքին գլանը տեղադրված է արտաքին (1)
գլանում (խողովակում), որից մեկուսացված է մեկուսիչ (4) շերտով:
Նման վերափոխիչով հեղուկային ունակով շարժիչներում կարելի է
չափել քիմիապես ակտիվ հեղուկների (օրինակ, թթուների) մակար-
դակները:

Դիէլեկտրիկ նյութի (օրինակ, ցելյուլոզի) հաստության չափման
համար վերափոխիչը (նկ. 7-25) աշխատում է հետևյալ կերպ. հսկվող

նյութը (1) հոլովակների (2) միջոցով ձգվում է կոնդենսատորի շրջադիրների (3) արանքով, առանց դրանց հետ շփվելու: Այս վերափոխիչը սկզբունքորեն երկշերտ դիէլեկտրիկով հարթ զուգահեռ կոնդենսատոր է:

Եթե շրջադիրների միջև եղած բացակի մեծությունը նշանակենք d -ով (մմ), դիէլեկտրիկի ժապավենի հաստությունը՝ Δ -ով (մմ), իսկ ժապավենի դիէլեկտրիկ թափանցելիությունը՝ $\epsilon_{\text{ջապ}}$ -ով, ապա վերափոխիչի ունակությունը կլինի՝

$$C = 0,89 \frac{S}{d - [1 - (1/\epsilon_{\text{ջապ}})] \Delta},$$

որտեղ S -ը շրջադիրների մակերեսն է, սմ²:

Վերափոխիչի զգայունությունը կլինի՝

$$S_{\text{զր}} = 0,89 \frac{S [1 - (1/\epsilon_{\text{ջապ}})]}{\{d - [1 - (1/\epsilon_{\text{ջապ}})] \Delta\}^2},$$

7-11. ՈՒՆԱԿԱՅԻՆ ՎԵՐԱՓՈԽԻՉՆԵՐԻ ԱՌԱՎԵԼՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ ԵՎ ԹԵՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

Ունակային վերափոխիչների առավելությունները հետևյալն են՝

1. Բարձր զգայունությունը, որի շնորհիվ կիրառվում են արագ փոփոխվող պարամետրերի՝ ճնշման, թրթռոցի, արագացման, հեղուկի մակարդակի, խառնուրդի բաղադրության, փոքր սեփական մոմենտ ունեցող առաջնային չափիչների տեղաշարժերի և այլնի չափման համար:

2. Ունեն փոքր կշիռ և չափեր:

3. Շրջադիրների միջև գործող և էլեկտրական դաշտով պայմանավորված փոխազդեցության ուժերը շատ փոքր են, որոնք որոշ դեպքերում կարելի է արհամարհել:

4. Տարբեր խնդիրների պահանջներին համապատասխան կոնդենսատորի ձևի փոփոխման պարզության հանգամանքը թույլ է տալիս մեկ չափիչ սխեմայով կատարել տարբեր ոչ էլեկտրական մեծությունների չափում:

Թերությունները հետևյալն են՝

1. Ունեն ելքային ազդանշանի ուժեղացման անհրաժեշտություն (ելքում լարման ուժեղացուցիչի առկայությունը):

2. Կողմնակի էլեկտրական դաշտից և պարազիտային ունակություններից էկրանավորման անհրաժեշտությունը:

3. Բարձր հաճախության (1 կՀց-ից մինչև տասնյակ մեգահերցեր) լարման աղբյուրի օգտագործման անհրաժեշտությունը:

Ցածր հաճախությունների դեպքում վերափոխիչի $X_c = 1/\omega C$ ունակությամբ դիմադրությունը շատ մեծ է լինում, և այս հանգամանքը թույլ չի տալիս վերափոխիչը օգտագործել չափման նպատակներով: Օրինակ, եթե 100-ից մինչև 200 պՖ ունակությամբ վերափոխիչը միացվի $f = 50$ Հց հաճախության ցանցին, ապա դրա ունակային դիմադրությունը կկազմի.

$$X_{c1} = \frac{1}{2\pi f C_1} = \frac{1 \cdot 10^{12}}{6,28 \cdot 50 \cdot 100} \approx 31 \cdot 10^8 \text{ Օհմ} \quad \text{կամ}$$

$$X_{c2} = \frac{1}{2\pi f C_2} = \frac{1 \cdot 10^{12}}{6,28 \cdot 50 \cdot 200} \approx 15 \cdot 10^8 \text{ Օհմ:}$$

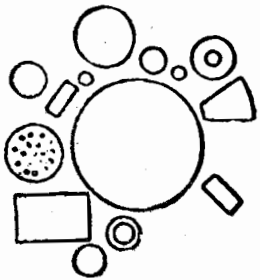
Ստացված հաշվարկային մեծությունները ցույց են տալիս, որ X_c ունակությունն ունի մի քանի տասնյակ պիկոֆարադների կարգի մեծություն, այսինքն արդյունաբերական հաճախության դեպքում ունակային դիմադրություն իր մեծությամբ համաչափելի է մեկուսացման դիմադրության հետ: Ունակային դիմադրության այսպիսի մեծության ժամանակ սխեմայի աշխատանքի վրա, որտեղ միացված է վերափոխիչը, կազդեն հոսանքակորուստները և մակածված հոսանքները (խանգարումների ազդանշանները դառնում են համաչափելի ունակային վերափոխիչի աշխատանքային ազդանշանին): Ունակային դիմադրության փոքրացման համար անհրաժեշտ է մեծացնել կոնդենսատորի ունակությունը և սնման աղբյուրի հաճախությունը: Հոսանքակորուստների և մակածված հոսանքների ազդեցությունը փոքրացնելու համար կիրառում են էկրանացված հաղորդալարեր (կրկնակի էկրանով կաբելներ):

Տարբեր, ոչ էլեկտրական մեծությունների չափումների ժամանակ կարող են առաջանալ սխալներ, որոնք պայմանավորված են ջերմաստիճանի և խոնավության ազդեցությամբ: Ջերմաստիճանից կախված կարող են փոփոխվել վերափոխիչի երկրաչափական չափերը, ինչպես նաև դիէլեկտրիկ թափանցելիությունը (պինդ և հեղուկ դիէլեկտրիկներով վերափոխիչներում): Այդ սխալները կարող են հասցվել նվազագույնի՝ վերափոխիչի կառուցվածքի համապատասխան ընտրումով (դետալների երկրաչափական չափերի ճիշտ ընտրում), հաշվի առնելով դրանց ջերմաստիճանային ընդարձակման գործակիցները: Ջերմաստիճանային սխալը զգալիորեն փոքրանում է, երբ կիրառվում է դիֆերենցիալ չափիչ սխեմա:

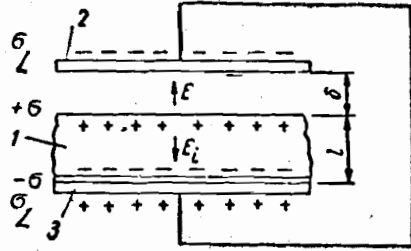
Վերափոխիչի կոնստրուկցիան ընտրելիս անհրաժեշտ է ուշադրություն դարձնել թիթեղների միջև եղած նվազագույն հեռավորության վրա, որպեսզի կոնդենսատորի էլեկտրական ծավում տեղի չունենա: Օդային տարածության նվազագույն չափը ընդունում են հավասար 30 մկմ-ի: Սնման լարումը կարելի է զգալի մեծացնել, եթե կոնդենսատորի շրջադիրների միջև տեղադրվի բարակ փայլարե թիթեղ:

7-12. ԷԼԵԿՏՐՈՆԱԳԻՆ ՎԵՐԱՓՈԽԻՉՆԵՐԸ ԵՎ ՆՐԱՆՑ ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ՍԿԶԵՈՒՆՔԸ

Էլեկտրոնային կոլդում է այն դիէկտրիկը, որը կրում է հաստատուն բեռականություն (չէլեկտրականացմամբ), այսինքն ունի հակառակ կողմերում տարբեր նշանների լիցքեր, որոնք պահպանվում են (հաստատուն մազնիսի նման) երկար ժամանակ: Լինում են թերմաէլեկտրոններ, ֆոտոէլեկտրոններ և էլեկտրաէլեկտրոններ: Թերմաէլեկտրոնները պատրաստում են ուժեղ էլեկտրական դաշտում դիէկտրիկների տաքացման և հերթականորեն սառեցման ճանապարհով, իսկ ֆոտոէլեկտրոններում տաքացումը փոխարինվում է լուսավորությամբ: Էլեկտրաէլեկտրոնները պատրաստում են առանց տաքացման և լուսավորման, օգտագործում են միայն էլեկտրական դաշտ: Էլեկտրոններն ունեն հարթ թիթեղների, սկավառակի, օղակի և ալլնի տեսք (նկ. 7-26):



Նկ. 7-26. Կերամիկական էլեկտրոնների ձևերը



Նկ. 7-27. Կարն փակված էլեկտրոնի սխեման

Էլեկտրոնային հաստությունը լինում է մի քանի միլիմետր, սկավառակի տրամագիծը մի քանի սանտիմետր: Էլեկտրոնի պատրաստման համար օգտագործում են բնական և սինթետիկ դիէկտրիկներ, օրինակ՝ ասֆալտ, էթոնիտ, մեղրամոմ, փայլար, նավթալին, ծծումբ, մազնիտի տիտանատ և այլն:

Էլեկտրոնների օգտագործումը որպես հաստատուն էլեկտրական դաշտի աղբյուր բնութագրվում է էլեկտրական լիցքի σ մակերևութային խտությամբ: Տարբեր էլեկտրոնների համար σ մեծությունը գտնվում է $0,1-10^{-5}$ կ/մ² սահմաններում:

Էլեկտրական դաշտի E լարվածությունը, որն առաջանում է 1 էլեկտրոնի կոլդից՝ տեղադրված 2 և 3 մետրական էլեկտրոդների միջև միացված հաղորդիչով (նկ. 7-27), որոշվում է հետևյալ հարաբերակցությամբ՝

$$E = \frac{Q}{\delta(C_0 + C_1)} = \frac{\sigma S}{\delta(C_0 + C_1)}, \quad (7-48)$$

որտեղ $Q = \sigma S$ -ը էլեկտրոնի լիցքն է, C_0 -ն՝ էլեկտրոնի սեփական ունակությունը, C_1 -ը՝ օղակին տարածքի ունակությունը, δ -ն՝ օղակին բացակի գոմարային երկարությունը:

Հաշվի առնելով, որ 1 հաստությամբ, S մակերեսով և նյութի ϵ դիէկտրիկ թափանցելիությամբ էլեկտրոնի ունակությունը հավասար է՝ $C_0 = \epsilon S/l$, իսկ օղակին տարածքի ունակությունը՝ $C_1 = \epsilon_0 S/\delta$, ապա (7-48) արտահայտությունը կարելի է բերել հետևյալ տեսքի՝

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0(1 + \epsilon\delta/\epsilon_0 l)}$$

Էլեկտրոնի մոտ գտնվող էլեկտրոդների վրա (նկ. 7-27) առաջանում է բերված լիցք, որի խտությունը σ_l հավասար է D էլեկտրական շեղման վեկտորի մեծությանը.

$$\sigma_l = D = \epsilon_0 E \frac{\sigma}{1 + \epsilon\delta/\epsilon_0 l}$$

Էլեկտրոնային վերափոխիչների աշխատանքի սկզբունքի հիմքում ընկած է այն, որ էլեկտրոդի տեղաշարժման ժամանակ առաջացած լիցքը նրա վրա կսկսի փոփոխվել, և արտաքին շղթայում կհոսի հոսանք

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{d(\sigma_l \cdot S)}{dt} = S \frac{d\sigma_l}{dt}$$

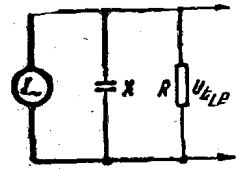
Եթե էլեկտրոդի և էլեկտրոնի միջև եղած հեռավորությունը փոփոխվի $\delta = \delta_0 + \Delta\delta \sin \omega t$ օրենքով, ապա այդ ժամանակ հոսանքը կլինի՝

$$i = S \frac{d \left(\frac{\sigma}{\epsilon_0 \cdot \frac{\delta}{l} + 1} \right)}{dt} = \sigma \cdot \frac{S}{l} \cdot \frac{\epsilon}{\epsilon_0} \cdot \frac{\Delta\delta \cos \omega t}{\left(\frac{\epsilon}{\epsilon_0} \cdot \frac{\delta}{l} + 1 \right)^2}$$

Իսկ հոսանքի ամպլիտուդը կլինի՝

$$I_m = \sigma \cdot \frac{S}{l} \cdot \frac{\epsilon}{\epsilon_0} \cdot \frac{\Delta\delta \omega}{\left(\frac{\epsilon}{\epsilon_0} \cdot \frac{\delta}{l} + 1 \right)^2}$$

էլեկտրետային վերափոխիչի համարժեք սխեման (նկ. 7.28) իրենից ներկայացնում է հոսանքի գններատոր, որտեղ R դիմադրությունը միացված է արտաքին շղթային, իսկ գններատորի ներքին X դիմադրությունը հավասար է.



կ. 7-28. էլեկտրետային վերափոխիչի համարժեք սխեման

$$X = \frac{1}{j\omega C} = \frac{1}{j\omega} \cdot \frac{C_0 C_1}{C_0 + C_1},$$

ինչպես երևում է համարժեք սխեմայից, վերափոխիչի ելքի լարումը կլինի՝

$$U_{k\phi} = \frac{I_m jX}{R + jX} \cdot R = \sigma \cdot \frac{S}{l} \cdot \frac{\delta}{\delta_0} \times \\ \times \frac{\frac{\Delta\delta}{\left(\frac{\delta}{\delta_0} \cdot \frac{\delta}{l} + 1\right)^2}}{j\omega R (1 + j\omega C R)},$$

7-18. ԷԼԵԿՏՐԵՏԱՅԻՆ ՎԵՐԱՓՈԽԻՉՆԵՐԻ ՕԳՏԱԳՈՐԾՈՒՄԸ

էլեկտրետային վերափոխիչները օգտագործում են երկու նպատակով.

1) Թրթռոցի պարամետրերի չափման համար. այդ դեպքում ելքի լարումը մյուս հաստատուն պարամետրերի դեպքում համեմատական կլինի շարժվող էլեկտրոդի տեղափոխման հարաբերական արագությանը՝ անշարժ էլեկտրոդի նկատմամբ: 2) Տարբեր մեծություններ չափելու համար, որոնք ազդում են էլեկտրետի σ և ε պարամետրերի վրա: Այդ դեպքում շարժվող էլեկտրոդը պետք է պարտադիր կերպով տատանվի ω հաստատուն հաճախությամբ և $\Delta\delta$ ամպլիտուդով, որի դեպքում ելքի լարման ամպլիտուդը համեմատական կլինի σ մեծությանը:

էլեկտրետի լիցքի խտությունը մեծ կախվածության մեջ է միջավայրի օդի խտությունից, հարաբերական խոնավությունից և ռադիոակտիվ ճառագայթման ակտիվությունից: Հետևաբար, էլեկտրետային վերափոխիչները կարող են օգտագործվել մթնոլորտային ճնշում, խոնավություն և ռադիոակտիվ ճառագայթում չափող սարքերում:

էլեկտրետային վերափոխիչների հիմնական թերությունը լիցքի անկայունությունն է՝ կախված ժամանակից:

7-14. ԶԵՐՄԱՅԻՆ ԴԻՄԱԴՐՈՒԹՅԱՆ ՎԵՐԱՓՈԽԻՉՆԵՐ

Ջերմադիմադրությունները ջերմաստիճանի փոփոխման դեպքում փոխում են իրենց էլեկտրական դիմադրությունը: Նրանք որպես չափիչ դիմադրություններ և զգայուն տարրեր լայն տարածում են գտել ջերմամետրերում տարբեր ոչ էլեկտրական մեծությունների չափման համար (ջերմաստիճան, արագություն, նյութի և օդի խտություն), բնութագրելով

միջավայրի զազային կամ հեղուկ վիճակը -250°C -ից մինչև 1000°C ջերմաստիճան:

Ջերմադիմադրությունները պատրաստում են ինչպես մետաղներից, այնպես էլ կիսահաղորդիչներից:

Մետաղական ջերմադիմադրությունները պատրաստում են մաքուր մետաղներից, օրինակ՝ պղնձից, պլատինից, երկաթից և նիկելից: Մեծ քանակությամբ մաքուր մետաղների էլեկտրական դիմադրությունը 1°C տաքացնելիս մեծանում է $0,4-0,6\%$ -ով: Ջերմադիմադրությունների պատրաստման համար ամենալայն տարածում են գտել պղնձը և պլատինը: Երկաթը և նիկելը ունեն մեծ տեսակարար դիմադրություն, նշանակալիորեն ավելի մեծ դիմադրության ջերմաստիճանային գործակիցը, քան այլ մետաղներ, սակայն նրանք նշանակալիորեն օքսիդանում են և, բացի դրանից, նրանց պատրաստումը մաքուր ձևով դժվար է, որն էլ բերում է նրանց պատրաստման ոչ բարձր արտադրողականությանը:

Ջերմադիմադրությունների պատրաստման համար մետաղների համաձուլվածք չի օգտագործվում: Դա բացատրվում է նրանով, որ երբ մետաղում ավելացվում է խառնուրդի աննշան քանակություն, խախտվում է բնութագրի կայունությունը և փոքրանում դիմադրության ջերմաստիճանային գործակիցը, որը բնութագրում է ջերմադիմադրության զգայունությունը ջերմաստիճանի փոփոխությունների նկատմամբ:

Ավտոմատիկայում ջերմաստիճանի հսկման և չափման համար լայն տարածում են գտել կիսահաղորդիչային ջերմադիմադրությունները (թերմիստորներ):

Նրանց պատրաստում են նիկելի, մարգանեցի, կոբալտի, մանգանի, տիտանի, ուրանի և այլ մետաղների օքսիդներից:

Ի տարբերություն մետաղական ջերմադիմադրությունների, թերմիստորներն ունեն մեծ չափեր, անվանական դիմադրությունների լայն տիրույթ, բարձր դիմադրության ջերմաստիճանային գործակից: Նրանք ավելի զգայուն են, համեմատաբար ավելի էժան և երկարակյաց: Սակայն, թերմիստորների օգտագործման դեպքում, նրանց ջերմաստիճանային բնութագրերի ոչ գծայնության պատճառով առաջանում են որոշակի դժվարություններ:

Չնայած կիրառության ընդհանրությանը, մետաղական և կիսահաղորդիչային ջերմադիմադրությունները ունեն տարբեր բնութագրեր, այդ իսկ պատճառով կքննարկվեն առանձին:

7-15. ՄԵՏԱՂԱԿԱՆ ԶԵՐՄԱԴԻՄԱԴՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

Ջերմադիմադրության որակը բնութագրվում է ջերմաստիճանի փոփոխության նկատմամբ նրա զգայունությամբ, և որոշվում դիմադրու-

թյան α շերմաստիճանային գործակցով, որն իրենից ներկայացնում է դիմադրության հարաբերական փոփոխությունը $\Delta R/R$, շերմաստիճանի միավոր փոփոխության դեպքում, այսինքն

$$\alpha = (\Delta R/R) / \Delta t;$$

Ջերմադիմադրությունների նյութերը պետք է ունենան մեծ և հաստատուն դիմադրության շերմաստիճանային գործակից, մեծ տեսակարար դիմադրություն, նրանց ֆիզիկական և քիմիական հատկությունները բարձր շերմաստիճանների դեպքում պետք է ունենան մեծ կայունություն:

Մետաղական շերմադիմադրությունների պատրաստման համար ամենալավ նյութը պլատինն է, որից պատրաստվում են ինչպես տեխնիկական, այնպես էլ նմուշային և էտալոնային վերափոխիչներ. սրանք կիրառելի են -200°C -ից մինչև 500°C չափումների համար:

Պղինձն ունի ոչ մեծ տեսակարար դիմադրություն և բարձր շերմաստիճանների դեպքում օքսիդանում է, այսինքն այն զիջում է պլատինին:

Մակայն պղինձը համեմատականորեն էժան է, այն քիմիապես մաքուր վիճակում ստանալը հեշտ է և բացի դրանից կարելի է պատրաստել ցանկացած տրամագծով հաղորդալարեր: Պղինձն շերմադիմադրությունները օգտագործվում են -50°C -ից մինչև $+150^\circ\text{C}$ շերմաստիճանի միջակայքում:

Ինչպես պղինձն, այնպես էլ պլատինն շերմադիմադրությունները թողարկվում են դիմադրության խիստ որոշակի արժեքներով, որն ապահովում է նրանց փոխադարձ փոխարինելիությունը:

Ջերմադիմադրությունների համար օգտագործվող որոշ մետաղների բնութագրերը բերված են 7-1 աղյուսակում: Եթե շերմադիմադրությունները տեղադրվում են բաց միջավայրում (օդում), ապա երկարատև աշխատանքի դեպքում առավելագույն շերմաստիճանը չի կարող գերազանցել աղյուսակում բերված արժեքները:

Աղյուսակ 7-1

Ջերմադիմադրությունների նյութերը	Առավելագույն աշխատանքային շերմաստիճան	R_t/R_0 , երբ $t = t_0$
Պղինձ	150	1,64
Երկաթ	150	2,06
Նիկել	200	2,33
Պլատին	500	2,84

Առավելագույն և զրոյական շերմաստիճանների դեպքում, դիմադրության պատիկությունը որոշվում է R_t/R_0 հարաբերությամբ, որտեղ R_0 -ն դիմադրությունն է 0°C շերմաստիճանում:

Օրինակ, պղինձի համար, երբ շերմաստիճանը $t = 100^\circ\text{C}$, F_t/R_0 հարաբերությունը կազմում է 1,426, իսկ պլատինի համար, երբ $t = 1000^\circ\text{C}$, այդ հարաբերությունը 1,391 է:

Եթե շերմադիմադրությունը տեղադրենք վակուումում, չեզոք գազում կամ թույլատրենք նրան կարճատև աշխատանք, ապա կարելի է նշանակալիորեն բարձրացնել 7-1 աղյուսակում բերված առավելագույն շերմաստիճանի արժեքը: Օրինակ, ջրածնով լցված անոթի մեջ տեղադրված երկաթի շերմադիմադրությունը լավ է աշխատում 700°C շերմաստիճանում, իսկ պլատինի շերմադիմադրությունը սովորական պայմաններում թույլատրվում է կարճատև աշխատանք 1000°C շերմաստիճանում: Ընդհանրապես շերմադիմադրությունները պատրաստվում են բարակ հաղորդալարերից, $d = 0,02 - 0,06$ մմ տրամագծով և 5—20 մմ երկարությամբ, որոնց ծայրերն ամրացված են հատուկ բռնիչների մեջ: Հաղորդալարերի դիմադրության կախվածությունը շերմաստիճանից կլինի՝

$$R = c e^{(273+t)^\alpha} = c e^{\alpha T},$$

որտեղ C -ն հաստատուն գործակից է,

α -ն՝ դիմադրության շերմաստիճանային գործակիցը,

$T = 273 + t^\circ\text{C}$ -ն՝ բացարձակ շերմաստիճանը, $^\circ\text{K}$ -երով:

Հաղորդալարի դիմադրությունը t_0 սկզբնական շերմաստիճանում

$$R_0 = C e^{\alpha (273+t_0)}, \quad (7-48)$$

դիմադրությունը կամայական t° շերմաստիճանում

$$R_t = C e^{\alpha (273+t)}, \quad (7-49)$$

(7-49) արտահայտությունը բաժանելով (7-48) արտահայտության վրա, կստանանք

$$R_t/R_0 = e^{\alpha (t-t_0)},$$

կամ

$$R_t = R_0 e^{\alpha (t-t_0)}, \quad (7-50)$$

Եթե (7-50) արտահայտության աջ մասը վերածենք շարքի և վերցնենք միայն առաջին երկու անդամը, ապա կստանանք՝

$$R_t = R_0 [1 + \alpha (t - t_0)], \quad (7-51)$$

α -ի մեծությունը -50°C -ից մինչև 150°C շերմաստիճանների սահմաններում կարելի է ընդունել հաստատուն (պղինձի համար $\alpha = 4,3 \cdot 10^{-3} 1/\text{աստ.}$): 100°C -ից մինչև 200°C շերմաստիճանների սահմաններում դիմադրության կախվածությունը շերմաստիճանից ունի

գծային բնույթ, իսկ 200°C -ից բարձր այդ գծայնությունը խանգարվում է:

Պլատինե ջերմադիմադրությունների համար, որոնք աշխատում են -50°C -ից մինչև 650°C սահմաններում, հաշվի առնելով դիմադրության ջերմաստիճանային գործակցի կախումը ջերմաստիճանից՝ $((7-50)$ բանաձևի շարքի երրորդ անդամը), դիմադրությունը կամայական ջերմաստիճանում կունենա հետևյալ տեսքը.

$$R_t = R_0 [1 + \alpha(t - t_0) + \beta(t - t_0)^2],$$

որտեղ

$$\alpha = 3,94 \cdot 10^{-3} \text{ 1/աստ}, \text{ իսկ } \beta = -5,8 \cdot 10^{-4} \text{ 1/աստ}^2;$$

0 -ից մինչև -180°C պլատինի դիմադրության կախումը ջերմաստիճանից որոշվում է հետևյալ բանաձևով.

$$R_t = R_0 [1 + \alpha t + \beta t^2 + \gamma(t - 100)^3],$$

որտեղ

$$\gamma = -4 \cdot 10^{-12} \text{ 1/աստ}^3;$$

Հաղորդալարե ջերմադիմադրություններից պատրաստում են դիմադրության ջերմոմետրեր: Ամենալայն տարածում են գտել դիմադրության պլատինե՝ ТСП և պղնձե՝ ТСМ ջերմոմետրերը:

4

7-16. ԿԻՍԱՀԱՂՈՐԴԻԶԱՅԻՆ ՋԵՐՄԱԴԻՄԱԴՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ (ԹԵՐՄԻՍՏՈՐՆԵՐ)

Կիսահաղորդիչային ջերմադիմադրություններ կոչվում են այն ծավալային ոչ գծային դիմադրությունները, որոնց էլեկտրական դիմադրությունը կտրուկ կերպով նվազում է ջերմաստիճանի բարձրացումից: Պատրաստում են տարբեր մետաղների օքսիդների խառնուրդից (օրինակ, CuO , CoO , MnO): Պատրաստման պրոցեսում ջերմադիմադրությունները ենթարկվում են թրծման՝ բարձր ջերմաստիճանի տակ, որի ընթացքում օքսիդները ենթարկվում են, կազմում քիմիական միացություն և դառնում միաձուլյալ զանգված:

Ջերմադիմադրությունների զգայունությունը ջերմաստիճանի փոփոխման նկատմամբ նշանակալիորեն բարձր է, քան մետաղականներինը: Այսպես, 0°C -ից մինչև 100°C ջերմաստիճանի փոփոխման դեպքում պղնձի դիմադրությունը մեծանում է 43% -ով այն դեպքում, երբ ջերմադիմադրությունների դիմադրությունը փոփոխվում է 20 -ից 70 անգամ՝ կախված նրա դիմադրության ջերմաստիճանային α գործակցից: Դիմադրության ջերմաստիճանային գործակցիցը ջերմադիմադրությունների մոտ

$6-10$ անգամ ավելի մեծ է, քան մետաղական ջերմադիմադրություններինը: (Մետաղների համար $\alpha = (4-6) \cdot 10^{-3} \text{ 1/աստ}$, իսկ ջերմադիմադրությունների համար $\alpha = -40 \cdot 10^{-3} \text{ 1/աստ}$.)

Ջերմադիմադրության հիմնական բնութագիրը նրա դիմադրության կախվածությունն է ջերմաստիճանից.

$$R_T = A e^{B/T},$$

որտեղ A -ն հաստատուն է, կախված ջերմադիմադրության կոնստրուկցիայից,

B -ն հաստատուն է, կախված կիսահաղորդիչի ֆիզիկական հատկություններից, T -ն՝ բացարձակ ջերմաստիճանը $^{\circ}\text{K}$ -երով ($T = 273^{\circ} + t$).

Կիսահաղորդիչային ջերմադիմադրության դիմադրության ջերմաստիճանային գործակցիցը՝ α -ն, որոշվում է հետևյալ դատողությունների հիման վրա. հաշվի առնելով հաղորդիչի դիմադրության կախվածությունը ջերմաստիճանից, համաձայն $(7-51)$ բանաձևի, կունենանք

$$R_T = R_0 [1 + \alpha(t - t_0)]:$$

$(7-51)$ բանաձևից գտնում ենք α -ն.

$$\alpha = \frac{1}{R_0} \cdot \frac{R_T - R_0}{t - t_0} = \frac{1}{R_0} \cdot \frac{\Delta R}{\Delta T},$$

Այն սահմանում, երբ $\Delta t \rightarrow 0$, դիմադրության ջերմաստիճանային գործակցիցը՝

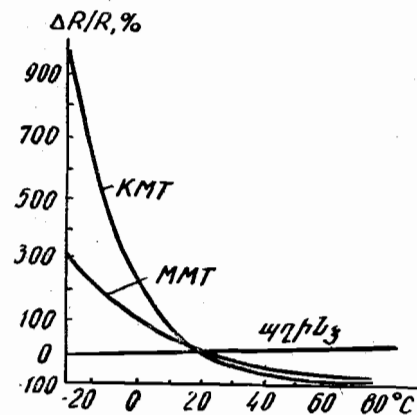
$$\alpha = \frac{1}{R_T} \cdot \frac{dR_T}{dt} \quad (7-52)$$

Ըստ $(7-53)$ բանաձևի, ջերմադիմադրությունների համար դիմադրության ջերմաստիճանային գործակցիցը կլինի՝

$$\alpha = \frac{1}{R_T} \cdot \frac{d(A e^{B/T})}{dT} = \frac{A e^{B/T}}{R_T} \cdot \frac{dB/T}{dT} = -\frac{B}{T^2}, \quad (7-53)$$

$(7-53)$ բանաձևի վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ ջերմադիմադրությունների համար դիմադրության ջերմաստիճանային գործակցիցը բացասական է և ջերմաստիճանի բարձրացումից արագ փոքրանում է, իսկ մետաղական ջերմադիմադրությունների համար ջերմաստիճանային գործակցիցը դրական է և հաստատուն: Նկ. 7-29-ում ցույց են տրված պղնձե և կիսահաղորդիչային ջերմադիմադրությունների դիմադրության կախվածությունը ջերմաստիճանից: Կախված նյութի տեսակից, ջերմադիմադրությունները բաժանվում են պղինձ-մանգանային՝ MMT և կոբալտ-մանգանային՝ KMT, որոնք կարող են աշխատել ինչպես փոփոխական, այնպես էլ հաստատուն հոսանքի շղթաներում:

Բարձր բացասական դիմադրության ջերմաստիճանային գործակցի շնորհիվ ջերմադիմադրությունները լայն կիրառություն են գտել չափման սխեմաներում ջերմային աղավաղումները կոմպենսացնելու համար:



Նկ. 7-29: Կիսահաղորդիչային ջերմադիմադրությունների դիմադրության կախվածությունը ջերմաստիճանից

Քանի որ փաթույթի և թերմիստորի դիմադրության ջերմաստիճանային գործակիցները ունեն տարբեր արժեքներ, ապա նրանց կարելի է ընտրել այնպես, որ շրջապատի ջերմաստիճանի փոփոխությունից, ընդհանուր դիմադրությունը մնա հաստատուն:

Մեծ տեսակարար դիմադրություն ունենալու շնորհիվ, ջերմադիմադրությունների չափերը և իներցիականությունը կարելի է հասցնել նվազագույնի:

Ջերմադիմադրության ստատիկ զգայունությունը որոշվում է մուտքային և ելքային մեծությունների հարաբերությամբ, այսինքն՝

$$K_{\text{ստ}} = \frac{R_T}{T} = \frac{A e^{B/T}}{T}, \quad (7-54)$$

Դինամիկական զգայունությունը՝

$$K_{\text{դին}} = \frac{dR_T}{dT} = \frac{d(A e^{B/T})}{dT} = -\frac{AB e^{B/T}}{T^2}, \quad (7-55)$$

(7-55) հավասարումը բաժանելով (7-54) հավասարման վրա, կըստանանք հարաբերական զգայունության մեծությունը՝

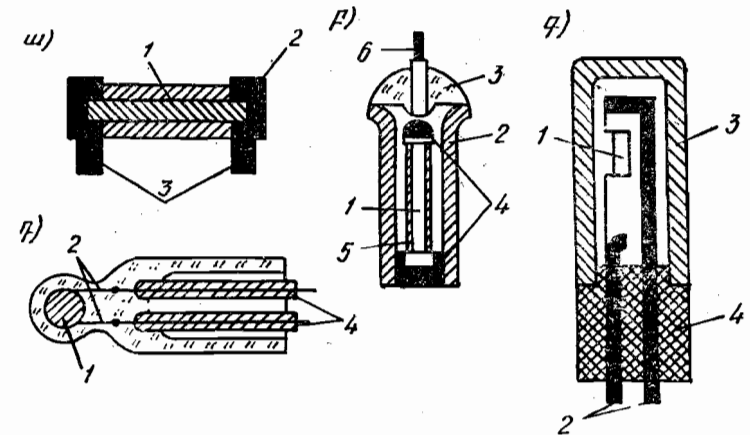
$$K_0 = \frac{K_{\text{դին}}}{K_{\text{ստ}}} = \frac{-AB e^{B/T}/T^2}{A e^{B/T}/T} = -\frac{B}{T}$$

որը կարող է մեծ լինել 1-ից:

Ջերմադիմադրությունները պատրաստում են 12 մմ երկարությամբ և 18 մմ տրամագծով փոքր ձողիկների, տափօղակի, սկավառակի և ուլունքի տեսքով: 7-30 նկարում բերված են մի քանի ջերմադիմադրությունների կառուցվածքային սխեմաները:

MMT-1 և KMT-1 տեսակի ջերմադիմադրությունները (նկ. 7-30, ա) ձևավորվում են նույն ձևով, ինչպես համապատասխան հերմետիկություն ունեցող բարձրաօհմ դիմադրությունները:

Սրանք բաղկացած են կիսահաղորդիչային (1) ձողից, պատված էմալե ներկով, կոնտակտային գլխադիրներից (2) և հոսանքատար (3) ելուստներից: Այսպիսի ջերմադիմադրությունները օգտագործվում են միայն չոր պայմաններում: KMT-1 ջերմադիմադրությունները ավելի ջերմազգայուն են և աշխատում են մինչև 180°C ջերմաստիճանի



Նկ. 7-30. Ջերմադիմադրությունների կոնստրուկտիվ սխեմաները

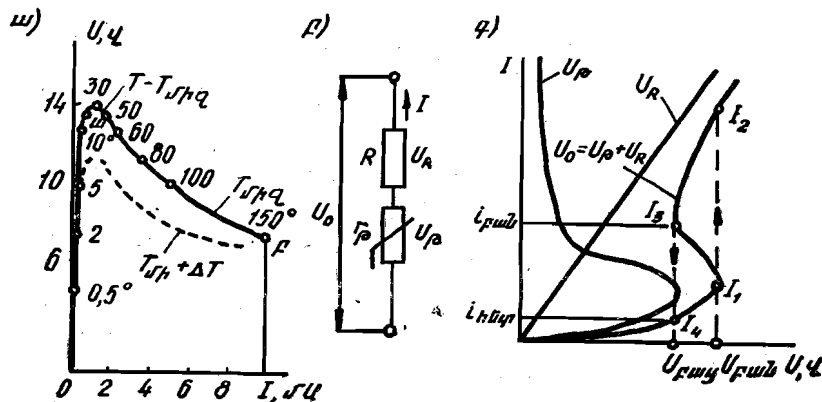
MMT-4 և KMT-4 տիպի ջերմադիմադրությունները (նկ. 10-2, բ) տեղադրված են մետաղական պատյանի (2) մեջ և հերմետիկացված են, որի շնորհիվ նրանք օգտագործվում են ցանկացած ոչ ագրեսիվ միջավայրում և բարձր խոնավության պայմաններում: Ջերմադիմադրության հերմետիկացումը իրագործվում է ապակյա (3) ձողի և արույրի (4) միջոցով: (MMT-4 տիպի ջերմադիմադրություններում): Կիսահաղորդիչային ձողը (1) փաթաթված է թիթեղով (5): Հոսանքի ելուստը (6) պատրաստված է նիկելե հաղորդալարից: Նկ. 7-30, գ-ում ցույց է տրված MMT-10 ջերմադիմադրության կառուցվածքը, որտեղ 1-ը ձողն է (ջերմադիմադրությունը), 2-ը՝ հոսանքատար ելուստը, 3-ը՝ պատյանը, 4-ը՝ մեկուսիչը:

Նկ. 7-30, դ-ում ցույց է տրված MT-50 ջերմադիմադրության «Ասեղ» կառուցվածքը: Այդպիսի ջերմադիմադրությունը բաղկացած է (1) կիսահաղորդիչային գնդիկից՝ 5-ից մինչև 50 մկմ տրամագծով, որը պլատինե էլեկտրոդի հետ միասին մամլված է ապակյա անոթի մեջ: Ապակու հաստությունը կազմում է մոտավորապես 50 մկմ: Գնդիկի կենտրոնից մոտ 2,5 մմ հեռավորության վրա, (4) նիկելե հաղորդալարից պատրաստված ելուստների հետ զոգված են պլատինե էլեկտրոդները: Այս տեսքով ջերմադիմադրության հոսանքատար ելուստների հետ միա-

սին տեղադրվում է (3) ապակյա պատյանի մեջ, որն ունի 3-ից մինչև 100 մմ երկարություն (կախված ջերմադիմադրության տեսակից):

MT-54 ջերմադիմադրություններն ունեն փոքր ջերմային իներցիա, մոտ 0,02 վրկ և օգտագործվում են -70°C -ից մինչև 250°C ջերմաստիճանի միջակայքում: Այսպիսի ջերմադիմադրությունը օգտագործվում է մարդու մարմնի տարբեր մասերի արյունատար անոթների ջերմաստիճանի տարբերության չափման և կամ բույսերի տերևների ջերմաստիճանի չափման համար:

Հարկ է նշել, որ ջերմադիմադրությունները ունեն պարամետրերի մեծ շեղումներ: Այս հանգամանքը սահմանափակում է միմյանց փոխարինելու հնարավորությունը, որն էլ նրանց հիմնական թերություններից մեկն է:



Նկ. 7-31.

ա) Ջերմադիմադրության Վոլտ-ամպերային բնութագիրը, բ) սխեման, գ) ջերմադիմադրության բնութագիրը ունեցող ունեցողի մեծությունը,

Ջերմադիմադրության օգտագործման բնագավառը կախված է տաքացման հոսանքի մեծությունից: Նկ. 7-31, ա-ում բերված է ջերմադիմադրության Վոլտ-ամպերային բնութագիրը, որը կողմնորոշված է նույնիսկ ջերմաստիճանի 0,0005 K-ի փոփոխմանը: 7-31, ա նկարից հետևում է, որ մինչև 0,5 մԱ հոսանքների դեպքում սեփական տաքացման ազդեցությունն աննշան է և գործնականորեն ջերմադիմադրության դիմադրությունը հոսանքից կախված չէ: Սկզբում լարման անկումը ջերմադիմադրության վրա աճում է հոսանքին համեմատական (0-ա տեղամասը): Հնդհանրապես, այս ունեցողությունը օգտագործվում է որպես շրջապատի ջերմաստիճանի չափման վերափոխիչ: Ջերմաստիճանի հետագա բարձրացման ժամանակ, երբ տեղի է ունենում նաև հո-

սանքի մեծացում, ջերմադիմադրությունների տաքացումը դառնում է ավելի ինտենսիվ, նրա դիմադրությունը փոքրանում է, և Վոլտամպերային բնութագիրը սկսում է ընկնել, այսինքն ունենում է «ընկնող» բնութագիր (ա-բ տեղամասը): Այս ունեցողությունը օգտագործվում է որպես ջերմառեկ, հոսանքի սահմանափակիչ, լարման կանոնացուցիչ և այլն:

Շրջապատող միջավայրի ջերմաստիճանը բարձրացնելիս $T_{\text{ջ}} + \Delta T$ (հոսանքի նույն արժեքի դեպքում), մեծանում է ջերմադիմադրության տաքացումը մինչև T ջերմաստիճանը, նրա դիմադրությունը փոքրանում է, և, հետևաբար, Վոլտամպերային բնութագիրը իջնում (կետագծով կորը): Ակնհայտ է, որ Վոլտամպերային բնութագրի բնույթը համեմատած շրջապատող միջավայրի՝ $T_{\text{ջ}}$ ջերմաստիճանի հետ որոշվում է հենց ջերմադիմադրությունով անցնող հոսանքով: Բնութագրի տարբեր կետերին համապատասխանում են՝ $T - T_{\text{ջ}}$ ջերմաստիճանի տարբեր արժեքներ: Բնութագրից կարելի է որոշել ցանկացած կետում ջերմադիմադրության դիմադրությունը՝ $R = U/I$ և ցրման հզորությունը՝ $P_{\text{ջ}} = IU_0$:

Ջերմադիմադրությունների Վոլտամպերային բնութագրերի խիստ արտահայտված ոչ գծայնությունը կարելի է օգտագործել ունեցողի ունեցողությունը: 7-31, բ, գ-ում բերված են ջերմադիմադրությունների սխեման և բնութագրերը այդ ունեցողությունը: Նթե ընդունենք, որ ջերմադիմադրության շղթայում բացակայում է R ակտիվ դիմադրությունը, ապա լարման որոշակի արժեքից ջերմադիմադրության հոսանքը կտրուկ մեծանում է, որը կարող է բերել ջերմադիմադրության փչացմանը (U_p կորը նկ. 7-31, գ-ում): Հոսանքի աճի սահմանափակման համար ջերմադիմադրությունը շղթայում մտցվում է գծային բնութագրով U_R դիմադրությունը (նկ. 7-31, բ և գ):

Այս բնութագրերի գումարման դեպքում $U_p + U_R$, ստանում ենք U_0 ընդհանուր Վոլտամպերային բնութագիրը ունեցողի էֆեկտով (բնութագիրը ունի S-աձև բնույթ): Այս բնութագիրը հիշեցնում է անկոնտակտ մագնիսական ունեցողի աշխատանքը: Բնութագրից (նկ. 7-31, գ) երևում է, որ երբ լարումը հասնում է $U_{\text{բա}}$ արժեքին (այդ լարմանը համապատասխանում է I_1 հոսանքը), հոսանքը թռիչքաձև աճում է մինչև $I_{\text{բա}}$ (I_3) արժեքը:

Լարման հետագա մեծացման դեպքում հոսանքը կաճի սահուն կերպով (մինչև I_2 և ավելի): Լարման փոքրացման դեպքում հոսանքը սկզբում սահուն կերպով կնվազի մինչև I_3 արժեքը (այդ հոսանքին համապատասխանում է լարման $U_{\text{բա}}$ արժեքը), իսկ հետո թռիչքաձև կրկնի մինչև $I_{\text{բա}}$ (I_4) արժեքը, որից հետո սահուն կերպով կնվազի մինչև զրո:

Բանեցման դեպքում հոսանքը մեծանում է մի քանի անգամ: Ջերմադիմադրության իներցիականության պատճառով հոսանքի թուլիքը կատարվում է ոչ անմիջապես, այլ աստիճանաբար:

Ռեհեական սխեմաները լայն կիրառություն են գտել ավտոմատ վերահսկման պաշտպանության և կարգավորման սարքավորումներում:

7-17. ՋԵՐՄԱԴԻՄԱԴՐՈՒԹՅԱՆ ՕԳՏԱԳՈՐԾՈՒՄԸ

Ջերմադիմադրությունը որպես վերափոխիչ օգտագործվում է երկու պայմաններում.

1. երբ ջերմադիմադրությունը գործնականորեն որոշվում է միջավայրի ջերմությամբ (երբ ջերմադիմադրության միջով անցնող հոսանքը շատ փոքր է),

2. երբ ջերմադիմադրությունը տաքանում է նրա միջով անցնող հոսանքով, իսկ նրա ջերմությունը որոշվում է ջերմության պայմանների փոփոխմամբ:

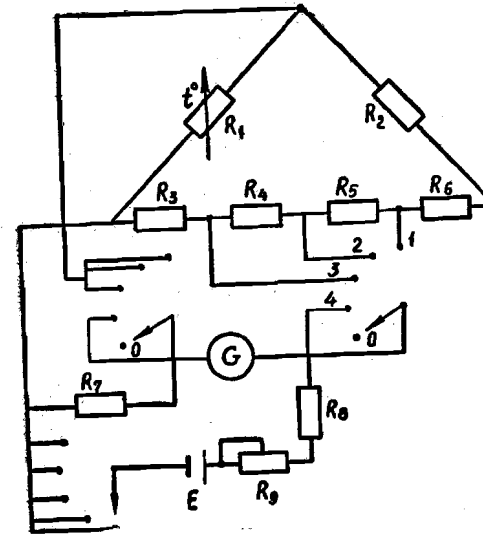
Առաջին պայմանում այն օգտագործվում է որպես ջերմաստիճանային վերափոխիչ կամ ջերմաչափ դիմադրություն: Ջերմաչափ դիմադրության միջով հոսող հոսանքը վերցնում են այնքան փոքր, որ կարելի լինի արհամարհել այդ հոսանքի շնորհիվ առաջացած ջերմությունը:

Որպես ջերմաչափ դիմադրություն օգտագործվում են ինչպես մետաղական, այնպես էլ կիսահաղորդիչային ջերմադիմադրությունը: Մետաղական ջերմադիմադրությունը պատրաստում են պղնձից և պլատինից (ТСП, ТСМ), 0,1 մմ տրամագիծ ունեցող հաղորդալարից՝ փաթաթված հալանապակու կամ էլ փայլարե կոճի վրա: Լինում են 200 Օհմից — 100 կՕհմ-ի սահմաններում: Կիսահաղորդիչ ջերմաչափ դիմադրությունն ունի փոքր կայունություն, բայց նշանակալից զգայունություն, քան մետաղականը (ММТ-1, КМ-4): Այս ջերմադիմադրության միջոցով կարելի է հայտնաբերել ջերմաստիճանի հարյուրերորդական մասի փոփոխությունը, նկ. 7-32:

Կիսահաղորդիչային ջերմադիմադրությունը մեծ կիրառում ունի չափիչ սխեմաներում՝ որպես ջերմաստիճանային կոմպենստոր: Այս դեպքում նրանց հաջորդաբար կարելի է միացնել պղնձյա կոճին, իսկ քանի որ ջերմադիմադրության և կոճի ջերմաստիճանային դիմադրության գործակիցը նշաններով տարբեր են, ապա կարելի է կիսահաղորդիչ ջերմադիմադրությունն ընտրել այնպես, որ ջերմաստիճանի փոփոխումից զուտարալին դիմադրությունը չփոփոխվի:

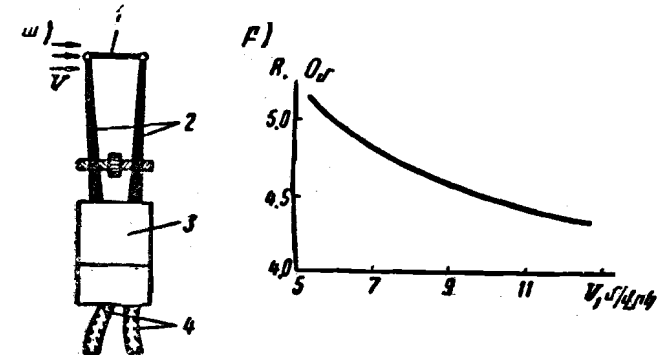
Ջերմադիմադրության օգտագործման երկրորդ եղանակը լայն կիրառում է գտել ավտոմատիկայում տարբեր, ոչ էլեկտրական մեծություններ չափելու համար, օրինակ՝ անեմոմետրներում և վակուումմետրներում:

Անեմոմետրը զազերի հոսքի արագությունը չափող սարք է, նկ. 7-33:



Նկ. 7-32.

թյունից), օրինակ, ամենապարզ անեմոմետրում զազի հոսանքի արագությունը 6—3 մ/վրկ արագությամբ փոփոխելիս, թերմիստորի դիմադրությունը փոքրանում է 5,2-ից — 4,3 Օհմ: Անեմոմետրի պլատինե հաղորդալարը կամրջակային սխեմային միանում է նկ. 7-34-ում պատկերված սխեմայով:



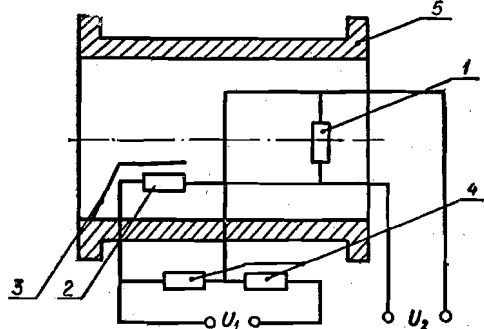
Նկ. 7-33. Թերմոսենսիտիվ (ա) և նրա բնութագիրը (բ).

1—ջերմադիմադրություն—պլատին, 2—հաղորդալար—մանգանին, 3—մեկուսիչ, 4—եկուստներ

Վակուումմետրը օգտագործվում է խորը վակուում չափելու համար (նկ. 7-35): Աշխատանքի սկզբունքը հիմնված է զազերի ջերմահաղորդականության փոփոխման վրա, երբ փոփոխվում է ճնշումը: Վակուում-

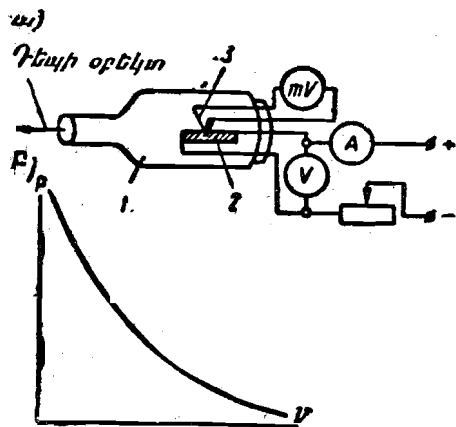
մետրը ապակյա անոթ է, որի մեջ տեղավորված է պլատինից կամ նիկելից (2) հաղորդալարը: Ջերմադիմադրությունը տաքացվում է հոսանքով, որի մեծությունը պետք է մնա անփոփոխ:

Հայտնի է, որ մոտ 0,1 մմ սնդիկի սյան ճնշման իջեցման դեպքում գազերի ջերմահաղորդականությունն սկսում է նշանակալից կերպով նվազել: Ճնշման փոքրացումով փոքրանում է գազի ջերմահաղորդա-



Նկ. 7-34. Ջերմադիմադրության միացման սխեման:

1—ջերմադիմադրություն, 2—ջերմաստիճանային կոմպենստոր, 3—պողպատյա պաշտպանող համակարգ, 4—կամրջակի դիմադրություններ, 5—չափման խցիկ



Նկ. 7-35. Վակուումետր (ա) և ցրաբնութագիրը (բ):

1—ապակյա անոթ, 2—ջերմադիմադրություն, 3—ջերմազույգ

կանությունը, հետևապես հաղորդալարից դեպի գազի ջերմատվությունը վատանում է, որը հանգեցնում է հաղորդալարի դիմադրության մեծացմանը:

Այսպիսով, վակուումետրը աշխատում է վերափոխման հետևյալ հաջորդականությամբ՝

$P \rightarrow t^{\circ} \rightarrow R_{\text{գազ}} \rightarrow I$, այսինքն մուտքային ազդանշանի (ճնշում) ազդեցության տակ վակուումետրում փոփոխվում է ճնշումը, որը հանգեցնում է միջավայրի ջերմաստիճանի փոփոխման, որի շնորհիվ փոփոխվում է վերափոխիչի դիմադրությունը: Վերջինիս փոփոխությունը հանգեցնում է շղթայում հոսանքի փոփոխմանը, որը չափվում է ամպերմետրով, որտեղ P -ն չափվող ճնշումն է տվյալ ջերմաստիճանում: $R_{\text{գազ}}$ -ը՝ ջերմադիմադրության վերափոխիչի դիմադրությունը:

Խորը վակուում կարելի է չափել՝ չափելով ջերմադիմադրության ջերմությունը (3) ջերմազույգի միջոցով, որը տեղավորված է ջերմադիմադրության վրա: Ջերմաէլեկտրաշարժ ուժը չափվում է միլիվոլտմետրի միջոցով: Օգտագործվում է XX մակնիշի 50 մկմ հաստությամբ ջերմազույգ, որն ունի 7 Օհմ դիմա-

դրություն: 10^{-3} մմ սնդ. սյան ճնշման դեպքում առավելագույն էլ. շ. ու. ն հավասար է 10 մկ-ի: Հաղորդալարի տաքացման հոսանքը հավասար է 100—140 մԱ-ի:

7-18. ԼՈՒՍԱՅԻՆ ՎԵՐԱՓՈՒՅՆՆԵՐ

Լուսային վերափոխիչի աշխատանքի սկզբունքը հիմնված է լուսային էներգիայի փոփոխումը էլեկտրաշարժ ուժի: Այս վերափոխիչները օգտագործում են ֆոտոտարրերում, լյուքսմետրերում և ֆոտոռեկեններում: Լինում են կիսահաղորդիչային և մետաղական:

Կիսահաղորդիչային ֆոտոդիմադրությունը իր մեջ ընդգրկում է ինֆրակարմիրից մինչև ուլտրամանուշակագույն ճառագայթների միջև ընկած սպեկտրը: Այս վերափոխիչների զգայունությունը ինֆրակարմիր ճառագայթների նկատմամբ ունի գործնական մեծ նշանակություն: Մեծ տարածում են գտել կապարի սուլֆիտը՝ լույսի ճառագայթներից մինչև 3,5 մկմ, կապարի տելուրիդը՝ մինչև 3,8 մկմ և կարմիր սուլֆիտը՝ մինչև 0,9 մկմ: Մետաղական ֆոտոդիմադրություններից հիմնականում օգտագործում են սելենը, որը լայն կիրառում ունի էլեկտրալուսանկարչությունում ցածր ճշտության վերափոխիչներ պատրաստելու համար (էրաններում և քսերոքսներում):

7-19. ՌԱԴԻՈԱԿՏԻՎ ՎԵՐԱՓՈՒՅՆՆԵՐ

Ատոմային էներգիայի օգտագործման հետ զուգընթաց որպես վերափոխիչներ սկսեցին օգտագործել նաև ռադիոակտիվ իզոտոպները:

Որպես ռադիոակտիվ վերափոխիչներ օգտագործում են այն քիմիական տարրերը, որոնք ընդունակ են ռադիոակտիվ ճառագայթման: Օրինակ՝ Co^{60} , Cs^{137} , Sr^{90} , K^{40} , U^{92} , Pu^{94} և այլն: Ինչպես հայտնի է, ռադիոակտիվ իզոտոպները ժամանակի ընթացքում տրոհվում են՝ ճառագայթելով α , β և γ լիցքավորված մասնիկներ, որոնք առանձին-առանձին վերցրած ունեն տարբեր հատկություններ: Այսպես՝ γ -ճառագայթները ընդունակ են ավելի խորը թափանցելու հատկությամբ, օրինակ՝ մետաղների մեջ նրանք կարող են թափանցել մինչև 180 սմ խորությամբ: Ռադիոակտիվ իզոտոպները տարբերվում են իրարից ինչպես ճառագայթման ձևով, այնպես էլ կյանքի տևողության ժամանակով: Դրանց օգտագործում են որպես վերափոխիչ՝ հետևյալ հատկությունների շնորհիվ:

1. Ճառագայթման աղբյուրը լրացուցիչ սնման աղբյուրի կարիք չի զգում:

2. γ և x ճառագայթների թափանցելիության հատկությունը օգտագործվում է հերմետիկ փակ ծավալներում նյութի առանձին մասերի տեղաշարժումը հսկելու համար:

3. Ճառագայթների կլանման համակության միջոցով որոշվում է նյութի շերտի հաստության և ատոմի համարը:

4. Նյութերը ճառագայթվելիս կոշտ ճառագայթները տալիս են երկրորդական ճառագայթում, որի էներգիայով որոշվում է հետազոտվող նյութի բաղադրությունը և զալվանական նստվածքի հաստությունը:

Ռադիոակտիվ ճառագայթումը և նրանց աղբյուրը բնութագրվում են հետևյալ պարամետրերով.

1. Ճառագայթման էներգիայով՝ E , որը արտահայտում է էլեկտրոն-Վոլտերով (էՎ) և բնութագրվում է ճառագայթման թափանցելիության հատկությամբ:

$$1 \text{ էՎ} = 1,6 \cdot 10^{-12} \text{ էրգ}, \quad 1 \text{ էրգ} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Ջոուլ}:$$

2. Կիսատրոհման պարբերությամբ՝ T , որը այն ժամանակն է, երբ ամբողջ ռադիոակտիվ նյութը կիսով պակասում է:

3. Աղբյուրի ակտիվությամբ՝ C , այսինքն ճառագայթման Q հզորությամբ, ռադիոակտիվ տրոհման միավոր ժամանակի ընթացքում: Ակտիվության միավորը Կյուրին է, որը իրենից ներկայացնում է 1 գրամ մաքուր ռադիի ակտիվությունը ($3,7 \cdot 10^{10}$ տրոհում է 1 վ-ում $Ra^{226} - 1590$ տարի, $4,8 \text{ ՄէՎ}$, γ -ճառագայթում):

$$Q = 8,9 \cdot 10^{-15} \text{ MTC},$$

որտեղ C -ն ակտիվությունն է, M -ը՝ զանգվածը, T -ն՝ կիսատրոհման ժամանակը:

4. Ճառագայթման ինտենսիվությունով՝ I , որը որոշվում է ճառագայթային հոսքի լայնական կտրվածքում եղած մասնիկների թվով:

Ինչպես նշվեց, գոյություն ունեն երեք տեսակի ռադիոակտիվ ճառագայթներ:

ա ճառագայթում, որը հելիումի միջուկի հոսքն է, և ունի շատ մեծ իոնացնող հատկություն: Ը մասնիկի վազքի երկարությունը օդում չի գերազանցում 10 սմ-ից, իսկ A -ի մեջ $0,06$ մմ՝ $7-8 \text{ ՄէՎ}$ էներգիայի դեպքում: Էտալոնը պատրաստում են սկավառակի ձևով, ծածկելով համապատասխան իզոտոպով:

բ ճառագայթում, որը էլեկտրոնների հոսք է, β լիցքավորված մասնիկի էներգիան տարբեր է, կախված է նյութից և ունի էներգիայի փոփոխման լայն սահմաններ:

բ մասնիկի կլանումը ենթարկվում է հետևյալ օրենքին՝

$$I = I_0 e^{-\mu d},$$

որտեղ I_0 -ն՝ սկզբնական ճառագայթման ինտենսիվությունն է, I -ն՝ նյութից անցած ճառագայթների ինտենսիվությունը, d -ն՝ նյութի հաստությունը, սմ, μ -ն՝ կլանման գործակիցը, սմ $^{-1}$:

Ճառագայթման աղբյուրը պատրաստում են $10-16$ մմ երկարությամբ և 1 մմ-ից մինչև 2 Կյուրի ակտիվությամբ ակտիվ նյութից:

Կ ճառագայթում, որը էլեկտրամագնիսական ճառագայթում է $3 \cdot 10^{-9}$ սմ ալիքի երկարությամբ:

Կ քվանտի էներգիան կախված է λ ալիքի երկարությունից հետևյալ հարաբերությամբ՝

$$E = \frac{1,234 \cdot 10^{-4}}{\lambda}, \text{ էՎ},$$

Կ ճառագայթման կլանումը նյութերի մեջ հաշվվում է նույն ձևով, ինչ ձևով որ β ճառագայթումը:

Ժողովրդական տնտեսության մեջ որպես վերափոխիչ օգտագործվող Կ ճառագայթման հիմնական աղբյուրը՝ Co^{60} -ն է:

Ռենտգենյան կամ x ճառագայթումը էլեկտրամագնիսական ճառագայթումն է՝ $10^{-6} - 10^{-9}$ սմ ալիքի երկարությամբ: Ճառագայթման քվանտային էներգիան գտնվում է $10^2 - 10^6$ էՎ-ի սահմաններում:

Ճառագայթները ստացվում են ծանր մետաղները էլեկտրոններով ուժեղացնելով: Հիմնականում օգտագործում են α մասնիկներ կամ ռենտգենյան խողովակ:

7-20. ՌԱԴԻՈԱԿՏԻՎ ՎԵՐԱՓՈԽԻՉՆԵՐԻ ՕԳՏԱԳՈՐԾՈՒՄԸ

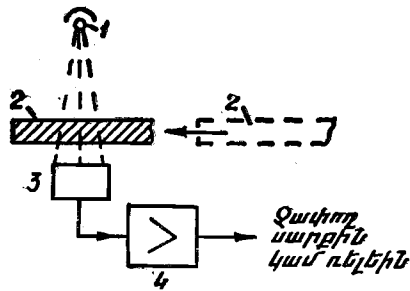
Սրանք լայն կիրառում ունեն ժողովրդական տնտեսության և գիտության բնագավառներում: Ռադիոակտիվ վերափոխիչների միջոցով հաշվում են արտադրվող դետալների քանակը, հսկում նրանց որակը, չափում հեղուկների մակարդակը, գազանալիզատորներում որոշում գազերի տեսակը, բույսերի մեջ հետևում նյութափոխանակությանը, նյութի շարժմանը և այլն:

Ավտոմատ սարքերի կառուցման ժամանակ օգտագործում են ռադիոակտիվ ճառագայթման տարբեր ձևեր՝ օգտագործելով ռադիոակտիվ ճառագայթման թափանցող հատկությունը և նյութի կլանման աստիճանը:

Որպես ճառագայթման աղբյուր օգտագործում են արհեստական (1) ռադիոակտիվ իզոտոպ: Ճառագայթման ինտենսիվությունը հսկում է (3) ճառագայթման ինդեկատորով (իոնացման խցիկ, Գեյգեր-Մյուլլերի հաշվիչ և այլն), որի ելքում միացված է (4) ուժեղացուցիչը: Այսպիսի համակարգով կարելի է իրագործել արտադրանքի հաստության ստուգումը (նկ. 7-36):

Մի շարք համակարգերում ավտոմատ հսկումը հիմնված է ռադիոակտիվ ճառագայթման իոնացնող հատկության վրա (նկ. 7-37): Գա-

զային նյութով լցված (2) անոթը ենթարկվում է (1) ճառագայթման ազդերի ազդեցությանը: Ռադիոակտիվ ճառագայթման ազդեցության տակ կախված նյութի (զազի) հատկություններից, փոփոխվում է զազային ծավալում առաջացած իոնների քանակը:



Նկ. 7-36. Ավտոմատ հսկողության համակարգ, որանդ օգտագործվում է ռադիոակտիվ ճառագայթման քափանցիության հասկությունը:

1—ռադիոակտիվ ճառագայթման աղբյուր,
2—հսկողության օբյեկտ, 3—ինդիկատոր,
4—ուժեղացուցիչ

Իոնացնող ի հոսանքը հսկվում է ռելեով կամ սարքով, որը միացված է (3) ուժեղացուցչին:

Այս սկզբունքով կառուցվում են զազի ճնշման չափիչները: Գազի ճնշման մեծացման հետ մեծանում է նաև իոնացնող հոսանքը: Նույն ձևով կառուցվում են նաև զազի բաղադրության անալիզատորները: Ավտոմատիկայում գոյություն ունեն ռադիոակտիվ իզոտոպների կիրառման այլ սկզբունքներ:

Քննարկված համակարգերի միջոցով կատարված հսկումը անմիջական է, առանց կոնտակտի չափվող օբյեկտի հետ և ունի փոքր իներցիականություն:

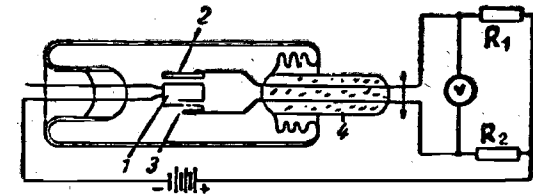
7-21. ԻՈՆԱՅԻՆ ՎԵՐԱՓՈԽԻՉՆԵՐ

Իոնային վերափոխիչներից է մեխանատրոնը, որի աշխատանքը հիմնված է էլեկտրոնային կամ իոնային լամպի մեջ տեղավորված էլեկտրոդների տեղաշարժմամբ այս կամ այն մեխանիկական ազդեցության ժամանակ (Նկ. 7-38): Մեխանատրոնները պատրաստում են մեկ կամ կրկնակի ձևով տեղափոխվող անոդով, ցանցով կամ էլ կաթոդով: Մեծ կիրառություն ունի երկէլեկտրոդանի մեխանատրոնը, որտեղ անոդային հոսանքը փոփոխվում է հետևյալ արտահայտությամբ՝

$$I_{\text{ա}} = k \frac{Q_{\text{աթ}} \cdot U^{\frac{2}{3}}}{a^2} \cdot U,$$

որտեղ $U_{\text{ա}}$ -ն անոդային լարումն է, k -ն՝ գործակիցը, որը հավասար է $2,34 \cdot 10^{-6}$, $Q_{\text{աթ}}$ -ը՝ կաթոդի մակերեսը, a -ն՝ անոդի և կաթոդի միջև եղած տարածությունը:

Մեխանատրոնների միջոցով կարելի է չափել արագացումներ, թրթրում, ճնշում և դեֆորմացիա:



Նկ. 7-38. Մեխանատրոնի սխեման:

1—կաթոդ, 2—շարժական հարթ անոդ, 3—ձող, 4—ապակյա առաձգական սիլֆոն

Այս մեծությունների փոփոխությունը հաղորդում են անոդին և առաջացնում նրա տեղաշարժ՝ օգտագործելով մեխանիկական մեմբրաններ կամ էլ անոդի վրա ազդելով չափվող մեծությանը համեմատական մագնիսական դաշտով:

Մեխանատրոնի զգայունությունը 500—1000 Վ/սմ է:

7-22. ԷԼԵԿՏՐԱԳԻՄԻԱԿԱՆ ՎԵՐԱՓՈԽԻՉՆԵՐ

Էլեկտրաքիմիական վերափոխիչները լուծույթով լցված էլեկտրոլիտային բջիջներն են, որոնց մեջ տեղադրում են երկու կամ ավելի էլեկտրոդներ: Սրանց միջոցով վերափոխիչը միացվում է չափող շղթային: Էլեկտրոլիտային բջիջը, ինչպես էլեկտրական շղթայի տարրը, կարող է բնորոշվել նրա կողմից զարգացվող էլ. շ. ու.-ով, լարման անկում՝ դիմադրությունով, ունակությամբ և ինդուկտիվությամբ:

Որոշելով էլեկտրական պարամետրերի և չափվող ոչ էլեկտրական մեծությունների կախվածությունը և անտեսելով մյուս գործոնների ազդեցությունը, կարելի է ստեղծել էլեկտրաքիմիական վերափոխիչներ՝ հեղուկների և գազերի բաղադրությունն ու խտությունը, ճնշումը, տեղաշարժումները, արագությունը, արագացումը և այլ ոչ էլեկտրական մեծությունները որոշելու համար:

Բջջի էլեկտրական պարամետրերը կախված են լուծույթի բաղա-

դրությունից և էլեկտրոդներից, միջավայրի ջերմությունից, լուծույթի տեղաշարժման արագությունից և այլ մեծություններից:

էլեկտրաքիմիական վերափոխիչների էլեկտրական պարամետրերի և ոչ էլեկտրական մեծությունների միջև եղած կապը որոշվում է էլեկտրաքիմիական օրենքներով:

7-28. ԳԻՄԱԳՐՈՒԹՅԱՆ ԷԼԵԿՏՐՈԼԻՏԻԿ ՎԵՐԱՓՈՒՅՆԵՐ

Սրանց աշխատանքը հիմնված է էլեկտրոլիտիկ բջջի դիմադրության և էլեկտրոլիտի բաղադրության ու կոնցենտրացիայի կախվածության վրա:

էլեկտրոլիտիկ վերափոխիչի հեղուկի սյան դիմադրությունը հավասար է.

$$R = \frac{\rho \cdot l}{S} = \frac{1}{\gamma} \cdot k,$$

որտեղ $\gamma = \frac{1}{\rho}$ -ն էլեկտրոլիտի տեսակարար հաղորդականությունն է,

k -ն՝ վերափոխիչի հաստատունը, կախված նրա երկրաչափական չափերից, որը սովորաբար որոշվում է փորձնականորեն:

7-24. ԷԼԵԿՏՐԱՔԻՄԻԱԿԱՆ ՎԵՐԱՓՈՒՅՆԵՐԸ ՄԵԽԱՆԻԿԱԿԱՆ ՄԵԾՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ԶԱԹԵԼՈՒ ՀԱՄԱՐ

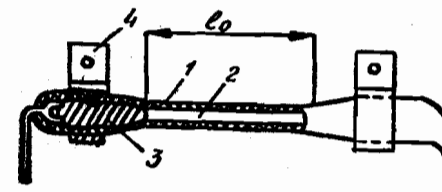
էլեկտրոլիտի հաստատուն խտության դեպքում վերափոխիչի դիմադրության փոփոխությունը կարող է առաջանալ էլեկտրոդների միջև հեռավորության կամ էլեկտրոլիտի կտրվածքի փոփոխությամբ: Մեխանիկական տեղափոխումները և դեֆորմացիաները չափելու համար օգտագործում են այս երևույթի վրա հիմնված էլեկտրոլիտիկ վերափոխիչներ: Նկ. 7-39, ա, բ, գ-ում ցույց են տրված էլեկտրոլիտիկ վերափոխիչներ և նրանց միացման սխեման: Կամրջակի երկու թևերը (նկ. 7-39, ա) կազմված են դիֆերենցիալ էլեկտրոլիտիկ վերափոխիչի դիմադրություններից. վերափոխիչը ունի շարժական (միջին) և երկու անշարժ էլեկտրոդներ:

Նկ. 7-39, ա, բ-ում ցույց են տրված գծային, իսկ Նկ. 7-39, գ-ում՝ անկյունային տեղափոխման էլեկտրոլիտիկ վերափոխիչները:

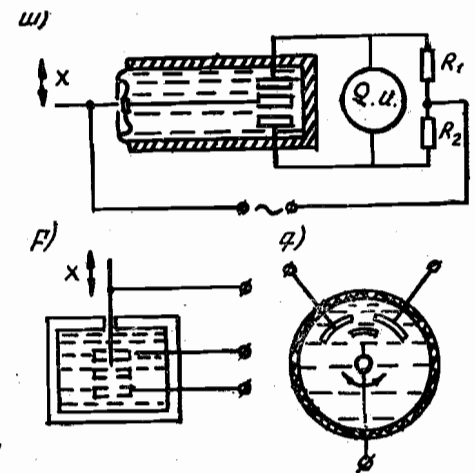
Այս վերափոխիչների հիմնական առավելությունը այն է, որ շարժական էլեկտրոդի տեղափոխության համար պահանջվում է աննշան ճիգ (ուժ): Այդ ուժը համեմատական է տեղափոխման արագությանը և դառնում տեսանելի միայն բարձր հաճախության տատանումների դեպքում:

7-25. ԷԼԵԿՏՐՈԼԻՏԻԿ ՏԵՆՉՈՎԵՐԱՓՈՒՅՆԵՐ

էլեկտրոլիտիկ տենզովերափոխիչը (նկ. 7-40) 1 մմ ներքին տրամագծով (1) կաուչուկի խողովակ է, լցված 1,2 N CuSO4 ջրային լուծույթով, (3) գլանաձև էլեկտրոդներով, որոնք ամուր կերպով նստեցված են խողովակի ծայրերին ալնպես, որ նրանք ծավալը լրիվ լցվի էլեկտրոլիտով և (4) սեղմակների միջոցով վերափոխիչն ամրացվի այն օբյեկտին, որի դեֆորմացիան պետք է չափվի: Վերափոխիչը կարելի է նաև սոսնձել հետազոտվող օբյեկտին: Կախված էլեկտրոլիտի բաղադրությունից, խողովակի երկարությունից և կտրվածքից, կարելի է պատրաստել մի քանի Օհմից մինչև մի քանի հարյուր Օհմ դիմադրությամբ էլեկտրոլիտիկ տենզովերափոխիչներ, որոնք հնարավորություն են տալիս չափելու շատ մեծ հարաբերական դեֆորմացիաներ՝ մինչև $\Delta l/l = 0,6$: Վերափոխիչի տենզոզգայունությունը՝ $S_{\text{տե}} = 2$:



Նկ. 7-40. էլեկտրոլիտիկ տենզովերափոխիչ



Նկ. 7-39. էլեկտրոլիտիկ վերափոխիչների տեսակները

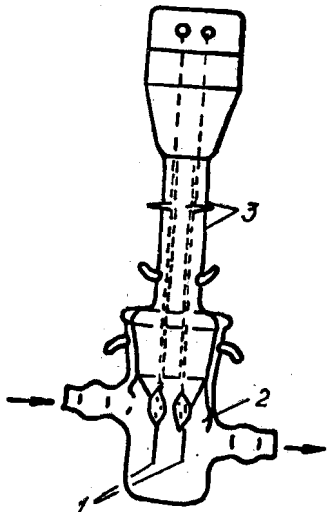
էլեկտրոլիտիկ տենզովերափոխիչների առավելությունը մեծ լարումների (մինչև 500 Վ) օգտագործման հնարավորության մեջ է: Այս համակարգերն օժտված են բարձր մեկուսիչ հատկություններով, որի պատճառով էլ դրանք կարելի է օգտագործել ջրում կամ կաուչուկը չքայքայող այլ հեղուկ միջավայրում՝ դեֆորմացիաների չափման համար:

7-26. ԷԼԵԿՏՐՈԼԻՏՆԵՐԻ ԽՏՈՒԹՅՈՒՆԸ ԶԱՓՈՂ ԷԼԵԿՏՐՈԼԻՏԻԿ ՎԵՐԱՓՈՒՅՆԵՐ

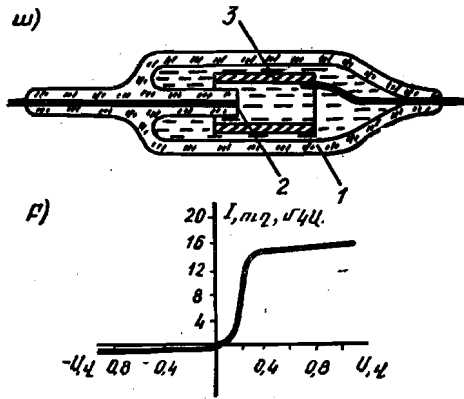
Այս տիպի վերափոխիչներով կարելի է չափել նյութերի խտությունը՝ չափելով նրանց էլեկտրահաղորդականությունը (նկ. 7-41): Վերափոխիչը պատրաստում են քիմիապես մաքուր ապակուց (2), որի մեջ տեղավորված են պլատինե էլեկտրոդները (1): Զափումները կատարում են

50—100 Հց հաճախության դեպքում, որը նպաստում է շափման սխալի փոքրացմանը և էլեկտրոդների շեղումների:

Չափումները կատարվում է Ուիտստոնի կամրջակի միջոցով:



Նկ. 7-41. Նյութի խտությունը չափող էլեկտրոլիտիկ վերափոխիչ



Նկ. 7-42. Քիմատրոնային էլեկտրոլիտիկ կառուցվածքը (ա) և վոլտամպերային բնութագիրը (բ)

7-27. ՔԻՄԱՏՐՈՆԱՅԻՆ ՎԵՐԱՓՈՒՄԻՆԵՐ

Քիմատրոնները էլեկտրաքիմիական վերափոխիչների մի տարատեսակն են, հիմնված էլեկտրոլիտներում «փակող» շերտի հատկությունն օգտագործելու վրա, այսինքն այն շերտի, որն էլեկտրական լիցքերի կրիչներով աղքատ է: Այսպիսի հատկություններով օժտված են հալադարձելի օքսիդացման-վերականգնման համակարգերը, որոնք պարունակում են իոնների օքսիդացած և վերականգնված ձևերը, օրինակ՝ $j_3^- j_3^-$, F_6^{++}/F_6^{+} : Քիմատրոնային վերափոխիչների ցայտուն ներկայացուցիչը էլեկտրաքիմիական դիոդն է (նկ. 7-42, ա), որը կազմված է հերմետիկ (1) իրանից, էլեկտրոդներից, լցված է էլեկտրոլիտով (4) և շեղոք էլեկտրոդների հետ կազմում է հալադարձելի օքսիդացման-վերականգնման համակարգ:

Այս դեպքում j_3^- իոնների կոնցենտրացիան բավական մեծ է, քան իոններինը, իսկ անոդի մակերեսը բավականաչափ փոքր է կաթոդի մակերեսից: Անոդը (2) պատրաստված է պլատինե բարակ հաղորդալարից, կաթոդը՝ (3) ցանցից կամ գլանաձև փայլարաթիթեղից:

Դիոդի դիմադրությունը որոշվում է հիմնական իոնների շարժունակությամբ:

Անոդի բացասական բեռնականության դեպքում, երբ նրա վրա վերականգնվում են j_3^- ($j_3^- + 2e \rightarrow 3j_3^-$) օքսիդացած իոնները, որոնց կոնցենտրացիան փոքր է, անոդի մոտ առաջանում է փակող շերտ, և դիոդը փակվում է: Անոդի դրական բեռնականության դեպքում նրա վրա կատարվում է 1^- ($3j_3^- \rightarrow j_3^- + 2e$) իոնների օքսիդացում, որոնց կոնցենտրացիան մեծ է, անոդ-լուծույթ անցման դիմադրությունը փոքրանում է, և դիոդը բացվում է:

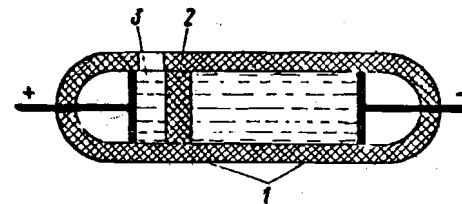
7-42, բ նկարում ցույց է տրված դիոդի ստատիկ վոլտամպերային բնութագիրը: Շեմքային լարումը ուղիղ ուղղությամբ կազմում է մի քանի տասնյակ միլիվոլտ, իսկ հակառակ հոսանքը որոշ տեսակի դիոդների մոտ չի գերազանցում 10^{-8} Ա-ից:

Դիոդին տրվող $U_{\text{հ}}$ լարումը պետք է լինի 0,9 Վ-ից ոչ ավելի, որովհետև ավելի մեծ լարումների դեպքում կարող է կատարվել ջրի էլեկտրոլիզ և դիոդի «ծակում»:

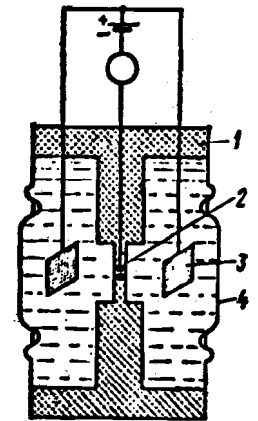
էլեկտրաքիմիական դիոդները հիմնականում օգտագործվում են ցածր և ինֆրացածր հաճախության թույլ հոսանքները ուղղելու համար: Նրանց կարելի է նաև օգտագործել փոքր հաստատուն հոսանքների կայունացման և էլեկտրական ազդանշանները դիֆերենցելու համար:

Եթե էլեկտրաքիմիական դիոդի էլեկտրոդների (1) միջև տեղադրենք ծակոտկեն միջնորմը (2) (նկ. 7-43), ապա այդպիսի տարրը կարելի է օգտագործել էլեկտրական հոսանքը կամ լարումը ինտեգրելու համար: Անոդի խցում (3) հոսանք անցնելու ժամանակ j_3^- իոնների կոնցենտրացիան կաճի, իսկ j_3^- իոնների կոնցենտրացիան՝ կնվազի:

Իոնների կոնցենտրացիայի փոփոխությունը, ըստ Ֆարադեյի օրենքի, համեմատական է ինտեգրատորով անցնող էլեկտրականության քանակին, որը կարելի է որոշել տեսողաբար՝ լու-



Նկ. 7-43. էլեկտրաքիմիական դիոդ



Նկ. 7-44. ձեղման քիմատրոնային վերափոխիչ

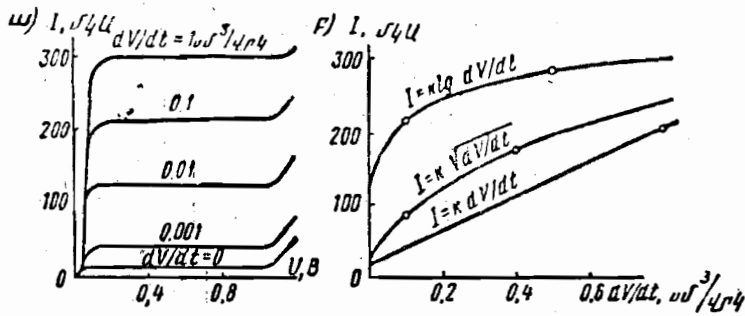
ծուլթի գունավորման փոփոխությամբ կամ էլ էլեկտրական եղանակով՝

լրացուցիչ համեմատող էլեկտրոդների միջոցով: Վերջին եղանակի վրա հիմնված են քիմատրոնային տրիոդները և տետրոդները, որոնք օգտագործվում են հաստատուն հոսանքի թույլ և փոփոխական հոսանքի ցածր և ինֆրացածր հաճախության ազդանշանները ինտեգրելու և ուժեղացնելու համար, տարբեր հաշվող-վճռող սարքերում որպես հիշողության տարր, ինչպես նաև բալիստիկ գալվանոմետրի փոխարեն մագնիսական չափումների ժամանակ:

Քիմատրոնային տրիոդների և տետրոդների սեփական ազմուկների մակարդակը ավելի ցածր է, քան տրանզիստորների և էլեկտրոնային լամպերինը:

Քիմատրոնները օգտագործվում են նաև որպես ոչ էլեկտրական մեծությունների վերափոխիչներ: Նկ. 7-44-ում ցույց է տրված ճնշման քիմատրոնային վերափոխիչի կառուցվածքը և չափող շղթային նրա միացման սխեման:

Մեկուսիչ նյութից պատրաստված սարքի գլանական իրանը բաժանված է երկու խցի, որոնք միացված են նեղ մղանցքով, որի մեջ մտցված է պլատինե օղակային (2) կաթոդը: Խցերում տեղադրված են պլատինե ցանցից պատրաստված (3) անոդները: Անոդների մակերեսը բավականին մեծ է կաթոդի մակերեսից: Ճակատներից իրանը հերմետիկ փակված է ճկուն (4) թաղանթով: Իրանը լցված է էլեկտրոլիտով, որը էլեկտրոդների հետ միասին կազմում է օքսիդացման վերականգնման համակարգ: Ըստ որում, իոնների Ag^+ օքսիդացված ձևի կոնցենտրա-



Նկ. 7-45. Քիմատրոնի վոլտամպերային բնութագրերը

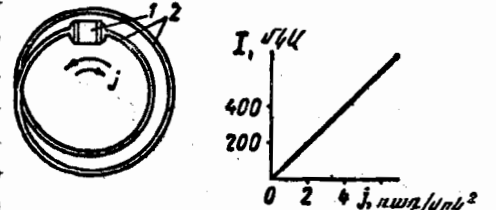
ցիան բավական փոքր է j^- վերականգնված ձևի կոնցենտրացիայից, այդ պատճառով էլ թաղանթների վրա արտաքին ազդեցության բացակայության դեպքում կաթոդի մոտ ստեղծվում է «փակվող» շերտ և սարքի միջով անցնում է միայն հանգստի փոքր հոսանք, որը պայմանավորված է j_3^- իոնների դեպի կաթոդ բնական կոնվեկցիայով:

Թաղանթներից մեկի վրա ճնշման ազդման դեպքում էլեկտրոլիտն սկսում է հոսել մի խցից մյուսը, այսինքն, կաթոդի շրջան են սրսկվում հոսանքի կրիչները, որոնք կաթոդի վրա վերականգնելով ավելացնում են հոսանքը:

Նկ. 7-45, ա-ում բերված են վերափոխիչի վոլտամպերային բնութագրերը էլեկտրոլիտի կաթոդային մղանցքով հոսելու տարբեր արագությունների դեպքում: Կաթոդի ձևի և մղանցքում նրա տեղավորվելու եղանակի համապատասխան ընտրումով կարելի է ստանալ հոսանքի ուժի և էլեկտրոլիտի հոսելու ծավալային արագության կախվածության տարբեր բնույթ (նկ. 7-45, բ):

Առաձգական թաղանթներով քիմատրոնային վերափոխիչները կարելի է օգտագործել փոփոխական ճնշումներ, արագացումներ և թրթրոցներ չափելու համար: Նրանց հիման վրա կարելի է ստեղծել ճնշման 0,1 Ն/մ² զգայունություն, 1 մկմ սինուսոիդ տատանումներ և 10^{-4} Ն ուժ չափող սարքեր:

Նկ. 7-46-ում ցույց են տրված անկյունային ակսելերոմետրի կառուցվածքը և բնութագիրը: այն բաղկացած է քիմատրոնային (1) վերափոխիչից, որին, թաղանթների փոխարեն, ամրացված են պլաստմասսայի բարակ (2) խողովակի մի քանի գալարներ: Համակարգը ամբողջությամբ լրցված է էլեկտրոլիտով:



Նկ. 7-46. Անկյունային ակսելերոմետրի կառուցվածքը (ա) և բնութագիրը (բ):

Անկյունային արագացման առկայության դեպքում հեղուկի իներցիայի հաշվին առաջանում է ճնշման տարբերություն, և համապատասխան հոսանք՝ չափման շղթայում: Այդպիսի վերափոխիչի զգայունությունը շատ փոքր է 0,001 ռադ/վ²:

Քիմատրոնային վերափոխիչի հաճախային միջակայքը վերևից սահմանափակված է իոնների դիֆուզիայի արագությամբ և սովորաբար չի գերազանցում մի քանի տասնյակ հերցից, հաճախային միջակայքի ներքին սահմանը սահմանափակված է թաղանթների կոշտությամբ և կաթոդային մղանցքի հիդրոդինամիկ դիմադրությունով: Թաղանթների փոքր կոշտության և հիդրոդինամիկ մեծ դիմադրության դեպքում այն կազմում է 0,01—0,001 Հց:

Գոյություն ունեն վերափոխիչներ, որոնց հաճախային միջակայքի վերևի սահմանը լայնացված է մինչև 100—200 Հց:

Քիմատրոնային վերափոխիչների զգայունության ջերմաստիճանային գործակիցը կազմում է +2,5 % °C:

- Ступель Ф. А. Электромеханические датчики и преобразователи неэлектрических величин. М.-Л., «Энергия», 1965.
- Таев И. В. Электромеханические реле. Харьков, 1956.
- Ступель Ф. А. Электромеханические аппараты в автоматике. М., «Высшая школа», 1975.
- Турчин А. М. Электрические измерения неэлектрических величин.
- Харазов К. И. Реле с магнитоуправляемыми контакторами. — М., «Энергия», 1971.
- Чунихин А. А. Электрические аппараты. М., «Энергия», 1975.
- Шевченко Г. И. Магнитно-анизотронные датчики. М., «Энергия», 1967.
- Электрические измерения. Под редакцией Шравмкова Е. Г., М., «Высшая школа», 1972.
- Юревич Е. И. Электромагнитные устройства автоматики. М.-Л., «Энергия», 1964.

ՕԳՏԱԳՈՐԾՎԱԾ ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- Атабеков Г. И., Купалян С. Д., Тимофеев А. Б., Хухриков С. С. Теоретические основы электротехники, ч. II, М., «Энергия», 1979.
- Бабинов М. А. Электрические аппараты, Т. 1 и 2. М.-Л. 1951, 1956.
- Буль Б. К., Гаврилов Г. Г. Классификация устройств, использующих принцип магнитного подвеса на постоянных магнитах и электромагнитах постоянного тока. «Изв. вузов Электромеханика», 1970, № 7, с. 741—751.
- Буль Б. К. Основы теории и расчета магнитных цепей. М., «Энергия», 1964.
- Буль Б. К., Шоффа В. Н. Реле на герметизированных магнитоуправляемых контакторах. — М., МЭИ, 1977.
- Витенберг М. И. Расчет электромагнитных реле. Л., «Энергия», 1975.
- Воробьева Т. М. Электромагнитные муфты. М.-Л., «Энергия», 1960.
- Вышков Ю. Д., Иванов В. И. Магнитные опоры в автоматике. М., «Энергия», 1978.
- Диковский Я. М., Капралов И. И. Магнитно-управляемые контакты. М., «Энергия», 1970.
- Иванов Е. А. Муфты проводов. М., 1954.
- Квартин М. Х. Электромеханические и магнитные устройства автоматики и их расчет. М., «Высшая школа», 1973.
- Коробков Ю. С., Умеренков А. С., Шибанов В. К. Устройства на герконах. — М.: МЭИ, 1978.
- Коробков Ю. С. Реле на ферридах. — М.: МЭИ, 1978.
- Новиков Ю. Н. Теория и расчет электрических аппаратов. М., «Энергия», 1970.
- Полков В. С., Барбаш и др., Ряховский О. А. Справочник по муфтам. М., «Машиностроение», 1979.
- Пучков А. С. Развитие конструкций низковольтных реле. — М.: «Высшая школа», 1980.
- Родштейн Л. А. Электрические аппараты низкого напряжения. М.-Л., «Энергия», 1964.
- Сахаров П. В. Проектирование электрических аппаратов. М., «Энергия», 1971.
- Сотсков Б. С. Основы расчета и проектирования электромеханических элементов, автоматических и телемеханических устройств. М., «Энергия», 1965.

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

Առաջաբան	3
Առաջին գլուխ	
1-1. Ավտոմատիկայի էլեկտրամեխանիկական ապարատների մագնիսական հա- մակարգերի տեսակները	4
1-2. Մոդելավորման և նմանության տեսության կիրառումը մագնիսական շղ- թաների հաշվարկում	10
1-3. Հաստատուն հոսանքի մագնիսական շղթաների հաշվարկը տեղամասերի մեթոդով	19
1-4. Փոփոխական հոսանքի մագնիսական շղթայի հաշվարկը էկրանի առկայու- թյան դեպքում	22
1-5. Հաշվիչ տեխնիկայի օգտագործումը մագնիսական շղթաների հաշվարկում	26

Երկրորդ գլուխ

էլեկտրական կոնտակտները և նրանց հիմնական հատկությունները

2-1. էլեկտրական կոնտակտների նշանակությունը և տեսակները	30
2-2. Կոնտակտների դասակարգումը	32
2-3. Կոնտակտների կառուցվածքը	34
2-4. Կոնտակտների հիմնական պարամետրերը	38
2-5. Կոնտակտների անցողիկ դիմադրությունը	39
2-6. Կոնտակտների մակերեսի ազդեցությունը	43
2-7. Կոնտակտային նյութեր	43
2-8. Կոնտակտների ընտրումը	45
2-9. Կոնտակտների բացվածքի ընտրումը	46
2-10. Կոնտակտների չափերի ընտրումը	46
2-11. Կոնտակտների սահմանային թուլատրելի հոսանքի որոշումը	48
2-12. Կոնտակտների սահմանային ջերմաստիճանի որոշումը	49

2-13. Կոնտակտների սահմանային Վոլտ-ամպերային բնութագիրը	50
2-14. Կոնտակտների մաշվածությունը	52
2-15. Կոնտակտների կայծմարման մեթոդները	54
2-16. Կոնտակտների թրթռումը (վիբրացիան)	56

Երրորդ գլուխ

էլեկտրամեխանիկական ռելեներ

3-1. Ռելեների դասակարգումը	62
3-2. Ռելեների հիմնական բնութագրերը և պարամետրերը	64
3-3. էլեկտրամագնիսական ռելեներ	69
3-4. էլեկտրամագնիսի ձգող ուժը	72
3-5. էլեկտրամագնիսական մեխանիզմի ստատիկ քարշային կամ էլեկտրամեխա- նիկական բնութագրերը և դրանց կառուցումը	74
3-6. Մի քանի տեսակի էլեկտրամագնիսների ձգող ուժը և դրանց էլեկտրամե- խանիկական բնութագրերը	77
3-7. էլեկտրամագնիսի մեխանիկական բնութագիրը	80
3-8. Ռելեի էլեկտրամեխանիկական և մեխանիկական բնութագրերի համաձայ- նեցումը	82
3-9. Արագ գործող էլեկտրամագնիսներ	84
3-10. Դանդաղ գործող էլեկտրամագնիսներ	87
3-11. Մեխանիկական հանգստացուցիչով դանդաղ գործող էլեկտրամագնիսներ	89
3-12. Փոփոխական հոսանքի էլեկտրամագնիսներ	93

Չորրորդ գլուխ

Քեռացված, մագնիսաէլեկտրական և ջերմային ռելեներ

4-1. Քեռացված էլեկտրամագնիսական ռելեներ	102
4-2. Քեռացված էլեկտրամագնիսական ռելեների հաշվարկը	104
4-3. Քեռացված ռելեների կառուցվածքը	109
4-4. ՔՔ տեսակի բարձրազգայուն քեռացված ռելե	115
4-5. ՔՔԸ տեսակի բարձրազգայուն քեռացված ռելե	117
4-6. ՔՔԸ-11 տեսակի բարձրազգայուն ռելե	118
4-7. ՔՔԸ-18 տեսակի բարձրազգայուն ռելեներ	119
4-8. ՔՔԸ 20, 24, 26, 28 տեսակի քեռացված ռելեներ	120
4-9. ՔՔԸ-12 տեսակի քեռացված ռելե	121
4-10. ՔՔԸ-32, 34, 36 տեսակի քեռացված ռելեներ	122
4-11. ՔՔԸ-43 տեսակի գերփոքր քեռացված ռելե	123
4-12. Մագնիսաէլեկտրական ռելեներ	124
4-13. Մագնիսաէլեկտրական ռելեների հիմնական բնութագրերը	126
4-14. Մագնիսաէլեկտրական ռելեների հաշվարկը	128
4-15. էլեկտրադինամիկական ռելե	130

4-16. Էլեկտրադինամիկական ուղեների բնութագրերը	133
4-17. Ինդուկցիոն և ինդուկցիոն-գինամիկական ուղեներ	136
4-18. Հոսանքի ուղեներ	137
4-19. Հաճախային ուղեներ	143
4-20. Դիմադրության ուղեներ	145
4-21. Էլեկտրական ջերմային ուղեներ	148
4-22. Երկմետաղ ջերմային ուղեների զգայունությունը	150
4-23. Երկմետաղի բաղկացուցիչ մասերը	151
4-24. Երկմետաղի տաքացման եղանակները	151
4-25. Երկմետաղին ներկայացվող պահանջները	151
4-26. Երկմետաղական մեխանիզմով ջերմային ուղեների հաշվարկը	152

Հիմնարար գլուխ

Էլեկտրամեխանիկական կցորդիչներ, մագնիսական և էլեկտրամագնիսական կախոցներ

Էլեկտրամեխանիկական կցորդիչներ	156
5-1. Սահիճ կամ ինդուկցիոն կցորդիչներ	157
5-2. Էլեկտրաստատիկ կցորդիչ	160
5-3. Շփման էլեկտրամագնիսական կցորդիչներ	160
5-4. Ֆերոփոշով շփման կցորդիչներ	167
5-5. Հիստերեզիսային կցորդիչներ	171
5-6. Էլեկտրամագնիսական և մագնիսական կախոց	175

Վեցերորդ գլուխ

Մագնիսականավարձող հերմետիկ կոնտակտներ (հերմետիկներ)

6-1. Հերմետիկների և հերմետիկային ուղեների աշխատանքի սկզբունքը	187
6-2. Հերմետիկային ուղեի մագնիսական դաշտը և մագնիսական շղթայի փոխարինման սխեման	195
6-3. Հերմետիկային ուղեների հիմնական տեսակները և կառուցվածքները	200
6-4. Հեղուկ մետաղական հերմետիկներ	206
6-5. Ֆերոփոշիներ	208
6-6. Ոչ էլեկտրական մեծությունների հերմետիկային վերափոխիչներ	218

Յոթերորդ գլուխ

Էլեկտրական վերափոխիչներ

7-1. Դիմադրության վերափոխիչներ	220
1. Պոտենցիոմետրական վերափոխիչներ	220
2. Հաղորդալարային վերափոխիչներ	226
3. Կոնտակտային վերափոխիչներ	235
7-2. Կոնտակտային դիմադրության վերափոխիչ	238

7-3. Ինդուկտիվ վերափոխիչներ	239
7-4. Ինդուկտիվ վերափոխիչի աշխատանքի սկզբունքը	241
7-5. Ինդուկցիոն վերափոխիչներ	247
7-6. Մագնիսաառաձգական վերափոխիչներ	250
7-7. Մագնիսաառաձգական վերափոխիչների հատկությունները	252
7-8. Մագնիսաառաձգական վերափոխիչների չափման սխալը	254
7-9. Ունակային վերափոխիչներ	255
7-10. Ունակային վերափոխիչների հիմնական տեսակները	256
7-11. Ունակային վերափոխիչների առավելությունները և թերությունները	262
7-12. Էլեկտրետային վերափոխիչները և նրանց աշխատանքի սկզբունքը	264
7-13. Էլեկտրետային վերափոխիչների օգտագործումը	266
7-14. Ջերմային դիմադրության վերափոխիչներ	266
7-15. Մետաղական ջերմադիմադրություններ (թերմիստորներ)	267
7-16. Կիսահաղորդիչային ջերմադիմադրություններ	270
7-17. Ջերմադիմադրության օգտագործումը	276
7-18. Լուսային վերափոխիչներ	279
7-19. Ռադիոակտիվ վերափոխիչներ	281
7-20. Ռադիոակտիվ վերափոխիչների օգտագործումը	282
7-21. Իոնային վերափոխիչներ	283
7-22. Էլեկտրաբիմիական վերափոխիչներ	284
7-23. Դիմադրության էլեկտրոլիտիկ վերափոխիչներ	284
7-24. Էլեկտրաբիմիական վերափոխիչները մեխանիկական մեծություններ չափելու համար	285
7-25. Էլեկտրոլիտիկ տենզովերափոխիչներ	285
7-26. Էլեկտրոլիտների խտությունը չափող էլեկտրոլիտիկ վերափոխիչներ	286
7-27. Քիմատրոնային վերափոխիչներ	290
Օգտագործված գրականություն	

Ալբերտ Ժորժի Աղանանուկյան
ԷԼԵԿՏՐԱՄԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԱՊԱՐԱՏՆԵՐԸ
ԱՎՏՈՄԱՑԻԿԱՑՈՒՄ

Ուսումնական ձեռնարկ քույրերի էլեկտրատեխնիկական և
էներգետիկական մասնագիտությունների ուսանողների համար

Մասնագետ խմբագիր՝ Յ. Հ. Ավետիսյան
Խմբագիր՝ Մ. Ի. Մառգարյան
Նկարիչ՝ Գ. Ս. Պողոսյան
Գեղ. խմբագիր՝ Բ. Վ. Մազմանյան
Տեխն. խմբագիր՝ Ռ. Ն. Ախիջյան
Վերստուգող սրբագրիչ՝ Ս. Հ. Զավախյան

Հանձնված է շտրվածքի 04.12.1985 թ.: Ստորագրված է տպագրության 23.10.1986 թ.:
ՎՋ—03122
Քուղի՝ № 2, 60×90/16: Տպագրությունը՝ բարձր, տառատեսակը՝ «Գրքի տվերական»:
Հրատ. 16,5 մամ., տպագր. 18,5 մամ., տպ. 18,5 գրն. թ. օտ.:
Տպագրանակ՝ 3000: Պատվեր՝ 2481: Գինը՝ 90 կոպ.

«Լույս» հրատարակչություն, Երևան—9, Կիրովի 19 առ
Իздательство «Луйс», Ереван-9, ул. Кирова 19а.

ՀԱՄԱՆ ԵՐԱՆՈՒԹՅԱՆ ԵՐԱՆՈՒԹՅԱՆ ԳԻՏԱԿԱՆ ԿԵՆՏՐՈՆԻ ԿՈՄԻՏԵ
Հրատարակչություն՝ Երևանի գրքերի և գրքի տպարի գործերի պետական
կոմիտեի շենքում, Երևան—9, Տերյան 91,
Подписано в печать 23.10.86, Москва, Межднарта Госкомитета Арм. ССР по делам из-
дательств, полиграфии и книжной торговли. Ереван-9, ул. Теряна, 91.