

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ  
ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ  
ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ ԱԶԳԱՅԻՆ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ

ՄԱՐԳՍՅԱՆ ՎԱԼԵՐԻ ՆԻԿՈԼԱՅԻ

ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ՄԵՔԵՆԱՆԵՐ ԵՎ  
ՏՐԱՆՍՖՈՐՄԱՏՈՐՆԵՐ

ՄԱՍ 1

Ուսումնական ձեռնարկ

ԵՐԵՎԱՆ  
ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ ԱԶԳԱՅԻՆ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ  
2011



---

---

## Ն Ա Խ Ա Բ Ա Ն

Ներածական մասում նշված է էլեկտրական մեքենաների և տրանսֆորմատորների նշանակությունը և ֆունկցիաները:

Գրքի առաջին գլխում՝ «Էլեկտրական մեքենաների և տրանսֆորմատորների դասակարգումը և կառուցվածքային առանձնահատկությունները», տրված են՝ ընդհանուր տեղեկություններ էլեկտրական մեքենաների և տրանսֆորմատորների մասին, էլեկտրական մեքենաների և տրանսֆորմատորների դասակարգումը, էլեկտրական մեքենաների և տրանսֆորմատորների կառուցվածքային առանձնահատկությունները:

Երկրորդ գլխում՝ «Տրանսֆորմատորներ», քննարկվում են տրանսֆորմատորների հիմնական սկզբունքային և կառուցվածքային տեսակները, տրանսֆորմատորների աշխատանքի սկզբունքը, էլշունների և Մշունների առաջացումը և նրանց հավասարումները, տրանսֆորմատորների պարապ ընթացքի և կարճ միացման ռեժիմները, կորուստները, կարողության և հզորության գործակիցները, տրանսֆորմատորների աշխատանքը բեռի տակ, զուգահեռ աշխատանքը և լարման կարգավորումը:

Երրորդ գլխում՝ «Ասինխրոն մեքենաներ», քննարկվում են ասինխրոն մեքենաների կառուցվածքը, աշխատանքի սկզբունքը, հիմնական աշխատանքային ռեժիմները և փոխարինման սխեման, էլեկտրամագնիսական մոմենտը, շարժիչի մեխանիկական բնութագրերը, խորը փորակով երկվանդակ ասինխրոն շարժիչների առանձնահատկությունները, եռաֆազ կարճ միացված և ֆազային ռոտորով ասինխրոն շարժիչների թողարկման և արագության կարգավորման եղանակները:

Չորրորդ գլխում՝ «Ասինխրոն մեքենաներում և տրանսֆորմատորների հաճախակի հանդիպող անսարքությունները դրանց հայտնաբերման ու վերացման եղանակները», քննարկվում են ասինխրոն մեքենաների շահագործման ընթացքում դրանց սպասարկման, անսարքությունների (խախտումների) կանխարգելման միջոցառումները, ինչպես նաև կարճ միացումներից, գերլարվածություններից, փաթույթի և մեկուսիչ մասերի էլեկտրադինամիկական ուժերից և բնական ծերացումներից առաջացած անսարքությունների հայտնաբերումը և դրանց վերացման (վերանորոգման) եղանակները:

Հինգերորդ գլխում՝ «Ասինխրոն մեքենաների և տրանսֆորմատորների տարատեսակները», քննարկվում են կենցաղում և ավտոմատիկ սարքերում կիրառվող ասինխրոն մեքենաները և տրանսֆորմատորները: Միաֆազ ասինխրոն շարժիչներ, կոնդենսատորային ասինխրոն շարժիչի միացումը միաֆազ ցանցին, գծային և աղեղնաստատորային ասինխրոն շարժիչներ: Ավտոտրանսֆորմատորներ, աղեղնային եռակցման տրանսֆորմատորներ:

---

---

## ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ

Արդյունաբերության, տրանսպորտի, գյուղատնտեսության և բնակչության կենցաղապասարկման վերընթաց զարգացումը պայմանավորված է տարբեր էլեկտրատեխնիկական սարքավորումների կիրառմամբ: Այդ սարքավորումների հիմնական տեսակներից են էլեկտրական մեքենաները, որոնք մեխանիկական են, էներգիան փոխակերպում են էլեկտրականի և ընդհակառակը՝ էլեկտրական էներգիան՝ մեխանիկականի, ինչպես և էլեկտրական էներգիայի մի տեսակը՝ մի այլ տեսակի:

Մեխանիկական էներգիայի փոխակերպումը էլեկտրականի իրագործվում է էլեկտրական մեքենաների օգնությամբ, որոնք կոչվում են էլեկտրական գեներատորներ: Գեներատորները պատման մեջ են դրվում շոգետուրբինների, հիդրավիկական և գազային տուրբինների միջոցով, ինչպես նաև ներքին այրման և այլ առաջնային շարժիչներով:

Շատ դեպքերում էլեկտրական էներգիան, որն արադրվում է էլեկտրակայաններում, նորից փոխակերպվում է մեխանիկականի՝ տարբեր մեքենաներ և մեխանիզմներ աշխատեցնելու համար: Այդ նպատակով օգտագործվում են էլեկտրական մեքենաներ, որոնք կոչվում են *էլեկտրական շարժիչներ*:

Ժամանակակից էլեկտրակայաններում սովորաբար արտադրվում է փոփոխական հոսանք, և այն սպառողներին փոխանցելու համար (հաղորդման գծերով և էլեկտրական ցանցերով) անհրաժեշտ է լինում փոխել հոսանքի լարումը: Փոփոխական հոսանքի այդպիսի փոփոխումը կամ տրանսֆորմացիան կատարվում է փոխակերպիչների օգնությամբ, որոնք կոչվում են *տրանսֆորմատորներ*:

Տրանսֆորմատորները ստատիկ էլեկտամագնիսական սարքավորումներ են, որոնք չունեն պտտվող մասեր: Սակայն նրանց աշխատանքի և կառուցածքի սկզբունքում շատ համընդհանուր բան կա պտտվող էլեկտրական մեքենաների հետ, այդ պատճառով դրանք նույնպես դասվում են էլեկտրական մեքենաների շարքը: Գոյություն ունեն նաև այլ տեսակի էլեկտրական մեքենաներ:

Կախված էլեկտրական հոսանքի բնույթից՝ էլեկտրական մեքենաները ստորաբաժանվում են հաստատուն և փոփոխական հոսանքի մեքենաների: Էլեկտրական մեքենաները պատրաստվում են հզորության շատ լայն սահմաններում՝ վատտի մասերից մինչև միլիոն կՎտ և ավելի բարձր:

---

---

# 1. ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ՄԵՔԵՆԱՆԵՐԻ ԵՎ ՏՐԱՆՍՖՈՐՄԱՏՈՐՆԵՐԻ ԴԱՍԱԿԱՐԳՈՒՄԸ ԵՎ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԱՅԻՆ ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

## 1.1. Ընդհանուր տեղեկություններ էլեկտրական մեքենաների մասին

Էլեկտրական մեքենաներում էներգիան փոխակերպվում է մագնիսական դաշտի միջոցով: Այդպիսի մեքենաները կոչվում են *ինդուկտիվ*:

Հնարավորինս ուժեղ մագնիսական դաշտ ստեղծելու համար կիրառվում են ֆերոմագնիսական միջուկներ, որոնցից յուրաքանչյուրը էլեկտրական մեքենաների անբաժանելի մասերն են: Փոփոխական մագնիսական դաշտերի դեպքում միջուկները պատրաստում են թերթավոր էլեկտրատեխնիկական պողպատից՝ մրրկային հոսանքները թուլացնելու և դրանցից առաջացած էներգիայի կորուստները փոքրացնելու նպատակով: Էլեկտրական մեքենաների մյուս անբաժանելի մասերը հաղորդիչ նյութերից պատրաստված փաթույթներն են, որոնցով հոսում են էլեկտրական հոսանքներ: Փաթույթների էլեկտրական մեկուսացման համար օգտագործվում են զանազան էլեկտրամեկուսիչ նյութեր:

Էլեկտրական մեքենաներն օժտված են հակադարձելիությամբ, յուրաքանչյուր էլեկտրական գեներատոր կարող է աշխատել որպես շարժիչ և հակառակը, իսկ յուրաքանչյուր տրանսֆորմատորում և էլեկտրական էներգիայի էլեկտրամեքենայական փոխակերպիչում էլեկտրական էներգիայի ուղղությունը կարող է փոխվել հակառակ ուղղությամբ: Այնուամենայնիվ, պատրաստված յուրաքանչյուր մեքենա սովորաբար նախատեսվում է աշխատանքի մի որոշակի ռեժիմի համար, օրինակ, կամ որպես գեներատոր, կամ որպես շարժիչ: Տրանսֆորմատորներում նույնպես փաթույթներից մեկը նախատեսվում է որպես էլեկտրաէներգիայի ընդունիչ (առաջնային փաթույթ), իսկ մյուսը (երկրորդային փաթույթը)՝ որպես էներգիայի հաղորդիչ: Այդ դեպքում հնարավոր է դառնում լավագույն ձևով մեքենան հարմարեցնել աշխատանքի առաջարկած պայմաններին և հասնել նյութերի լավագույն օգտագործմանը, այսինքն՝ ստանալ մեքենայի միավոր զանգվածից ամենամեծ հզորություն:

Էլեկտրական մեքենաների լայն տարածումը պայմանավորված է նրանց էներգետիկական բարձր ցուցանիշներով, էներգիայի մատուցման և փոխանցման հարմարությամբ, ամենատարբեր հզորությունների, պտտման արագությունների համար նրանց իրագործման հնարավորությամբ, ինչպես նաև սպասարկման հարմարությամբ և ղեկավարման պարզությամբ:

---

---

Էլեկտրական մեքենաներում էներգիայի փոխակերպումն անխուսափելիորեն կապված է կորուստների հետ, որոնք առաջանում են ֆերոմագնիսական միջուկների վերամագնիսացումից, հաղորդիչով հոսանք անցնելուց, առանցքակալներում եղած շփումից, օդի շփումից և այլն: Այդ պատճառով էլեկտրական մեքենային մատուցվող հզորությունը միշտ մեծ է ստացվող կամ օգտակար հզորությունից, իսկ օգտակար գործողության գործակիցը (օ.գ.գ.) փոքր է 100%-ից:

Այնուամենայնիվ, էլեկտրական մեքենաները, համեմատած ջերմային և որոշ այլ տիպի մեքենաների հետ, համարվում են էներգիայի ամենակատարելագործված փոխակերպիչները բավականին բարձր օ.գ.գ.-ով: Ամենահզոր էլեկտրական մեքենաներում օ.գ.գ.-ն հասնում է 98, 99%, իսկ 10 Վտ հզորության մեքենաներում օ.գ.գ.-ն կազմում է 20-40%:

Էլեկտրական մեքենաներում էներգիայի կորուստը վերածվում է ջերմության և մեքենայում առաջ է բերում առանձին մասերի տաքացում: Մեքենայի հուսալիության և ծառայության անհրաժեշտ ժամկետն ապահովելու նպատակով պետք է այդ տաքացումը սահմանափակել: Ջերմության նկատմամբ ամենազգայուն մասերը համարվում են էլեկտրամեկուսիչ նյութերը, և հատկապես նրանց որակով էլ որոշվում է մեքենայի թույլատրելի տաքացման մակարդակը: Էլեկտրական մեքենաներում մեծ նշանակություն ունի նաև ջերմության հեռացման լավ պայմանների ստեղծումը և էլեկտրական մեքենաների հովացումը: Էլեկտրական մեքենաներում էներգիայի կորուստները մեծանում են բեռնավորման մեծացմանը զուգընթաց, իսկ դրա հետ միասին մեծանում է նաև մեքենայի տաքացման աստիճանը: Այդ պատճառով բեռնվածքի ամենամեծ հզորությունը, որը թույլատրվում է տվյալ մեքենայի համար, բնորոշվում է գլխավորապես նրա տաքացման թույլատրելի մակարդակով, ինչպես նաև մեքենայի առանձին մասերի մեխանիկական ամրությամբ, շփվող կոնտակտներից հոսանք հանելու պայմաններով և այլն:

Փոփոխական հոսանքի էլեկտրական մեքենաների ռեժիմի լարվածությունը էլեկտրամագնիսական բեռնվածքների (մագնիսական ինդուկցիայի և հոսանքի խտության մեծությունները և այլն), էներգիայի կորուստների և տաքացման նկատմամբ բնորոշվում է ոչ թե ակտիվ, այլ լրիվ հզորությամբ, որոհետև մեքենայի մագնիսական հոսքի մեծությունը որոշվում է լրիվ լարումով և ոչ թե նրա ակտիվ բաղադրիչով: Այն օգտակար հզորությունը, որի համար հաշվարկված է էլեկտրական մեքենան, կոչվում է *անվանական*: Մյուս բոլոր մեծությունները, որոնք բնութագրում են մեքենայի աշխատանքն այդ հզորության ժամանակ, նույնպես կոչվում են *անվանական*: Դրանց են վերաբերում անվանական լարումը, հոսանքը, պտտման արագությունը, օ.գ.գ.-ն և այլ մեծություններ, իսկ փոփոխական հոսանքի մեքենա-

---

---

ների համար՝ անվանական հաճախությունը և անվանական հզորության գործակիցը ( $\cos\varphi$ ):

Հիմնական մեծությունները նշվում են մեքենայի անձնագրացուցանակում (վահանակի վրա), որն ամրացված է մեքենային: Ընդունված է շարժիչում անվանական հզորությունը համարել մեքենայի լիսեռի վրա եղած օգտակար հզորությունը, իսկ գեներատորի համար այն էլեկտրական հզորությունը, որն ստացվում է նրա ելքային սեղմակներից: Այդ դեպքում փոփոխական հոսանքի գեներատորների համար տրվում է կամ լրիվ, կամ ակտիվ անվանական հզորություն: Տրանսֆորմատորների և փոփոխական հոսանքի մի քանի այլ տեսակի մեքենաների ցուցանակներում նշում է լրիվ անվանական հզորությունը:

Էլեկտրական մեքենաների անվանական լարումները համաձայնեցված են էլեկտրական ցանցերի ստանդարտ անվանական լարումների հետ: Էլեկտրական շարժիչների և տրանսֆորմատորների առաջնային փաթույթների անվանական լարումներն այդ դեպքում ընդունվում են էլեկտրական ցանցերի ստանդարտ լարումներին հավասար, իսկ գեներատորների և տրանսֆորմատորների երկրորդային փաթույթների համար 5-10% բարձր, ցանցերում լարման անկման կոմպենսացման նպատակով: Էլեկտրական մեքենաների ամենաշատ օգտագործվող անվանական լարումներն են. հաստատուն հոսանքի շարժիչների համար՝ 110, 220 և 440 Վ, հաստատուն հոսանքի գեներատորների համար՝ 115, 230 և 460 Վ, փոփոխական հոսանքի շարժիչների և տրանսֆորմատորների երկրորդային փաթույթների համար՝ 230, 400, 690 Վ և 3.15, 6.3, 10.5, 21 կՎ (տրանսֆորմատորների երկրորդային փաթույթների համար՝ 3.3, 6.6, 11 և 22 կՎ): Տրանսֆորմատորների առաջնային փաթույթների համար ավելի բարձր ստանդարտ լարումներն են 35, 110, 150, 220, 330, 500 և 750 կՎ և երկրորդային փաթույթների համար՝ 38.5, 121, 165, 242, 347, 525 և 787 կՎ: Եռաֆազ սարքավորումների համար անձնագրային ցուցանակներում նշվում են լարման գծային արժեքները:

Աշխարհի շատ երկրներում, ինչպես նաև ՀՀ-ում արդյունաբերական հոսանքի հաճախությունը հավասար է 50 Հց, և փոփոխական հոսանքի մեքենաների մեծամասնությունը նույնպես պատրաստվում է 50 Հց հաճախության համար:

---

---

## 1.2. Էլեկտրական մեքենաների դասակարգումը

Ըստ նշանակության՝ էլեկտրական մեքենաները բաժանվում են հետևյալ տեսակների:

*Գեներատորներ* - մեխանիկական էներգիան ձևափոխում են էլեկտրական էներգիայի: Գեներատորները տեղակայվում են էլեկտրական կայաններում և տարբեր տրանսպորտային միջոցներում՝ ավտոմեքենաներում, ինքնաթիռներում, նավերում, ջերմաքարշերում, շարժական էլեկտրակայաններում և այլն:

*Էլեկտրական շարժիչներ* - էլեկտրական էներգիան ձևափոխում են մեխանիկական էներգիայի: Նրանք շարժման մեջ են դնում տարբեր մեքենաներ, մեխանիզմներ, քարշակներ և այլ հարմարանքներ, որոնք օգտագործվում են տնտեսության տարբեր բնագավառներում (արդյունաբերություն, գյուղատնտեսություն, կենցաղ, տրանսպորտ, ավտոմատ կառավարման համակարգեր և այլն):

*Էլեկտրամեքենայական ձևափոխիչներ* - փոփոխական հոսանքը ձևափոխում են հաստատուն հոսանքի և հակառակը, փոփոխում են հաստատուն և փոփոխական լարման մեծությունը, հաճախականությունը, ֆազաների թիվը և այլն: Օգտագործվում են արդյունաբերությունում, տրանսպորտում, ռազմական տեխնիկայում և այլն:

*Էլեկտրամեքենայական ուժեղացուցիչներ* - օգտագործվում են հարաբերական մեծ հզորության սարքավորումների կառավարման համար, ստանալով փոքր հզորության ազդանշաններ:

*Էլեկտրամեխանիկական ազդանշանային ձևափոխիչներ* - ընդունում, ձևափոխվում և ուժեղացնում է տարբեր ազդանշաններ, դրանք տարբեր տեսակի միկրոմեքենաներ են, որոնք լայն կիրառություն ունեն ավտոմատ կարգավորման, չափիչ և հաշվիչ համակարգերում՝ հանդիսանալով որպես տարբեր տեսակի ազդանշանային տվիչներ, համեմատող տվիչներ, կարգավորող սարքեր:

*Էլեկտրական մեքենաներն ըստ հոսանքի տեսակի և աշխատանքի սկզբունքի* դասակարգվում են.

*Էլեկտրական մեքենաներն ըստ հոսանքի տեսակի* բաժանվում են երկու խմբի՝ փոփոխական և հաստատուն հոսանքի:

Փոփոխական հոսանքի մեքենաներն ըստ աշխատանքի սկզբունքի և էլեկտրամագնիսական համակարգի բաժանվում են 4 հիմնական խմբի. տրանսֆորմատորներ, ասինխրոն, սինխրոն և կոլեկտորային մեքենաներ:

Ըստ հզորության՝ էլեկտրական մեքենաները պայմանականորեն բաժանվում են 5 խմբի միկրոմեքենաներ, փոքր հզորության մեքենաներ, միջին և մեծ հզորության:

---

---

Միկրոմեքենաները, որոնց հզորությունը փոքր կամ հավասար է 500 Վտ: Այս մեքենաներն աշխատում են հաստատուն և փոփոխական հոսանքներով և մինչև 2000 Հց հաճախականության սնման լարումով:

Փոքր հզորության մեքենաների հզորությունը 0,5-10 ԿՎտ է, աշխատում են հաստատուն և փոփոխական հոսանքով:

Միջին հզորության մեքենաների հզորությունը սկսվում է 10 ԿՎտ-ից մինչև մի քանի հարյուր ԿՎտ, որից ավելի հզորություն ունեցող մեքենաները դասվում են մեծ հզորություն ունեցող մեքենաների շարքին: Ըստ պտտման արագության՝ էլեկտրական մեքենաները պայմանականորեն դասակարգվում են դանդաղաշարժ՝ մինչև 300 պտ/րոպե, միջին՝ 300-1500պտ/րոպե, արագընթաց՝ 1500-6000 պտ/րոպե:

Գերարագ մեքենաներն այն մեքենաներն են, որոնց պտտման արագությունը հասնում է մինչև 60000 պտ/րոպե միջին և մեծ հզորության մեքենաները սովորաբար լինում են մինչև 3000 պտ/րոպե արագության:

Բոլոր էլեկտրական մեքենաներին և տրանսֆորմատորներին ներկայացվող հիմնական պահանջներից են աշխատանքի ընթացքում ունենալ բարձր հզորություն, լավ էներգետիկ ցուցանիշներ ( $\eta \cos \varphi$ ), հնարավորինս փոքր չափեր, կշիռ և արժեք: Էլեկտրական մեքենաները պետք է լինեն պարզ կառուցվածքի, հեշտ պատրաստվող և հարմար՝ վերանորոգման սպասարկման ու շահագործման աշխատանքներին:

Յուրաքանչյուր էլեկտրական մեքենա նախատեսված է շահագործման որոշակի պայմաններում աշխատելու համար՝ բեռնավորվածության ռեժիմներ, գերբեռնավորվածության թույլատրելի սահմաններ, լարում, փոփոխական հոսանքի հաճախականություն, պտտման արագություն, միջավայրի ջերմաստիճան, ծովի մակերևույթից բարձրություն, միջավայրի խոնավություն և այլն: Միաժամանակ հաշվի առնելով այս բոլոր պայմանները՝ մեքենան պետք է զարգացնի անվանական հզորություն և աշխատի անխափան, սահմանված (նախատեսված) ժամանակահատվածում:

Մեքենայի հուսալի աշխատանքն ապահովվում է նախագծման ժամանակ նախատեսված պաշարով, պատրաստման տեխնոլոգիայով, հավաքման, մոնտաժման և շահագործման ընթացքում կատարվող վերանորոգման և սպասարկման աշխատանքներով:

Էլեկտրական մեքենայի նախագծման ժամանակ պետք է ապահովվեն.

1. Մեքենայի բոլոր մասերի մեխանիկական ամրությունը (լիսեռ, հենոց, ռոտոր, ստատոր, փաթույթի ամրացման մասեր, առանցքակալներ, առանցքակալային վահաններ, օդափոխիչ և այլն): Այս բոլոր մասերը պետք է կայուն լինեն

---

---

կարճատև գերբեռնավորվածությունների (ըստ հոսանքի) և պտտման արագության մեծացման դեպքերում:

2. Փաթույթի մեկուսացման էլեկտրական ամրություն, որն իր մեկուսիչ որակը չպետք է կորցնի մեքենայի երկարատև շահագործման ընթացքում, մեկուսացում իրանի նկատմամբ, փաթույթների և գալարների միջև ու ապահովվեն փորձարկման բարձր լարումներից:

3. Էլեկտրական մեքենայի բավարար հովացում, աշխատանքի ժամանակ առաջանում է ջերմություն (մագնիսալարում՝ սահող հոլովակներում, փաթույթում, առանցքակալներում), որոնց նկատմամբ առավել զգայուն են փաթույթների էլեկտրամեկուսացման նյութերը (մեկուսիչներ), որոնց որակով և պայմանավորված է էլեկտրական մեքենաների թույլատրելի գերտաքացումը:

4. Էլեկտրամագնիսական բեռնվածքների ընտրումը (հոսանքի խտությունը փաթույթներում և ինդուկցիան մագնիսալարի առանձին տեղամասերում), որի ժամանակ փաթույթներում և մագնիսալարում անջատված ջերմությունը, հովացման համակարգը հասցնում է դուրս փչել մեքենայից և չի թույլատրում մեքենայի գերտաքացում:

5. Հաստատուն հոսանքի մեքենաներում ձեռնարկել կառուցվածքային միջոցառումներ (լրացուցիչ բևեռներ, կոմպենսացնող փաթույթ, համապատասխան մակնիշի խոզանակներ), որոնք սահմանափակում են անթույլատրելի կայծարձակման սահմանը կոլեկտորի վրա անվանական բեռնավորվածության ռեժիմում:

Էլեկտրական մեքենաները և տրանսֆորմատորները պետք է բավարարեն նաև մոնտաժման, շահագործման փորձարկման և անվտանգության տեխնիկայի կանոնակարգերով ներկայացված պահանջներին:

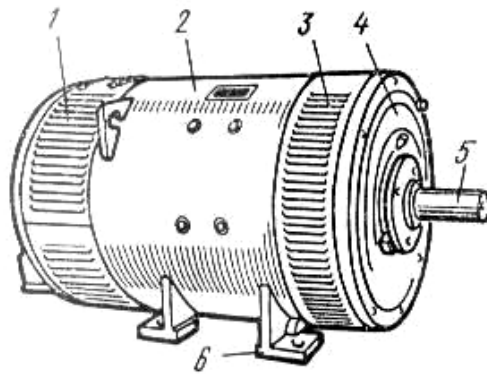
### **1.3. Էլեկտրական մեքենաների կառուցվածքային առանձնահատկությունները**

Էլեկտրական մեքենաների կառուցվածքային առանձնահատկությունները մեծ մասամբ որոշվում են արտաքին գործոնների ազդեցություններից պաշտպանվածությամբ, դրանից կախված ստանդարտներով որոշվում է էլեկտրական մեքենաների կատարումը և տառաթվային նշագրումը, որը բաղկացած է 2 տառից IP (International Protection) և 2 թվից: Առաջին թիվը (0-ից 6) բնութագրում է սպասարկող անձնակազմի հոսանքատար և պտտվող մասերից, պաշտպանվածության աստիճանը և մեքենայի մեջ կողմնակի մարմիններ ընկնելուց: Երկրորդ թիվը (0-ից

մինչև 8) բնութագրում է մեքենայի մեջ խոնավության ներթափանցումից պաշտպանվածության աստիճանը:

Ըստ կատարման՝ էլեկտրական մեքենաները լինում են՝ բաց, պաշտպանված, անձրևի կաթիլներից պաշտպանված, ցուրքերից պաշտպանված, ջրից պաշտպանված, փոշուց պաշտպանված, փակ հերմետիկ, պայթյունաանվտանգ:

Օրինակ, IPOO մակնիշավորված մեքենաները բաց տիպի մեքենաներ են և չունեն պաշտպանվածության ոչ մի աստիճան: IP21 և IP22 մեքենաները պաշտպանված մեքենաներ են, նրանց ընդհանուր տեսքը պատկերված է նկ. 1.1-ում:

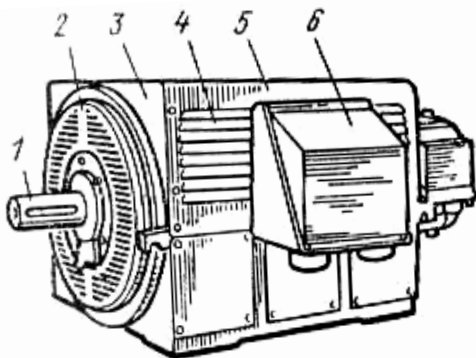


**Նկ. 1.1. Հաստատուն հոսանքի շարժիչ IP 22 պաշտպանվածության կարգով.**

1, 3 - հովացնող օդի մուտքի և ելքի պատուհաններ, 2 - հենոց, 4 - առանցքակալային վահան, 5 - լիսեռ, 6 - ամրացման թափիկ

Այս մեքենաները տեղակայվում են միայն փակ շինություններում, քանի որ նրանք չունեն անհրաժեշտ կառուցվածքային հարմարանքներ՝ անձրևից պաշտպանվելու համար:

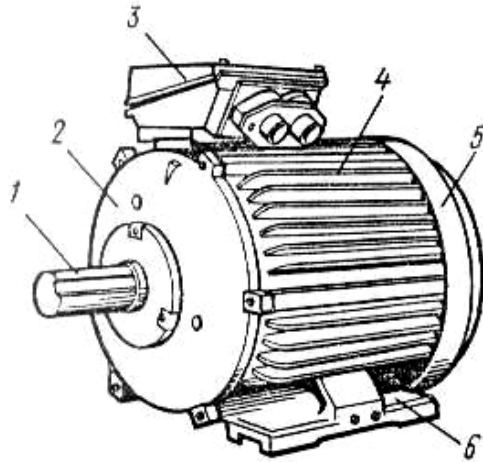
Ցուրքերից և կաթիլներից պաշտպանված մեքենաները համարանշվում են IP23 - IP24: Կառուցվածքն այնպիսին է, որ հոսանքատար և պտտվող մասերին ջրի կաթիլները և ցուրքերը չեն կարող կաչել:



**Նկ. 1.2. Ասինխրոն շարժիչ IP 23 պաշտպանվածության կարգով.**

1 - լիսեռ, 2, 4 - հովացնող օդի մուտքի և ելքի պատուհաններ, 3 - առանցքակալային վահան, 5 - հենոց, 6 - ներանցիչների տուփ

Այս մեքենաների ներսի տարածքը մեկուսացված է արտաքին միջավայրից: Այսպիսի մեքենաներն աշխատում են փոշոտ շինություններում, շարժվող տրանսպորտային միջոցներում և այլն: Փակ մեքենաների թվին են դասվում նաև այն մեքենաները, որոնց հովացումը կատարվում է (օդ, գազ, ջուր և այլն) փակ շրջայով (նկ. 1.3):



**Նկ. 1.3. Փակ կառուցվածքի ասինխրոն շարժիչ IP 44 պաշտպանվածության կարգով.**  
 1 - լիսեռ, 2, 5 - առանցքակալային վահան, 3 - ներանցիչների տուփ, 4 - հենոցի հովացման կողեր, 5 - թափիկներ

Պայթյունասանվտանգ մեքենաների կառուցվածքն այնպիսին է, որ մեքենայի ներքին ծավալն արտաքին շրջակա միջավայրից մեկուսացված է այնպես, որ մեքենայի ներսում կատարված պայթյունները (կարճ միացում) և դրանցից առաջացած կրակն ու գազերը չեն կարող թափանցել արտաքին միջավայր և հակառակը, արտաքին միջավայրից չեն կարող թափանցել մեքենայի մեջ:

Նախագծվում և պատրաստվում են նաև այնպիսի էլեկտրական մեքենաներ, որոնք աշխատում են հատուկ պայմաններում, գեր (խոնավ, սառը, տաք, քիմիական, ճառագայթային և այլն) միջավայրերում:

Ըստ կլիմայական պայմանների՝ էլեկտրական մեքենաների կառուցվածքը նշագրվում է մեկ կամ երկու տառով: Էլեկտրական մեքենաների շահագործման ժամանակ նորմալ կլիմայական միջավայր համարվում է, երբ միջավայրի ջերմաստիճանը չի գերազանցում  $(25 \pm 10)^\circ\text{C}$ -ից: Օդի միջին խոնավությունը  $35 \pm 80$  է, իսկ մթնոլորտային ճնշումը 84-106 կՊա: Էլեկտրական մեքենաները, որոնք պետք է աշխատեն բարենպաստ կլիմայական գոտիներում, նշագրվում են (Y) տառով, ցածր գոտիներում (XII), խոնավ (TB) և չոր արևադարձային գոտիներում (TC),

---

---

խոնավ արևադարձային գոտիներում (T), ցամաքում ընդհանուր կլիմայական գոտիներում (O), (OM) ծովերում և այլն:

Ըստ էլեկտրական մեքենաների տեղադրման տեղի պայմանների՝ նախատեսված են էլեկտրական մեքենաներ, որոնք ունեն տարբեր կառուցվածքային առանձնահատկություններ, և նշագրվում են թվերով: Օրինակ, շարժիչներ, որոնք կարող են աշխատել բաց միջավայրում (օդում) նշագրվում են (1) թվով: Փակ շինություններում, որտեղ օդի ջերմաստիճանը և մթնոլորտային խոնավությունը բաց տարածքից զգալի չի տարբերվում, նշագրվում է (2) թվով: Փակ շինություններում, որտեղ ջերմաստիճանը, օդի հարաբերական խոնավությունը, ինչպես նաև փոշու և ավազի ազդեցությունը մեքենայի վրա զգալի փոքր է, քան բաց օդում նշագրվում է (3) թվով: Շինություններում, որտեղ կլիմայական պայմանները արհեստականորեն պահպանվում է, նշագրվում է (4) թվով: Մեքենաները, որոնք նախատեսված են գերխոնավ և առանց օդափոխման շինություններում աշխատելու համար, նշագրվում են (5) թվով:

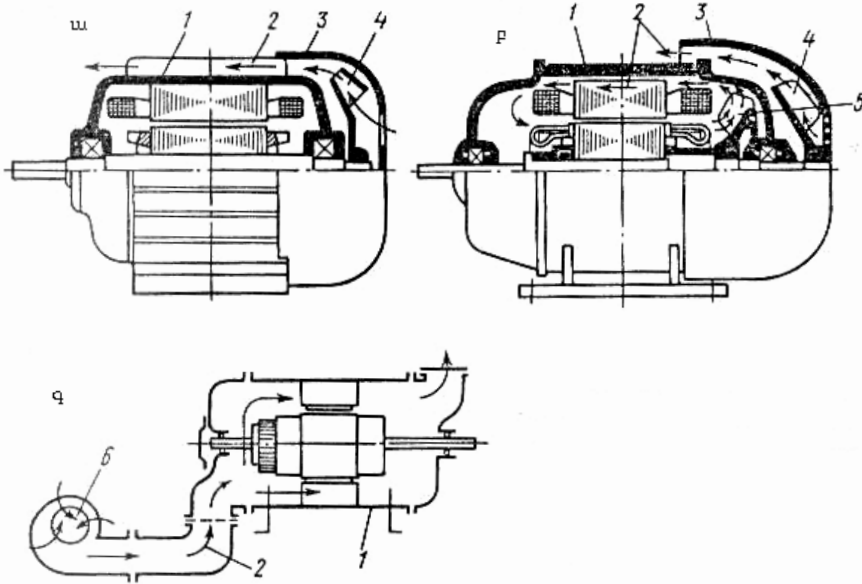
Օրինակ, էլեկտրական մեքենաները, որոնք կարող են աշխատել բաց տարածքներում, ցածր կլիմայական գոտիներում նշագրվում են (XJ11), իսկ բարձր կլիմայական գոտիների փակ շինություններում (Y3) կամ (Y4): Ըստ կլիմայական պայմանների և տեղադրման տեղի կառուցվածքի՝ կատարումը պայմանավորված է մեքենայի իրանի կառուցվածքային փոփոխություններով, փաթույթների մեկուսացման և ներդիրների ուժեղացմամբ: Կատարվում են նաև այլ կառուցվածքային միջոցառումներ, որոնք ապահովում են մեքենաների նորմալ շահագործում՝ նախատեսված ժամանակահատվածում:

Էլեկտրական մեքենաների առանձին մասերի գերտաքացումից պաշտպանելու համար (ջերմությունն առաջանում է հզորության զգալի կորուստներից) օգտագործվում են էլեկտրական մեքենաների հովացման տարբեր մեթոդներ: Հովացման մեթոդի ընտրությունը պայմանավորված է մեքենայի հզորությունից և նրա կառուցվածքային կատարումից: Առավել մեծ հզորության մեքենաներում անհրաժեշտ է մեծացնել հովացման ինտենսիվությունը:

Էլեկտրական մեքենաները սովորաբար պատրաստվում են առանց արհեստական հովացման համակարգի, պտտվող փոքր միջին և մեծ հզորության մեքենաները պատրաստվում են արհեստական հովացմամբ: Այս մեքենաներում կիրառված հովացուցիչները մեքենայի պտտման արագության մեծացման հետ միաժամանակ, մեծացնում են հովացման ինտենսիվությունը: Մեծ մասամբ էլեկտրական մեքենաներում հովացման միջոցը և միջավայրը հանդիսանում է օդը, իսկ որոշ դեպքերում այդ նպատակի համար օգտագործվում են ջրածնային և այլ տեսակի գազեր և հեղուկներ:

Հովացման համակարգի տեսակները նշագրվում են TC տառերով (International Cooling) և 2 թվով (0-ից մինչև 6): Առաջինը պայմանականորեն ցույց է տալիս սառեցնող նյութի շրջանառության շղթայի կառուցվածքը, երկրորդը (0-ից մինչև 7) հովացման նյութի խառնման մեթոդը:

Փակ կատարման կառուցվածքով մեքենաները սովորաբար պատրաստվում են փչման մեթոդով՝ հովացմամբ (նկ. 1.4 ա):



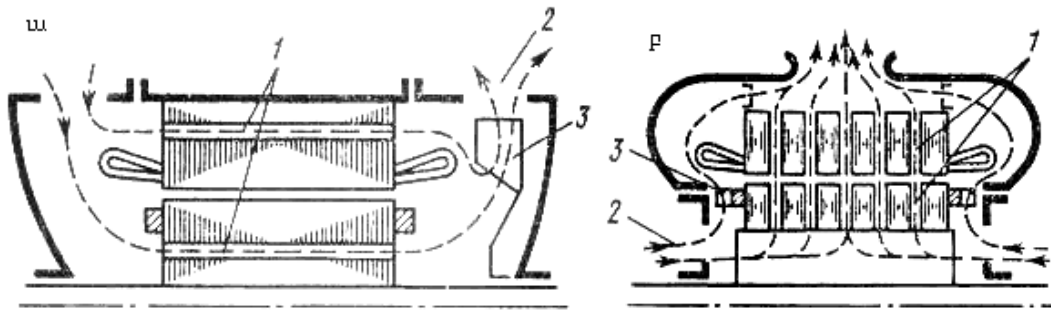
**Նկ. 1.4. Փակ կառուցվածքի էլեկտրական օդափոխման եղանակը.**

1 - մեքենայի իրանը, 2 - հովացնող օդի հոսք, 3 - կափարիչ, 4 - արտաքին օդափոխիչ, 5 - ներքին օդափոխիչ, 6 - լրացուցիչ օդափոխիչ

Այս մեքենաներում օդափոխիչը օդը փչում է մեքենայի արտաքին մակերևույթի վրա և նշագրվում է (IC01): Հովացման մակերեսը մեծացնելու համար մեքենայի հենոցի արտաքին մակերևույթը պատրաստվում է կողերով, որոշ էլեկտրական մեքենաներ պատրաստվում են նաև ներքին օդափոխիչներով, որոնք տեղադրվում են մեքենայի ներսում և ամրացվում են լիսեռին, որոնք զգալի մեծացնում են հովացման ինտենսիվությունը՝ ի հաշիվ ներսի օդի լրացուցիչ շրջանառության (կատարում են մեքենայի ներսի օդի խառնում), նկ. 1.4 բ:

Մեծ հզորության փակ մեքենաների հովացում կատարում են նաև արտաքին անկախ օդափոխիչները, որոնք հովացնող օդը փչում և անց են կացնում մեքենայի միջով (ն. 1.4 գ): Այս օդափոխիչները պտտման մեջ են դրվում տարբեր տեսակի էլեկտրական շարժիչներով (IC17), իսկ ինքնաթիռներում օգտագործվում է աէրոդինամիկական ճնշումը:

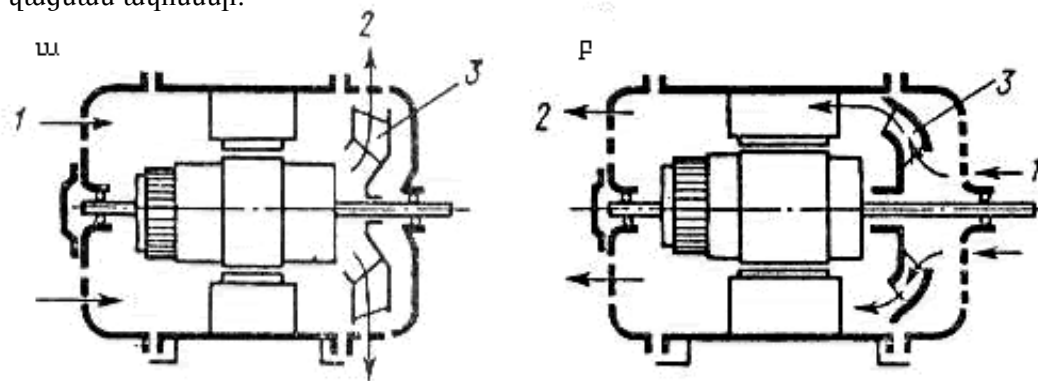
Մեծ հզորությամբ մեքենաներում ստատորի և ռոտորի միջուկները պատրաստվում են հովացման առանցքային կամ շառավղային ակոսներով (նկ. 1.5 ա, բ):



**Նկ. 1.5. Առանցքակալային և շառավղային օդափոխման համակարգով բաց և փակ կատարումով էլեկտրական մեքենաներ.**

1 - օդափոխման ակոսներ, 2 - հովացնող օդի հոսքը, 3 - օդափոխիչ

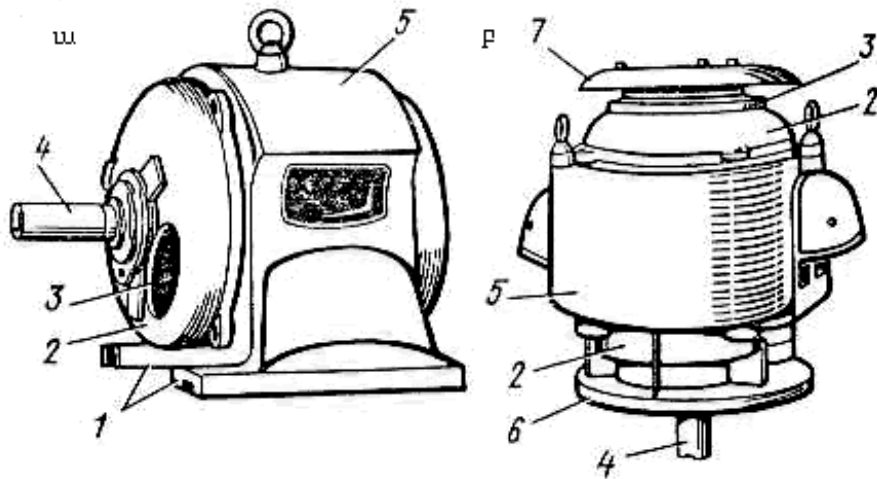
Օդափոխիչը լիսեռի վրա տեղադրման տեղից կախված՝ առանցքային ակոսներով հովացումը լինում է քաշող և փչող (նկ. 1.6 ա, բ), (շառավղա-առանցքային հովացման համակարգով), այսինքն՝ ունեն և՛ առանցքային, և՛ շառավղային հովացման ակոսներ:



**Նկ. 1.6. Քաշող և մղող (փչող) օդափոխման համակարգերով էլեկտրական մեքենաներ.**

1 - մտնող օդի հոսքը, 2 - դուրս եկող օդը, 3 - օդափոխիչ

Էլեկտրական մեքենաների տեղադրման և ամրացման համար կառուցվածքում նախատեսվում են թափիկներ, որոնք ամրացված են հենոցին (նկ. 1.7 ա) և ամրացված առանցքակալային վահաններին (նկ. 1.7 բ):



**Նկ. 1.7. Էլեկտրական մեքենաների ընդհանուր տեսքը՝**

ա) թափկներով ամրացմամբ, բ) կցաշորթային ամրացմամբ՝ ուղղահայաց դիրքով.  
 1 - ամրացման թափկներ, 2 - առանցքակալային վահան, 3 - հովացնող օդի մուտքի պատուհան, 4 - լիսեռ, 5 - հենոց, 6 - ամրացման կցաշորթ, 7 - կափարիչ

Կախված տեղադրման և ամրացման մեթոդից, լիսեռի առանցքի ուղղվածության և առանցքակալային հանգույցի, էլեկտրական մեքենաները բաժանվում են 9 կառուցվածքային խմբերի, ամեն մի խումբ իր հերթին բաժանվում է առանձին տեսակներից կազմված տարբեր կատարման կառուցվածքային ձևերի: Այս բոլոր խմբերը և ձևերն ունեն համապատասխան նշագրումներ, որոնք բաղկացած են 2 տառից՝ IM (International Mounting) և 4 թվից: Առաջինը որոշում է կառուցվածքային խումբը, երկրորդը և երրորդը՝ մոնտաժման եղանակը, չորրորդը (0-ից մինչև 8)՝ լիսեռի ազատ ծայրի ձևը:

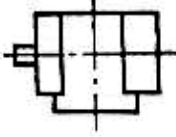
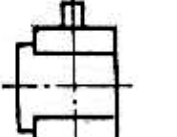
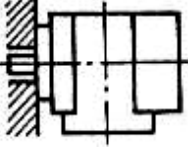
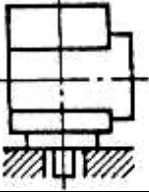
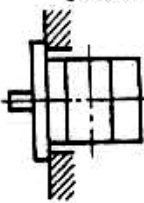
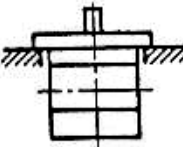
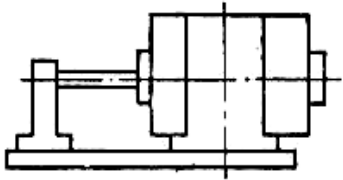
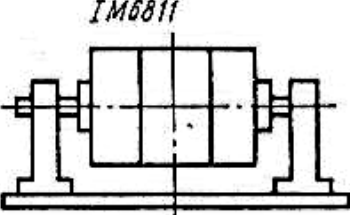
Օրինակ, TM1 - ամրացման թափկներով և առանցքակալային վահաններով,

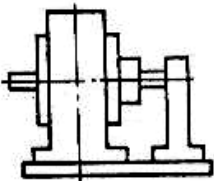
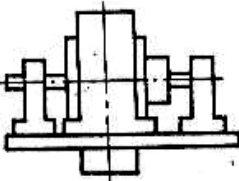
TM8 - ուղղահայաց լիսեռով,

TM9 - հատուկ կառուցվածքային կատարումով:

Աղյ. 1.1-ում բերված են էլեկտրական մեքենաների կառուցվածքային օրինակներ՝ ըստ տեղադրման և ամրացման ձևի:

Էլեկտրական մեքենաների նախագծման և պատրաստման ժամանակ կատարում են հատուկ կառուցվածքային միջոցառումներ՝ աղմուկի փոքրացման համար:

<i>Մեքենայի տեսակը</i>	<i>Կատարման ձևը</i>
Առանցքակալային վահաններով, թաթիկների վրա IM 1 կատարմամբ	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p><i>IM1001</i></p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p><i>IM1031</i></p>  </div> </div>
2 առանցքակալային վահանով և կցաշուրթով թաթիկների վրա IM 2 խմբի	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p><i>IM2101</i></p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p><i>IM2111</i></p>  </div> </div>
Առանց թաթիկների առանցքակալային վահանով 1 կցաշուրթով առանցքակալային վահանի վրա IM 3 խմբի	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p><i>IM3101</i></p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p><i>M3131</i></p>  </div> </div>
Առանցքակալային կանգնակով թաթիկների վրա IM 6 խմբի	<div style="text-align: center;"> <p><i>IM6010</i></p>  </div>
2 առանցքակալային կանգնակով թաթիկների վրա IM 68 խմբի	<div style="text-align: center;"> <p><i>IM6811</i></p>  </div>

<p>Առանցքակալային կանգնակով առանց առանցքակալային վահանի թափկներով IM 70 խմբի</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>IM7011</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>IM7311</p>  </div> </div>
--	--

Էլեկտրական մեքենաներում աղմուկն առաջանում է մեխանիկական, հովացման և մագնիսական համակարգերից:

Մեխանիկական աղմուկն առաջանում է մեքենայի առանձին մասերի տատանումներից, ռոտորի ոչ ճիշտ կենտրոնացումից և հավասարակշռումից, խոզանակների և կոլեկտորի շփումից, առանցքակալների շփումից և այլն:

Մեխանիկական աղմուկը փոքրացնելու համար անհրաժեշտ է կատարել ռոտորի ճիշտ դինամիկ հավասարակշռում: Մեծացնում են լիսեռի կոշտությունը, օգտագործվում են բարձրորակ առանցքակալներ, խոզանակները մաքրվում և ճիշտ չափաբերվում են, կոլեկտորի արտաքին մակերևույթը մաքրում, հղկում և չափաբերում են ճշգրիտ գլանաձևի:

Հովացման համակարգով պայմանավորված աղմուկն առաջանում է օդային հոսքի տատանումներով և օդի մրրկային հոսքով, որն առաջանում է մեքենայի հովացման համակարգի առանձին տեղամասերում:

Հովացման համակարգի առաջացրած աղմուկը փոքրացնելու համար անհրաժեշտ է, որ մեքենան նախագծված և պատրաստված լինի օդափոխման համակարգի ճշգրիտ կառուցվածքով, օդափոխիչի կոշտությունն ավելացնելով, նրա ճշգրիտ հավասարակշռումով և հնարավորինս առանցքակալային վահանից մեծ հեռավորության վրա տեղադրելով:

Մագնիսական աղմուկն առաջանում է մագնիսական շղթայի տատանումներից, որն առաջանում է փոփոխական էլեկտրամագնիսական ուժերի ազդեցությունից և պայմանավորված են օդային բացակի անհավասարաչափ մագնիսական հաղորդականությունից, ատամնավոր ռոտորի պտտման ընթացքում (մագնիսաստրիկցիոն երևույթի առաջացման շնորհիվ), որը պարբերաբար հանգեցնում է մագնիսալարի մագնիսացման և ասպամագնիսացման: Մագնիսական աղմուկի փոքրացման համար անհրաժեշտ է ճիշտ ընտրել ստատորի և ռոտորի ատամների թիվը, ստեղծել անհավասարաչափ օդային բացակ, կատարելով ռոտորի փորակի շեղում, օգտագործել կիսափակ փորակ և այլն:

Չայնի մակարդակի որոշման համար անհրաժեշտ է մեքենայից 1 մ հեռավորության վրա տարբեր կետերում կատարել չափումներ և վերցնել դրանց միջին արժեքը ( $L_{d,A}$ ), իսկ հատուկ կատարման մեքենաների համար ձայնի մակարդակը (A) որոշելու համար չափվում է հենցից 3մ շառավղով հեռավորության վրա ( $L_{A3}$ ): Չայնի մակարդակը (դԲ) որոշվում է հետևյալ հարաբերությամբ.

$$A = 20 \lg \left( \frac{P}{P_0} \right),$$

որտեղ P-ն տվյալ կետում ձայնային ճնշումն է (Պա),

$$P_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Պա} \text{՝ ձայնի լսման շեմն է:}$$

Ըստ ձայնային (աղմուկ) մակարդակի, էլեկտրական մեքենաներին ներկայացվող ձայնային մակարդակի պահանջների, բաժանվում են 5 դասի (0, 1, 2, 3, 4): Օրինակ 1-ին դասի էլեկտրական մեքենաների աղմուկի մակարդակը պարապ ընթացքի ռեժիմում չպետք է գերազանցի 55-104 դԲ:

0 դասին պատկանում են այն մեքենաները, որոնք աշխատում են կարճատև ռեժիմներով և ունեն անկախ հովացման համակարգ, բազմաբևեռային մեքենաները (12 և ավելի բևեռանի), եռակցման և ինդուկտորային գեներատորները և այլն:

1-ին դասին պատկանում են նորմալ կառուցվածքի հաստատուն հոսանքի մեքենաները, ասինխրոն, սինխրոն և կոլեկտորային մեքենաները:

2-րդ դասին պատկանում են այն մեքենաները, որոնց առանցքակալների աղմուկի մակարդակը շատ փոքր է, մեքենայում օգտագործված են հատուկ կառուցվածքի օդափոխիչներ, որոնց աղմուկի մակարդակը շատ փոքր է:

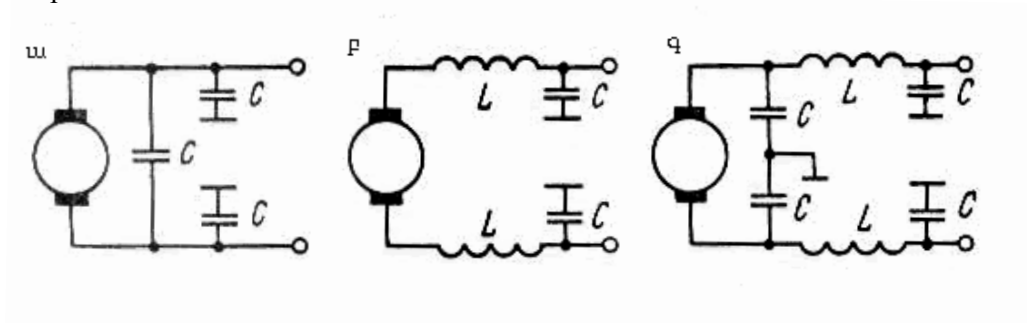
3-րդ դասի մեքենաները փակ կառուցվածք և ձայնամարիչ հարմարանքներով սարքաբերված մեքենաներն են:

4-րդ դասի մեքենաներն այն մեքենաներն են, որոնք ունեն ձայնամեկուսիչ պատյաններ և այլ ձայնամարիչ կառուցվածքային հանգույցներ:

Հաստատուն և փոփոխական հոսանքի կոլեկտորային մեքենաները հանդիսանում են ռադիոհաճախականային տիրույթի խախտման աղբյուր: Այդ մեքենայի կոլեկտորի և խոզանակների միջև առաջացած կայծարձագումները ստեղծում են իմպուլսային տատանումներ, որոնք ունեն հաճախականության լայն տիրույթ և իրենց բացասական ազդեցությունն են թողնում ռադիոհաճախականության ամբողջ տիրույթի վրա (ձայնի կտրտում, աղմուկ, թրթռոց և այլն): Տատանումները թուլացնելու համար անհրաժեշտ է փոքրացնել կայծարձակման մակարդակը, կատարել մեքենայի և դրան սնող հաղորդալարերի էկրանավորում, օգտագործել հատուկ աղմկազտիչներ, որոնք սահմանափակում են բարձր հաճախականության տարածումը հաղորդալարերով, որոնք միացված են մեքենային: Ամենապարզ աղմկա-

գտիչները ունակային գտիչներ են, կոնդենսատորներ (C), որոնք միացվում են հոսանքատար հաղորդալարերի միջև, ինչպես նաև հոսանքատար հաղորդալարերի և մեքենայի իրանի միջև տարբեր միացման սխեմաներով (նկ. 1.8):

Այսպիսի գտիչներն արտաքին շղթա բաց են թողնում միայն հոսանքի հաստատուն բաղադրիչը և շատ ուժեղ թուլանում են բարձր հարմոնիկաները, որոնք ստեղծում են ռադիոձայնային տիրույթի խանգարման ալիքների նվազեցում, այս սխեմաներում կոնդենսատորների ունակությունն ընտրվում է փորձնական եղանակով, դրանք լինում են 0,1-1 մկՖ, իսկ գտիչի դրոսելի ինդուկտիվությունը 50-500 մկհ:



*Նկ. 1.8. Աղմկագտիչների միացման սխեման*

---

---

## 2. ՏՐԱՆՍՖՈՐՄԱՏՈՐՆԵՐ

### 2.1. Հիմնական տեղեկություններ տրանսֆորմատորների մասին

Տրանսֆորմատորը ստատիկ էլեկտրամագնիսական ապարատ է, որը նախատեսված է մի լարման փոփոխական հոսանքը նույն հաճախության մի այլ լարման փոփոխական հոսանքի վերափոխելու համար: Տրանսֆորմատորների միջոցով բարձրացվում կամ ցածրացվում է լարումը, փոխվում է ֆազերի թիվը, իսկ որոշ սահմաններում կրկնապատկվում կամ եռապատկվում է հաճախականությունը:

Ըստ նշանակության՝ տրանսֆորմատորները կարելի է բաժանել 5 խմբի.

1. էլեկտրական էներգիայի փոխանցման և բաշխման, սովորաբար էլեկտրակայանները էլեկտրական էներգիան արտադրում են 6-24 կՎ լարման տիրույթում և մեծ հեռավորությունների վրա տեղափոխման շահավետությունից ելնելով՝ անհրաժեշտ է լինում այդ լարումը բարձրացնել 35, 110, 220, 330, 500 անգամ մինչև 750 կՎ-ի: Այդ պատճառով բոլոր էլեկտրակայաններում տեղադրվում են բարձրացնող տրանսֆորմատորներ: Սպառիչներին, ընդհակառակը, անհրաժեշտ է լարումը իջեցնել մինչև 0.4 կՎ, իսկ որոշ դեպքերում նաև ավելի ցածր: Այստեղ ևս այս ֆունկցիան իրենց վրա են վերցնում տրանսֆորմատորները:

2. Տարբեր տեսակի սխեմաների, էլեկտրասարքավորումների, հաճախականային ձևափոխիչների, ինվերտորների և այլ սարքավորումների սնումը տարբեր լարումներով:

3. Տարբեր տեխնոլոգիական նպատակներով սարքավորումների սնման համար (եռակցման տրանսֆորմատոր, էլեկտրաթերմիկ սարքավորումների սնուցում և այլն):

4. Ռադիո-հեռուստացույցային, կապի, ավտոմատիկայի և կենցաղային էլեկտրասարքավորումների սնուցման համար:

5. Տարբեր էլեկտրաչափիչ սարքավորումների միացման և դրանց չափման տիրույթի մեծացման համար (լարման և հոսանքի տրանսֆորմատորներ, որոնք կոչվում են չափիչ տրանսֆորմատորներ):

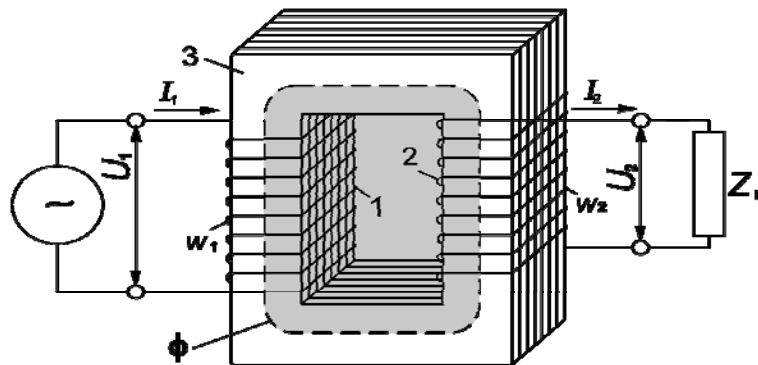
Պարզագույն դեպքում (նկ.1.1) տրանսֆորմատորն ունի մեկ առաջնային փաթույթ՝ 1, որին մատուցվում է էլեկտրական էներգիան և մեկ երկրորդային փաթույթ՝ 2, որից էներգիան հաղորդվում է սպառիչին: Էներգիայի հաղորդումը մի փաթույթից մյուսին կատարվում է էլեկտրամագնիսական ինդուկցիայի ճանապարհով: Էլեկտրամագնիսական կապն ուժեղացնելու համար փաթույթները դասավորվում են փակ ֆերոմագնիսական մագնիսալարի վրա՝ 3: Սովորաբար մագնիսալարը պատրաստում են 0,35 կամ 0,5մմ հաստության էլեկտրատեխնիկական պողպատի թիթեղներից:

Թիթեղների մեկուսացման համար օգտագործում են մեկուսիչ թուղթ կամ լաք: Թղթե մեկուսացումն ունի որոշակի թերություններ (փոքր մեխանիկական ամրություն, փոքր ջերմահաղորդականություն և այլն), որի պատճառով գործնականում մեծ կիրառություն ունի թիթեղների մեկուսացման լաքապատման եղանակը:

Տրանսֆորմատորների աշխատանքը տեսականորեն ավելի պարզ բնորոշելու համար օգտագործվում է իդեալական կամ բերված տրանսֆորմատորների հասկացողությունը: Իդեալական է կոչվում այնպիսի տրանսֆորմատորը, որտեղ 1) բացակայում են էներգիայի կորուստները (փաթույթների դիմադրությունը և պողպատի կորուստները մագնիսալարում ընդունվում են հավասար զրոյի), 2) պողպատի մագնիսական թափանցելիությունը  $\mu_{պ} = \infty$ , 3) մագնիսական ինդուկցիայի բոլոր գծերն ամբողջությամբ անցնում են մագնիսամիջուկով, և յուրաքանչյուր գիծ կապակցվում է առաջնային ( $W_1$ ) և երկրորդային ( $W_2$ ) փաթույթների բոլոր գալարների հետ:

Երբ տրանսֆորմատորի առաջնային փաթույթը միացվում է (նկ.1.1)  $U_1$  սինուսոիդալ լարումով ցանցին, փաթույթում հոսում է  $I_1$  հոսանք, մագնիսաշարժ ուժ, որն էլ ստեղծում է մագնիսամիջուկով փակվող փոփոխական մագնիսական հոսք ( $\Phi$ ): Այդ հոսքն ինդուկտում է էլշու ինչպես առաջնային, այնպես էլ երկրորդային փաթույթում: Երկրորդային փաթույթը բեռին միացնելու դեպքում այդ փաթույթում հոսում է  $I_2$  հոսանք, և դրա սեղմակներում հաստատվում է որոշակի  $U_2$  լարում:

Մագնիսամիջուկի արդյունաբար մագնիսական հոսքը ստեղծվում է երկու փաթույթների հոսանքով:



Նկ.2.1. Պարզաօւոյն տրանսֆորմատորի կառուցվածքը

Տրանսֆորմատորի առաջնային և երկրորդային փաթույթների էլշուները հոսքի սինուսոիդալ փոփոխման դեպքում հավասար են`

$$\left. \begin{aligned} e_1 &= -W_1 \frac{d}{dt}(\Phi_m \sin \omega t) = -\omega W_1 \Phi_m \cos \omega t \\ e_2 &= -W_2 \frac{d}{dt}(\Phi_m \sin \omega t) = -\omega W_2 \Phi_m \cos \omega t \end{aligned} \right\},$$

որտեղ  $\Phi_m$  -ը տրանսֆորմատորի մագնիսական հոսքի առավելագույն արժեքն է:  
Էլշու-ների գործող արժեքները՝

$$E_1 = \frac{\omega W_1 \Phi_m}{\sqrt{2}} = \pi \sqrt{2} f_1 W_1 \Phi_m = 4,44 f_1 W_1 \Phi_m ,$$

$$E_2 = \frac{\omega W_2 \Phi_m}{\sqrt{2}} = \pi \sqrt{2} f_1 W_2 \Phi_m = 4,44 f_1 W_2 \Phi_m ,$$

որտեղ  $f_1$  -ը ցանցի հաճախությունն է :

Քանի որ իդեալական տրանսֆորմատորներում լարման անկումները բացակայում են, ապա՝

$$U_1 = E_1, U_2 = E_2 :$$

Այսպիսով՝

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{W_1}{W_2},$$

$$k = \frac{E_1}{E_2} = \frac{W_1}{W_2}$$

հարաբերությունը կոչվում է տրանսֆորմատորի *տրանսֆորմացիայի գործակից*:

Ընդունված է տրանսֆորմացիայի գործակիցը որոշել որպես բարձր լարման փաթույթի էլշու-ի (կամ գալարների թվի) հարաբերությունը ցածր լարման փաթույթի էլշու-ին (կամ գալարների թվին) , անկախ այն հանգամանքից, թե փաթույթներից որն է առաջնայինը:

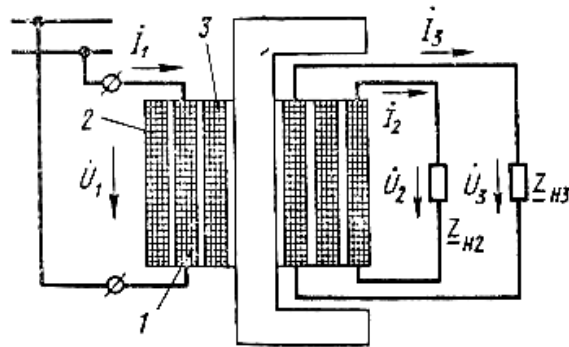
Իդեալական տրանսֆորմատորում՝

$$U_1 I_1 = U_2 I_2, \quad \frac{I_2}{I_1} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{W_1}{W_2},$$

$$k = \frac{I_2}{I_1}$$

Տրանսֆորմատորը, որն ունի երկու փաթույթ՝ մեկ առաջնային և մեկ երկրորդային, կոչվում է երկփաթույթ տրանսֆորմատոր:

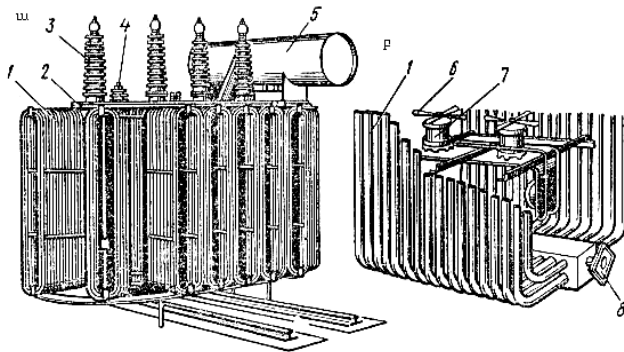
Մի շարք դեպքերում տրանսֆորմատորները պատրաստվում են երեք փաթույթներով՝ բարձր, միջին և ցածր լարման փաթույթներով: Այդպիսի տրանսֆորմատորները կոչվում են եռափաթույթ:



**Նկ. 2.2 Եռափաթույթ ուժային տրանսֆորմատոր.**

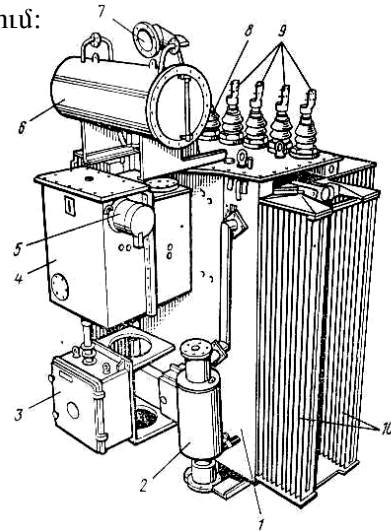
1 - առաջնային փաթույթ, 2, 3 - երկրորդային փաթույթ

Ավելի լայն կիրառություն ունեն այն տրանսֆորմատորները, որոնք նախատեսված են էլեկտրաէներգիայի հաղորդման և բաշխման համար, կոչվում են ուժային տրանսֆորմատորներ, որոնց ընդհանուր տեսքը և առանձին մասերը և հանգույցները պատկերված է նկ. 2.3, 2.4, 2.5, 2.6-ում:



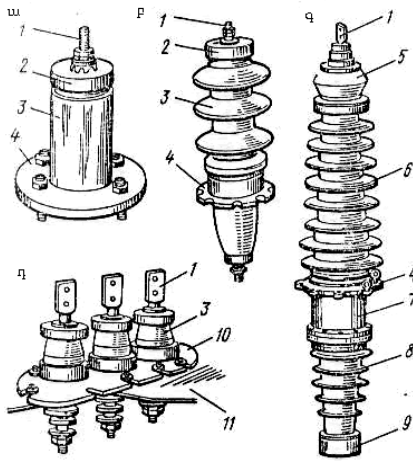
**Նկ. 2.3 Մեծ հզորության տրանսֆորմատոր.**

1 - հովացուցիչ, 2 - տրանսֆորմատորի բաք, 3 - բարձր լարման ներանցիչներ, 4 - ցածր լարման ներանցիչներ, 5 - ընդարձակիչ, 6 - օդափոխիչ, 7 - օդափոխիչի շարժիչ, 8 - բաքի և հովացուցիչի միացման կցաշուրթ



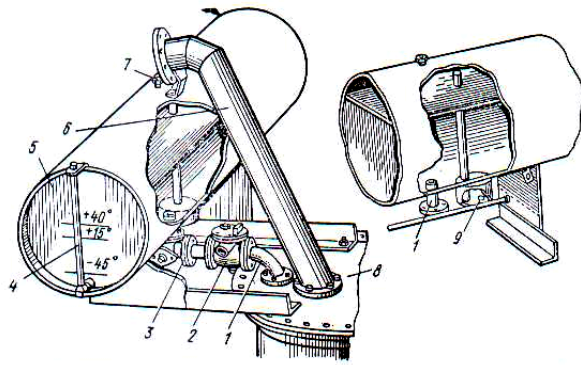
**Նկ. 2.4 Բեռնավորված ռեժիմում լարման կարգավորումով տրանսֆորմատոր.**

1 - բաք, 2 - գտիչ, 3 - շարժաբեր, 4 - հպակային պահարան, 5 - կցորդիչ, 6 - ընդարձակիչ, 7 - արտանետիչ խողովակ, 8 - ցածր լարման ներանցիչ, 9 - բարձր լարման ներանցիչ, 10 - հովացուցիչ



**Նկ. 2.5 Տրանսֆորմատորի ներանցիչներ՝**

ա) ներքին տեղակայման, բ) արտաքին տեղակայման, գ) 110 կՎ յուղալցված, դ) բարձր հոսանքների.  
 1 - հոսանքատար ձող, 2 - թասակ, 3 - ճենապակե մեկուսիչ, 4 - մետաղական կցաշուրթ, 5 - յուղի ընդարձակիչ



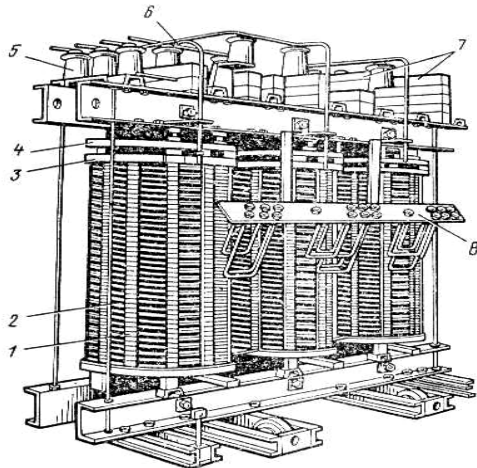
**Նկ. 2.6 Ընդարձակիչի և արտանետիչ խողովակի կառուցվածքը.**

1-յուղի խողովակ, 2-գազային ռելե, 3-ընդարձակիչի անջատման ծորակ, 4-յուղի ցուցիչ, 5 - ընդարձակիչ, 6 - արտանետիչ խողովակ, 7 - յուղի լցման խցան, 8 - տրանսֆորմատորի բաք, 9 - սուզանոթ

Ուժային տրանսֆորմատորները տրանսֆորմատորների ամենատարածված տեսակներն են:

Ուժային տրանսֆորմատորները լինում են յուղային և չոր: Յուղային տրանսֆորմատորներում մագնիսալարը փաթույթներով տեղադրվում է բաքի մեջ, որը լցված է տրանսֆորմատորային յուղով: Յուղը կատարում է էլեկտրական մեկուսացման և հովացնող գործոնի դեր:

Տրանսֆորմատորները, որոնք ընկղմված չեն յուղի մեջ, կոչվում են չոր տրանսֆորմատորներ:



**Նկ. 2.7. Չոր տրանսֆորմատոր.**

1 - ուղղահայաց ձգող պարուրակաձող, 2 - բարձր լարման փաթույթ, 5 - հենարանային մեկուսիչ, 6 - բարձր լարման ներանցիչ

---

---

Յուրաքանչյուր տրանսֆորմատոր բնութագրվում է իր անվանական տվյալներով (հզորություն, լարումներ, հոսանքներ, օգտակար գործողության գործակից, կարողության գործակից, միացման սխեման, քաշը և այլն), որոնք նշվում են տրանսֆորմատորի վահանակի վրա:

Անվանական հզորությունն արտահայտվում է կիլովոլտամպերներով (կՎԱ): Դա տրանսֆորմատորի լրիվ հզորությունն է և ծառայում է առաջնային և երկրորդային անվանական հոսանքները որոշելու համար:

Առաջնային անվանական լարում կոչվում է այն լարումը, ըստ որի հաշվարկվում է տրանսֆորմատորը և, որը մատուցվում է առաջնային փաթույթին:

Երկրորդային անվանական լարում կոչվում է տրանսֆորմատորի երկրորդային փաթույթի լարումը պարապ ընթացքի ժամանակ, երբ առաջնային փաթույթը միացված է անվանական լարմանը:

Առաջնային և երկրորդային անվանական հոսանքներ կոչվում են այն հոսանքները, որոնք որոշվում են անվանական հզորությամբ և համապատասխան անվանական լարումներով:

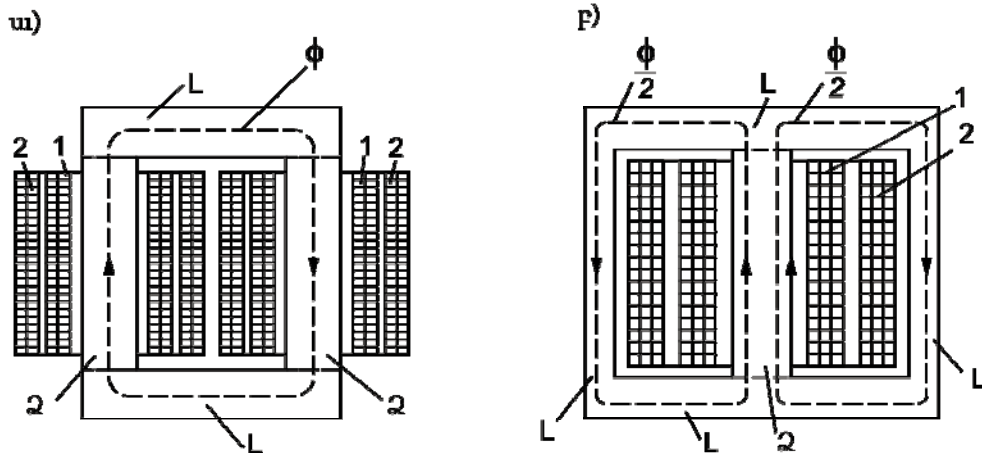
Նշենք նաև, որ երկփաթույթ տրանսֆորմատորի անվանական հզորությունը վերագրվում է յուրաքանչյուր փաթույթին, և փաթույթների անվանական հզորություններն ընդունվում են իրար հավասար:

## **2.2. Տրանսֆորմատորների մագնիսամիջուկները**

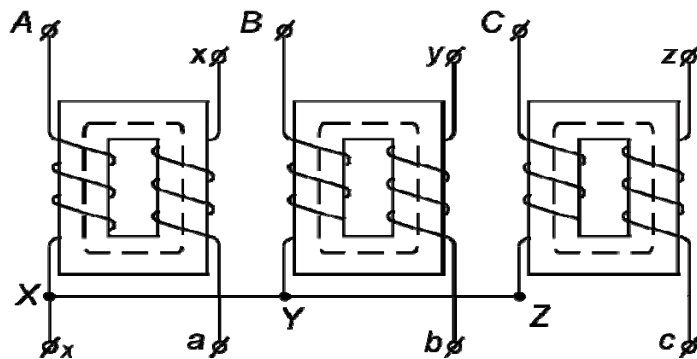
Ըստ մագնիսամիջուկների կառուցվածքի, տրանսֆորմատորները լինում են՝ *ձողային* և *գրահապատ*:

Միաֆազ ձողային տրանսֆորմատորի մագնիսամիջուկը (նկ. 2.8,ա) ունի երկու ձող (Չ), և երկու լուծ (L), որոնք ծառայում են փակ մագնիսալար ստեղծելու համար: Երկու փաթույթներից յուրաքանչյուրը (1 և 2), բաղկացած է երկու մասից, որոնք դասավորված են երկու ձողերի վրա, ընդ որում, այդ մասերը միացվում են կամ հաջորդաբար, կամ էլ զուգահեռ: Այդպիսի դասավորության դեպքում առաջնային և երկրորդային փաթույթները գտնվում են իրար մոտ. դա հանգեցնում է էլեկտրամագնիսական կապի գործակցի մեծացմանը:

Չրահապատ կառուցվածքի միաֆազ տրանսֆորմատորն (նկ.2.8, բ) ունի մեկ ձող՝ փաթույթներով, և լուծ, որը գրահի նման փակում է փաթույթները:



Նկ.2. 8. Միաֆազ ձողային (ա) և գրահապատ (բ) տրանսֆորմատորների կառուցվածքը



Նկ.2.9. Եռաֆազ տրանսֆորմատորային խումբ

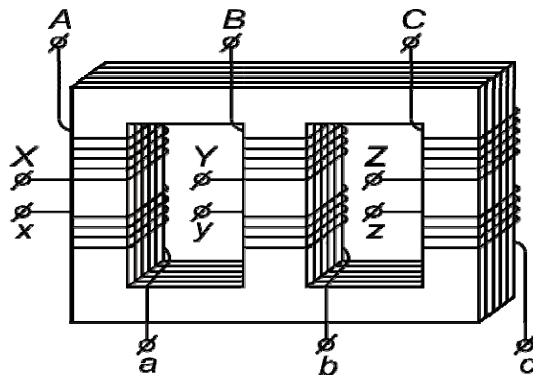
Եռաֆազ տրանսֆորմատոր կարելի է ստանալ երեք միաֆազ տրանսֆորմատորներից, որոնց փաթույթները միացվում են աստղաձև (նկ.2.9) կամ եռանկյունաձև: Տրանսֆորմատորի այդպիսի կառուցվածքն անվանում են *եռաֆազ տրանսֆորմատորային խումբ կամ խմբային տրանսֆորմատոր*:

Գործնականում ավելի հաճախ օգտագործում են եռաֆազ, եռաձող տրանսֆորմատորներ, որոնք ունեն ընդհանուր մագնիսալար բոլոր ֆազերի համար (նկ.2.10): Այդպիսի տրանսֆորմատորները համեմատաբար ավելի էժան են:

Եռաֆազ գրահապատ տրանսֆորմատորը կարելի է դիտարկել որպես երեք միաֆազ գրահապատ տրանսֆորմատորներ, որոնք դրված են կողք կողքի կամ մեկը մյուսի վրա:

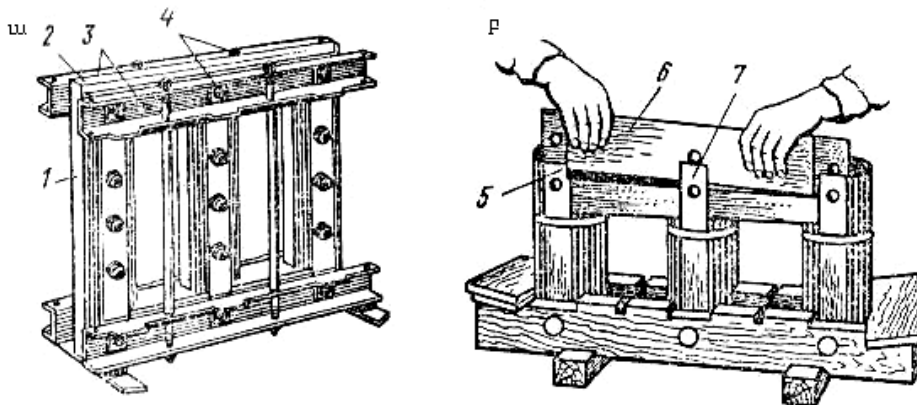
Նշենք, որ գրահապատ տրանսֆորմատորներում էլեկտրամագնիսական կապի գործակիցը փաթույթների միջև ավելի մեծ է, քան ձողայինում: Չնայած դրան

գրահապատ տրանսֆորմատորները մեծ կիրառություն չունեն, քանի որ տրանսֆորմատորի հզորության մեծացման հետ խիստ աճում են դրանց չափերը:



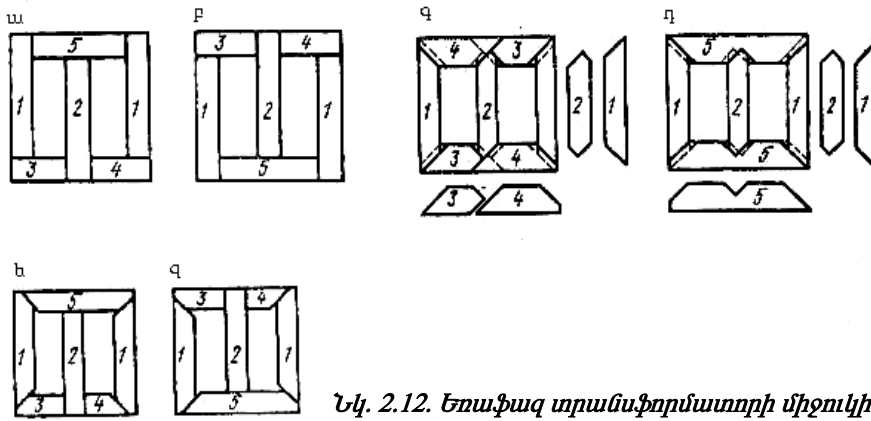
Նկ.2.10. Եռաֆազ եռաձող տրանսֆորմատոր

Ըստ ձողերը լուծին միացնելու ձևի տարբերում են կցվածքային (նկ.2.13) և շերտադասավորված (նկ.2.14) մագնիսամիջուկով տրանսֆորմատորներ: Առաջին դեպքում ձողերը և լուծերը հավաքվում են առանձին և ամրացվում են իրար համապատասխան ամրացնող դետալների օգնությամբ: Ընդ որում, թիթեղներն իրար հետ միացումից խուսափելու համար կցվածքների տեղում դրվում են մեկուսիչ միջադիրներ: Երկրորդ դեպքում ձողերը և լուծերը հավաքվում են միասին, որպես ամբողջական կառուցվածք, ընդ որում, ձողերի և լուծերի առանձին շերտերի թիթեղները հավաքվում են միահյուսված՝ նկ. 2.12:

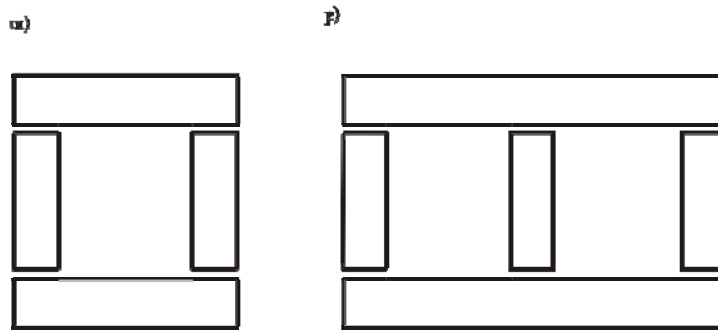


Նկ. 2.11 Ուժային եռաֆազ տրանսֆորմատորի միջուկը՝

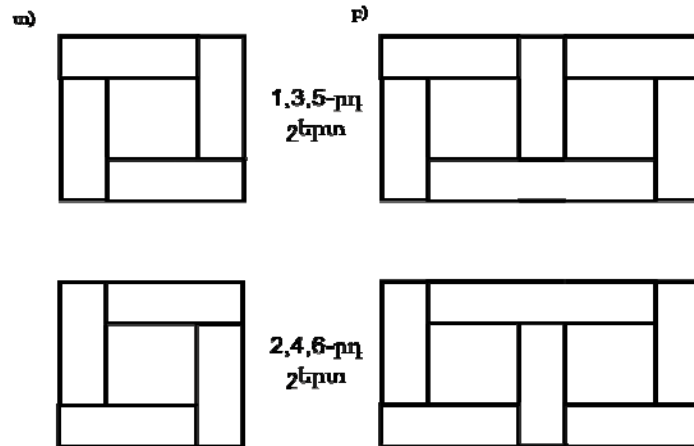
- ա) ընդհանուր տեսքը, բ) մագնիսալարի հավաքումը.  
 1 - ձող, 2 - լուծ, 3 - հենարանային հեծան, 4 - պարարակածող,  
 5, 7 - միջին և եզրային ձողի թիթեղներ, 6 - վերին լուծի թիթեղ



**Նկ. 2.12. Եռաֆազ տրանսֆորմատորի միջուկի փիթեղների հավաքման հերթականությունը (շերտադասավորությունը)**

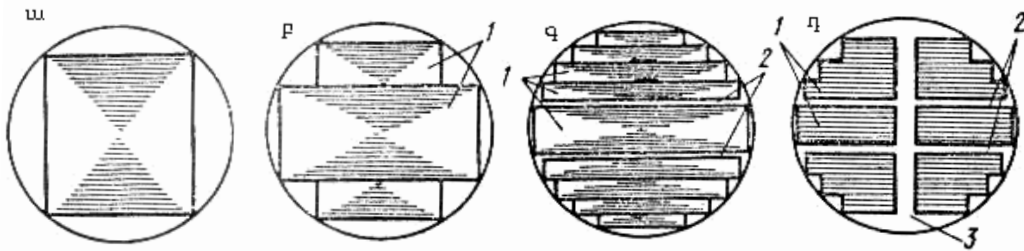


**Նկ.2.13. Կցվածքային մագնիսամիջուկի հավաքումը**  
 ա) միաֆազ տրանսֆորմատոր  
 բ) եռաֆազ տրանսֆորմատոր



**Նկ.2.14. Շերտադասավորված մագնիսամիջուկի հավաքումը**  
 ա) միաֆազ տրանսֆորմատոր  
 բ) եռաֆազ տրանսֆորմատոր

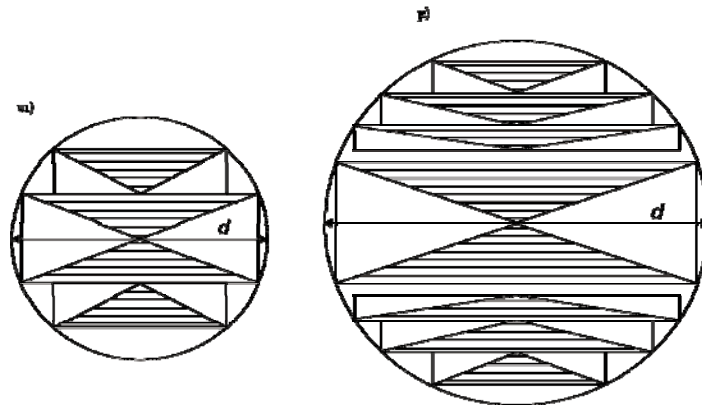
Ջրահապատ մագնիսամիջուկների ձողերի կտրվածքներն ունեն ուղղանկյան տեսք, իսկ ձողային մագնիսամիջուկները՝ բազմանկյան, որը ներգծված է շրջանագծին նկ.2.16:



**Նկ. 2.15. Ուժային տրանսֆորմատորների ձողի կտրվածքի ձևերը.**

1 - միջուկի առանձին փաթեթներ, 2 - ընդերկայնական ակոսներ, 3 - ընդլայնական ակոսներ

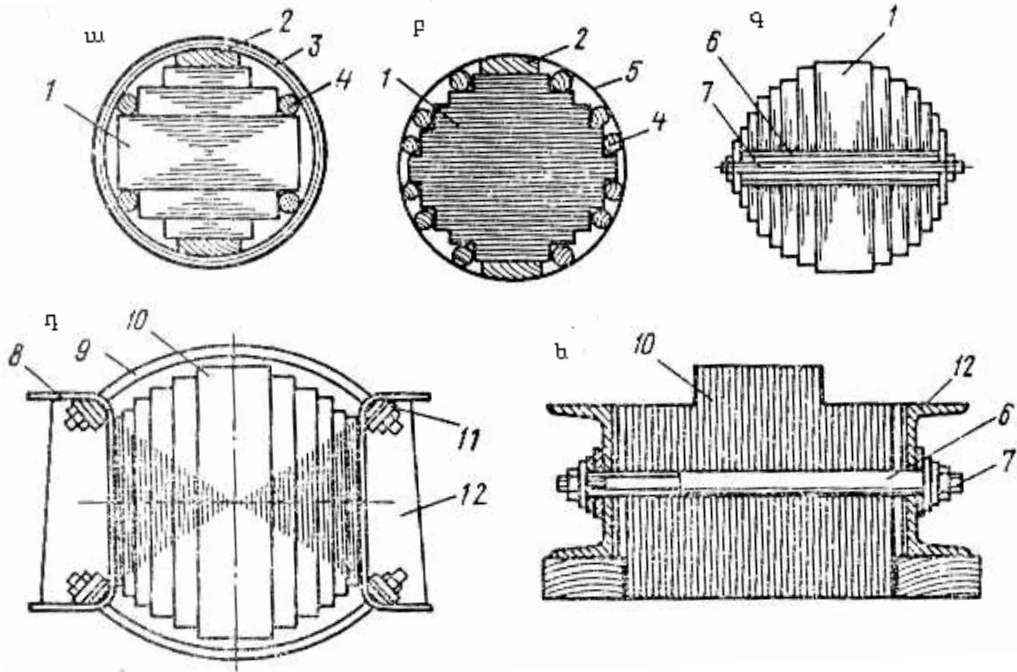
Այս դեպքում փաթույթները կունենան շրջանային գլանի տեսք և մագնիսամիջուկի աստիճանական կտրվածքի հետևանքով պողպատի լցման գործակիցը կմեծանա: Հզորության մեծացման հետ մագնիսամիջուկի աստիճանների քանակը մեծանում է: Այդպիսի տրանսֆորմատորների հովացման համար մագնիսամիջուկում նախատեսում են ակոսներ, որոնցով շրջանառություն է կատարում տրանսֆորմատորային յուղը, նկ.2.15դ: Այսպիսի տրանսֆորմատորների ձողերը, լուծերը և թիթեղները ձգվում (մամլվում) են տարբեր եղանակներով:



**Նկ.2.16. Տրանսֆորմատորների ձողերի կտրվածքի ձևերը**

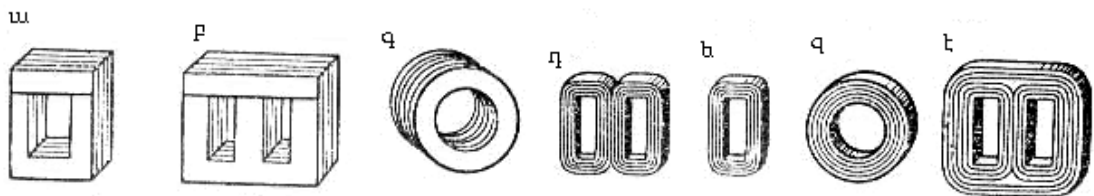
Լուծի կտրվածքի ձևն ընտրվում է՝ հաշվի առնելով մագնիսական հոսքի հավասարաչափ բաշխման ապահովումը մագնիսամիջուկի կտրվածքում:

Ձողերի և լուծի թիթեղների ձգման եղանակները պատկերված են նկ. 2.17-ում,



**Նկ. 2.17 Տրանսֆորմատորի ձողերի և լուծի ձգման եղանակները.**

1 - շերտադասավորված թիթեղ, 2 - փայտե շերտածող, 3 - մեկուսիչ գլան, 4 - փայտե միջուկ, 5 - ապակյա ժապավենից կալան, 6 - մեկուսիչ խողովակ, 7 - մետաղյա պարուրակածող, 8 - մեկուսիչ թիթեղ, 9 - մետաղական ժապավեն, 10 - լուծ կիսակալան, 11 - մեկուսացված ներդիր, 12 - լուծի շերտածող իսկ փոքր հզորության տրանսֆորմատորների մագնիսամիջուկի տեսակները՝ նկ. 2.18-ում:



**Նկ. 2.18 Փոքր հզորության տրանսֆորմատորների մագնիսական միջուկները.**

ա, ե - գրահային, բ, դ - ձողային, գ, զ - օղակային, է - եռափազ

### 2.3. Եռաֆազ տրանսֆորմատորների փաթույթների միացման սխեմաները և խմբերը

Տրանսֆորմատորի փաթույթների սկզբների և վերջերի նշանակումները բերված են աղյուսակ 2.1-ում:

*Աղյուսակ 2.1*

Փաթույթների անվանումը	Միաֆազ տրանսֆորմատորներ	Եռաֆազ տրանսֆորմատորներ
Բարձր լարման փաթույթ		
սկիզբ.....	<i>A</i>	<i>A, B, C</i>
վերջ.....	<i>X</i>	<i>X, Y, Z</i>
Ցածր լարման փաթույթ		
սկիզբ.....	<i>a</i>	<i>a, b, c</i>
վերջ.....	<i>x</i>	<i>x, y, z</i>

Եռաֆազ տրանսֆորմատորների ինչպես առաջնային, այնպես էլ երկրորդային փաթույթները միացվում են հիմնականում աստղաձև (*Y*) կամ եռանկյունաձև ( $\Delta$ ) սխեմաներով:

Աստղաձև միացման դեպքում ֆազային փաթույթների վերջերը միացնում են իրար հետ՝ թողնելով ազատ փաթույթների սկզբները, կամ միացնում են սկզբները՝ ազատ թողնելով փաթույթների վերջերը: Միացման ընդհանուր կետն անվանում են զրոյական կամ չեզոք կետ: Ջրոյական կետի սեղմակները նշանակվում են համապատասխանաբար *O*, *o* տառերով:

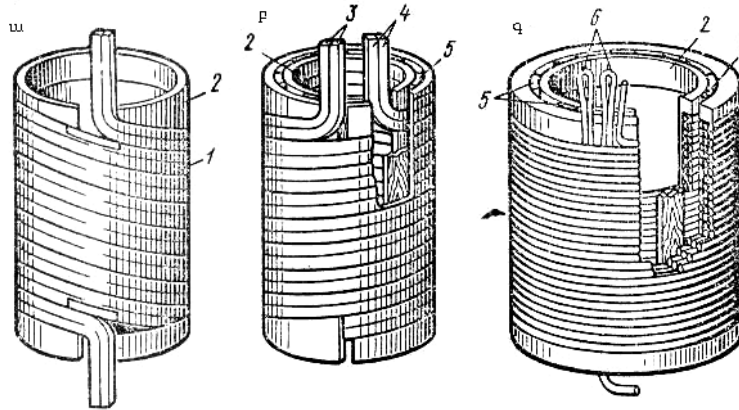
Փաթույթների միացման սխեմայի ընտրությունը կախված է մի շարք գործոններից: Օրինակ, 35 կՎ և ավելի լարումով ցանցերի համար ավելի շահավետ է տրանսֆորմատորի փաթույթը միացնել աստղաձև և հողակցել զրոյական կետը, քանի որ այդ դեպքում տրանսֆորմատորի ելուստների և հաղորդման գծերի հաղորդալարերի լարումը հողի նկատմամբ կլինի միշտ  $\sqrt{3}$  անգամ փոքր գծայինից, որը հանգեցնում է մեկուսացման արժեքի իջեցմանը:

Բացի դրանից, երկրորդային փաթույթի աստղաձև միացման դեպքում, երբ բեռը խառը բնույթի է, հնարավորություն է ընձեռնվում տարանջատել սպառիչները՝ ըստ ֆազային և գծային լարումների:

Ինչ վերաբերում է եռանկյունաձև միացմանը, ապա այն ունի էական դրական նշանակություն, հատկապես, էլշու-ների կորերի ձևը սինուսոիդային մոտեցնելու տեսանկյունից:

Տրանսֆորմատորն այլ տրանսֆորմատորների հետ զուգահեռ աշխատանքի միացման համար կարևորագույն նշանակություն ունի առաջնային և երկրորդային փաթույթների գծային լարումների միջև ֆազային շեղումը: Այդ շեղումը բնութագրելու համար մտցվել է փաթույթի միացման խմբի հասկացությունը:

Նկ.2.20,ա-ում ցույց են տրված միաֆազ տրանսֆորմատորի փաթույթները, որոնց փաթաթման ուղղությունները համընկնում են, ընդ որում, փաթույթների սկզբները ( $A, a$ ) գտնվում են վերևում, իսկ վերջերը ( $X, x$ ) ներքևում: Փաթույթները տեղադրված են նույն ձողի վրա: Նկ. 2.19- ում ցույց է տրված գլանաձև փաթույթների ընդհանուր տեսքը.

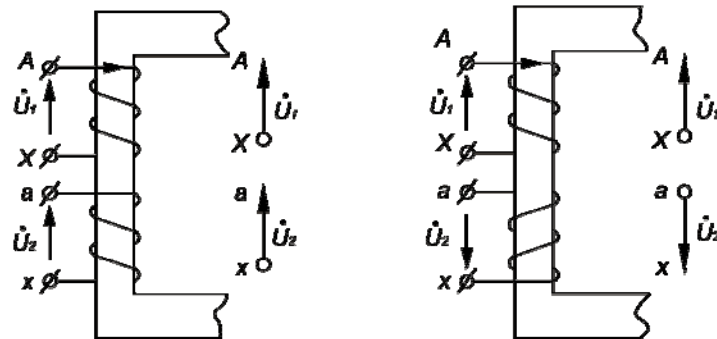


**Նկ. 2.19. Գլանաձև փաթույթների ընդհանուր տեսքը.**

1 - ուղղանկյունաձև հաղորդալարի գալարներով, 2 - թղթյա բակելիտային գլանով, 3, 4 - ներանցիչների ծայրերը, 5 - ուղղահայաց շերտաձող, 6 - փաթույթի ներքին ելուստներ, 7 - առանցքային հովացման ակոսներ

ա)

բ)



**Նկ. 2.20 Միաֆազ տրանսֆորմատորի միացման խմբերը**

Փաթույթները գտնվում են նույն ձողի վրա, հետևաբար, հոսքակցվում են նույն հոսքի հետ, ապա էլշու-ները և լարումները, ժամանակի յուրաքանչյուր պահի կգործեն միևնույն ուղղությամբ և կհամընկնեն ըստ ֆազի: Եթե տեղերով փոխենք

փաթույթներից մեկի ծայրերը (սկիզբը և վերջը), այդ փաթույթի լարման վեկտորի ուղղությունը կփոխվի հակառակ ուղղությամբ: Այս դեպքում լարումներն իրարից շեղված կլինեն  $180^{\circ}$ -ով: Նույն արդյունքը կստացվի, եթե, պահպանենք փաթույթի սկիզբը և վերջը, փոխենք փաթույթներից մեկի փաթաթման ուղղությունը (նկ.2.20,բ):

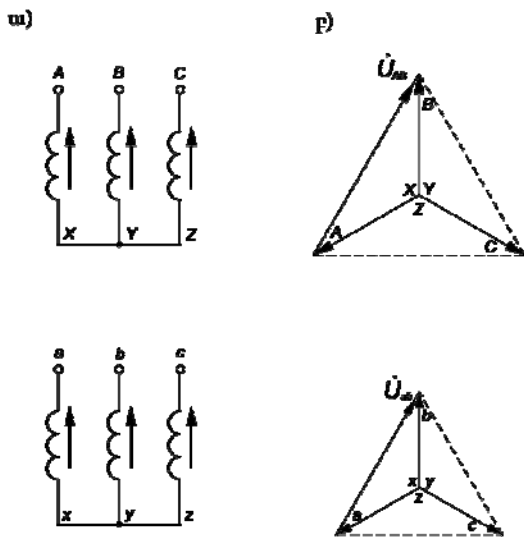
Տրանսֆորմատորների փաթույթների ֆազերի շեղումը նշանակելու համար նրանց գծային լարումների վեկտորները նմանեցնում են ժամացույցի ցուցատախտակի սլաքներին, ընդ որում, բարձր լարման փաթույթի վեկտորն ընդունում են որպես բույս ցույց տվող սլաք և համարում, որ ժամացույցի ցուցատախտակի վրա այն ուղղված է 12 (կամ 0) թվի վրա, իսկ ցածր լարման փաթույթի վեկտորն ընդունում են որպես ժամը ցույց տվող սլաք: Վերջինիս ցույց տված թիվը պայմանավորում է այն խումբը, որին պատկանում է տվյալ տրանսֆորմատորը:

Այսպիսով, նկ. 2.20ա դեպքում, ըստ կատարած նշանակումների, փոքր սլաքը համընկնելով մեծ սլաքի հետ, ուղղված կլինի 12 (կամ 0) թվի ուղղությամբ և տրանսֆորմատորի փաթույթների միացման խումբը կպայմանավորվի 12 (կամ 0) թվով, իսկ նկ. 2.20 բ դեպքում՝ 6 թվով:

Դիտարկենք եռաֆազ տրանսֆորմատորների փաթույթների միացման խմբերը՝ կատարելով հետևյալ ենթադրությունները.

- 1) տրանսֆորմատորի առաջնային և երկրորդային փաթույթները միացված են աստղաձև,
- 2) փաթույթներն ունեն միևնույն փաթաթման ուղղությունը,
- 3) փաթույթների ծայրերն ունեն միանման նշանակումներ:

Բարձր լարման փաթույթն ընդունենք որպես առաջնային, իսկ ցածր լարման փաթույթը՝ երկրորդային փաթույթ, և նույնանուն ֆազերի փաթույթները տեղադրված են միևնույն ձողի վրա (նկ.2.22):



**Նկ.2.21. Եռաֆազ տրանսֆորմատորի խմբերը փաթույթների աստղաձև միացման դեպքում**

---

---

Այս դեպքում երկրորդային և առաջնային փաթույթների գծային լարումներն ըստ ֆազի համընկնում են, և տրանսֆորմատորը պատկանում է 12-րդ (կամ 0) խմբին: Համապատասխան պայմանական նշագրումը կատարվում է՝  $Y/Y-12$  կամ  $Y/Y-0$  այս տեսքով:

Եթե փոխենք առաջնային կամ երկրորդային փաթույթի փաթաթման ուղղությունը, ապա այդ փաթույթի գծային լարումների եռանկյունը կշրջվի իր նախնական դիրքից  $180^\circ$ -ով, առաջնային և երկրորդային գծային լարումները, բնականաբար, կգտնվեն հակաֆազայում, և այժմ արդեն տրանսֆորմատորի միացման խումբը կորոշվի 6 թվով: Պայմանական նշագրումը՝  $Y/Y-6$ :

Նույն 6-րդ խումբը կստանայինք, եթե անփոփոխ թողնելով փաթաթման ուղղությունը, փոխեինք առաջնային (կամ երկրորդային) փաթույթի ծայրերի նշանակումները:

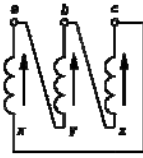
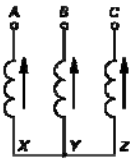
Կատարելով համապատասխան փաթույթի ֆազերի ծայրերի նշանակումների շրջանաձև վերատեղադրում և փոխելով փաթույթի ծայրերի նշանակումները՝  $Y/Y$  սխեմայով միացման դեպքում կարելի է ստանալ փաթույթների միացման բոլոր զույգ խմբերը:

Նույնպիսի միացման խմբեր կարելի է ստանալ նաև փաթույթների  $\Delta/\Delta$  միացման սխեմայի դեպքում:

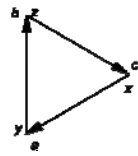
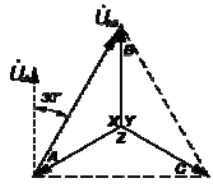
Եթե փաթույթները միացված են  $Y/\Delta$  սխեմայով (նկ.2.22ա) և փաթույթների փաթաթման ուղղությունը և ծայրերի նշանակումները համանման են: Այդ դեպքում բարձր և ցածր լարման փաթույթների լարումների վեկտորական դիագրամները կունենան նկ.2.22 բ-ում ցույց տրված տեսքը, և նույնանուն գծային լարումներն իրարից շեղված կլինեն  $30^\circ$ -ով (նկ.2.22 գ): Այդպիսի տրանսֆորմատորը պատկանում է 11-րդ խմբին, իսկ համապատասխան պայմանական նշանակումը տրվում է  $Y/\Delta-11$  տեսքով: Քննարկվող դեպքում ֆազերի ծայրերի նշանակումների շրջանաձև վերատեղադրման և փաթույթների ծայրերի փոփոխման միջոցով կարելի է ստանալ փաթույթների միացման բոլոր կենտ խմբերը:

Փաթույթների միացման ամենատարածված սխեմաները պատկերված է աղյուսակ 2.2-ում

ա)



բ)



գ)



Նկ.2.22. Եռաֆազ տրանսֆորմատորի խմբերը փաթույթների Y/Δ միացման դեպքում

Աղյուսակ 2.2

Փաթույթների միացման սխեման		Էլշու-ի վեկտորական դիագրաման		Պայմանական նշաններ
BH	HH	BH	HH	
				Y/Y <sub>H</sub> -0
				Y/Δ-11
				Y <sub>H</sub> /Δ-11
				Y/Z <sub>H</sub> -11
				Δ/Y <sub>H</sub> -11

## 2.4. Տրանսֆորմատորների լարումների և մշու-ների հավասարումները

Քննարկենք տրանսֆորմատորի աշխատանքային գործընթացն իրական միաֆազ տրանսֆորմատորի օրինակի հիման վրա:

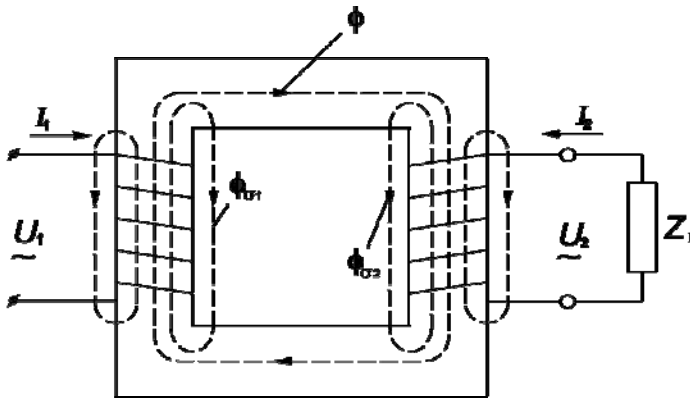
Առաջնային և երկրորդային փաթույթներում  $\Phi$  հիմնական հոսքից ինդուկտված էլշու-ները ( $e_1$  և  $e_2$ )`

$$e_1 = -W_1 \frac{d\Phi}{dt}, \quad e_2 = -W_2 \frac{d\Phi}{dt} :$$

Տրանսֆորմատորի փաթույթների  $I_1$  և  $I_2$  հոսանքները, բացի  $\Phi$  հիմնական հոսքից, ստեղծում են նաև  $\Phi_{\sigma 1}$  և  $\Phi_{\sigma 2}$  ցրման հոսքերը, որոնք կապված են միայն իրենց սեփական փաթույթի հետ և ինդուկցում են նրանցում, ցրման էլշու-ներ`

$$e_{\sigma 1} = -L_{\sigma 1} \frac{di_1}{dt}, \quad e_{\sigma 2} = -L_{\sigma 2} \frac{di_2}{dt},$$

որտեղ  $L_{\sigma 1}$ -ը և  $L_{\sigma 2}$ -ը համապատասխանաբար առաջնային և երկրորդային փաթույթների ցրման ինդուկտիվություններն են:



Նկ.2.22. Միաֆազ տրանսֆորմատորի սխեմա

Առաջնային փաթույթի համար ըստ Կիրխոֆի երկրորդ օրենքի` կարող ենք գրել`

$$u_1 + e_1 + e_{\sigma 1} = i_1 r_1,$$

որտեղ  $u_1$ -ը` առաջնային փաթույթին մատուցված լարման ակնթարթային արժեքն է,  $i_1$ -ը` առաջնային փաթույթում հոսանքի ակնթարթային արժեքը,  $r_1$ -ը` առաջնային փաթույթի ակտիվ դիմադրությունը :

Եթե լարումները, էլշու-ները և հոսանքները, ժամանակից կախված, փոփոխվում են սինուսոիդալ օրենքով, ապա այդ մեծությունների գործող արժեքները կարելի է պատկերել կոմպլեքսներով`  $\dot{U}$ ,  $\dot{E}$  և  $\dot{I}$ , և կարող ենք գրել`

$$U_1 + E_1 + E_{\sigma_1} = F_1 r_1 :$$

Յրման էլշու-ների գործող արժեքները՝

$$E_{\sigma_1} = -jF_1 x_1 ,$$

$$E_{\sigma_2} = -jF_2 x_2 ,$$

որտեղ  $x_1$ -ը և  $x_2$ -ը համապատասխանաբար առաջնային և երկրորդային փաթույթ-ների ցրման ինդուկտիվ դիմադրություններն են:

Այսինքն՝ տրանսֆորմատորի յուրաքանչյուր փաթույթում ինդուկտիվում են երկուական էլշու՝ մեկը  $\Phi$  հիմնական հոսքից, մյուսը՝ համապատասխան ցրման հոսքերից:

Հաշվի առնելով այս, կարող ենք գրել առաջնային փաթույթի լարումների հավասարումները՝

$$U_1 + E_1 - jF_1 x_1 = F_1 r_1 ,$$

$$U_1 = -E_1 + F_1(r_1 + jx_1) = -E_1 + F_1 Z_1 ,$$

որտեղ  $Z_1 = r_1 + jx_1$  - առաջնային փաթույթի լրիվ դիմադրությունն է:

Տրանսֆորմատորի երկրորդային փաթույթի համար, որը փակված է  $Z_p$  բեռով, լարումների հավասարումը կունենա հետևյալ տեսքը՝

$$E_2 + E_{\sigma_2} = F_2 r_2 + F_2 Z_p$$

$r_2$ -ը երկրորդային փաթույթի ակտիվ դիմադրությունն է: Մյուս կողմից՝

$$F_2 Z_p = U_2 :$$

Այսպիսով՝

$$E_2 + E_{\sigma_2} = F_2 r_2 + U_2$$

$$U_2 = E_2 - F_2 r_2 - jF_2 x_2$$

$$U_2 = E_2 - F_2(r_2 + jx_2) = E_2 - F_2 Z_2$$

որտեղ  $Z_2 = r_2 + jx_2$  - երկրորդային փաթույթի լրիվ դիմադրությունն է:

Եթե անտեսենք տրանսֆորմատորի առաջնային փաթույթում լարման անկումը, ապա

քանի որ՝

$$U_1 = E_1 ,$$

$$E_1 = 4,44 f_1 W_1 \Phi_m ,$$

կատանանք՝

$$\Phi_m = \frac{U_1}{4.44 f_1 W_1} :$$

Այս արտահայտությունից բխում է, որ ցանցի անփոփոխ լարման դեպքում ( $U_1 = const$ ), մագնիսական հոսքը գործնականում կախված չէ բեռից: Հետևաբար մագնիսական հոսքն անփոփոխ է և նույն արժեքն ունի նաև պարասպ ընթացքի

ռեժիմում, երբ պայմանավորվում է միայն առաջնային փաթույթի մշու-ով, այնպես էլ բեռնավորման ռեժիմում, երբ պայմանավորվում է առաջնային և երկրորդային փաթույթների մշու-ներով, կատանանք տրանսֆորմատորի մշու-ների հավասարումը.

$$I_1 W_1 + I_2 W_2 = I_0 W_1,$$

որտեղ  $I_1 W_1$ -ը առաջնային փաթույթի մշուն է,  $I_2 W_2$ -ը երկրորդային փաթույթի մշու-ն է,  $I_0 W_1$ -ը պարսպ ընթացքի մշու-ն է,  $I_0$ -ն՝ պարսպ ընթացքի հոսանքը:

## 2.5. Բերված տրանսֆորմատոր

Ընդհանուր առմամբ տրանսֆորմատորի առաջնային փաթույթի պարամետրերը տարբերվում են երկրորդային փաթույթի պարամետրերից: Ընդ որում, այդ տարբերությունն այնքան ավելի զգալի է, որքան մեծ է տրանսֆորմացիայի գործակիցը՝  $k$ -ն: Դա դժվարացնում է հատկապես վեկտորական դիագրամների կառուցումը: Այս դժվարությունները վերացնելու նպատակով տրանսֆորմատորի, երկրորդային փաթույթի պարամետրերը բերում են առաջնային փաթույթի գալարների թվին, իրական տրանսֆորմատորի փոխարեն դիտարկում են մեկ այլ տրանսֆորմատոր, որի երկրորդային փաթույթի գալարների թիվը հավասար է առաջնային փաթույթի գալարների թվին: Բնական է, որ այդ դեպքում տրանսֆորմատորի երկրորդային փաթույթը բնութագրող բոլոր մեծությունները՝ էլշու-ն, լարումը, հոսանքը, դիմադրությունները պետք է վերահաշվարկվեն առաջնային փաթույթի գալարների թվի համար:

Եթե իրական տրանսֆորմատորի երկրորդային փաթույթի գալարների թիվը  $W_2$  է, փոխարինված է վերացական գալարների թվով փաթույթով՝  $W_2' = W_1$ : Այդ դեպքում, երկրորդային փաթույթի գալարների թիվը փոխվում է  $k'$  անգամ,

$$k' = \frac{W_2'}{W_2} = \frac{W_1}{W_2},$$

որտեղ  $k'$ -ը բերման գործակիցն է, որը ցածրացնող տրանսֆորմատորի դեպքում հավասար է տրանսֆորմացիայի գործակիցին:

Այդպիսի տրանսֆորմատորը կոչվում է *բերված տրանսֆորմատոր*:

Սակայն տրանսֆորմատորի երկրորդային փաթույթի բերումն առաջնայինին պետք է կատարվի այնպես, որ այն չազդի տրանսֆորմատորի էներգետիկական պրոցեսի վրա, այսինքն, էլեկտրամագնիսական պրոցեսներն իրական և բերված տրոնսֆորմատորներում պետք է ընթանան միևնույն ձևով: Իսկ դա նշանակում է, որ իրական և բերված երկրորդային փաթույթների հզորություններն աշխատանքային

բոլոր ռեժիմներում պետք է լինեն իրար հավասար: Բերված մեծությունները նշանակվում են նրբագծերով:

Այստեղից հետևում է, որ բերված և իրական փաթույթների էլշու-ների, հոսանքների, դիմադրությունների միջև գոյություն ունի հետևյալ կապը՝

$$E'_2 = E_1, I'_2 = \frac{I_2}{k'}, r'_2 = k'^2 r_2, x'_2 = k'^2 x_2, Z'_2 = k'^2 Z_2:$$

Բերված տրանսֆորմատորի լարումների և մշու-ների հավասարումները կունենան հետևյալ տեսքը՝

$$\begin{aligned} U_{\mathcal{E}_1} &= -\mathcal{E}_1 + \mathcal{F}_1 Z_1, \\ U_{\mathcal{E}'_2} &= \mathcal{E}'_2 - \mathcal{F}'_2 Z'_2, \\ \mathcal{F}_1 W_1 + \mathcal{F}'_2 W_1 &= \mathcal{F}_0 W_1, \\ \mathcal{F}_1 + \mathcal{F}'_2 &= \mathcal{F}_0: \end{aligned}$$

Կամ՝

$$\mathcal{F}_1 = \mathcal{F}_0 + (-\mathcal{F}'_2):$$

Տրանսֆորմատորի առաջնային հոսանքը բաղկացած է երկու՝  $I_0$  և  $(-I'_2)$  բաղադրիչներից, ընդ որում, այդ բաղադրիչներից առաջինը ( $I_0$ ) պայմանավորում է տրանսֆորմատորի մագնիսամիջուկում հիմնական մագնիսական հոսքը, իսկ երկրորդի ( $-I'_2$ ) ստեղծած մշու-ն, ելնելով մագնիսական հոսքի անփոփոխության պայմանից, համակշռում է երկրորդային հոսանքի ստեղծած մշու-ին:

## 2.6. Տրանսֆորմատորի փոխարինման սխեման

Տրանսֆորմատորի աշխատանքի հետազոտությունը պարզեցնելու նպատակով իրական տրանսֆորմատորը, որում փաթույթներն իրար հետ կապված են էլեկտրամագնիսորեն, պետք է փոխարինել սխեմայով, որտեղ պարամետրերն իրար հետ կապված են միայն էլեկտրականորեն: Բերված տրանսֆորմատորի հասկացության ներմուծումը, որում  $W'_2 = W_1$  և  $E'_2 = E_1$ , հնարավորություն է տալիս իրականացնել այդ փոխարինումը:

Լուծելով հավասարումների համակարգը  $I_1$  հոսանքի նկատմամբ, կստանանք՝

$$\mathcal{F}_1 = \frac{U_{\mathcal{E}_1}}{Z_h},$$

որտեղ

$$Z_h = Z_1 + \frac{1}{\frac{1}{Z_0} + \frac{1}{Z'_2 + Z'_p}}$$

ընդ որում՝

$$Z_1 = r_1 + jx_1, Z_\delta = r_\delta + jx_\delta, Z'_2 = r'_2 + jx'_2,$$

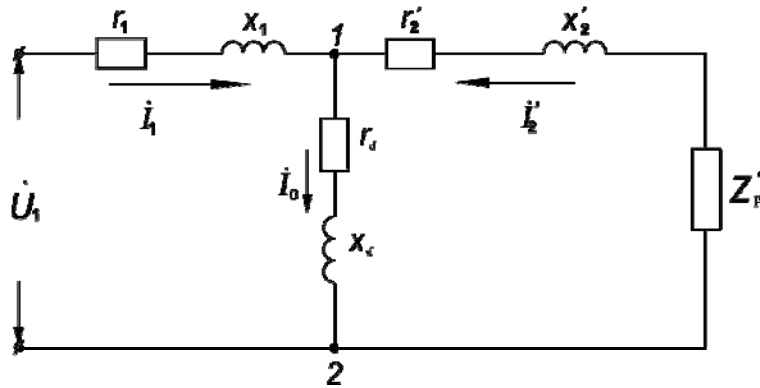
$$r_\delta = \frac{P_{\delta q}}{I_0^2}, x_\delta = \omega M, -\underline{\mathcal{E}}_1 = \underline{\mathcal{E}}_0 Z_\delta :$$

Այստեղ օգտագործվել են հետևյալ նշանակումները.  $r'_2$  -ը երկրորդային փաթույթի բերված ակտիվ դիմադրությունն է,  $x'_2$  -ը՝ երկրորդային փաթույթի բերված ցրման ինդուկտիվ դիմադրությունը,  $Z'_2$  -ը՝ երկրորդային փաթույթի բերված լրիվ դիմադրությունը,  $Z'_p$  -ը՝ բեռի բերված լրիվ դիմադրությունը,  $Z_\delta$  -ն՝ մագնիսացնող կոնտուրի լրիվ դիմադրությունը,  $M$  -ը՝ փաթույթների փոխինդուկտիվությունը,  $P_{\delta q}$  -ն՝ մագնիսամիջուկի պողպատի կորուստները,  $Z_h$  -ն՝  $T$  -աձև փոխարինման սխեմայի համարժեք դիմադրությունը:

Փոխարինման սխեման բաղկացած է 3 ճյուղերից.

$Z_1$  դիմադրությամբ և  $I_1$  հոսանքով առաջնային ճյուղից,  $Z_\delta$  դիմադրությամբ և  $I_0$  հոսանքով մագնիսացնող ճյուղից,  $Z'_2 + Z'_p$  դիմադրությամբ և  $I'_2$  հոսանքով երկրորդային ճյուղից:

Ինչպես երևում է այդ սխեմայից, համապատասխան ակտիվ և ցրման ինդուկտիվ դիմադրությունները պայմանականորեն առանձնացված են փաթույթներից, իսկ վերջիններս իրենց հերթին համատեղված և պատկերված են համարժեք ճյուղով, որով հոսում է  $I_0$  հոսանքը: Ընդ որում, համատեղված փաթույթը կատարում է մագնիսացնող կոնտուրի դեր, որն ստեղծում է հիմնական մագնիսական հոսքը, իսկ այդ փաթույթում ծախսվող ակտիվ հզորությունը համապատասխանում է մագնիսամիջուկի պողպատում կորուստներին:



Նկ.2.23. Տրանսֆորմատորի փոխարինման սխեման

Տրված տրանսֆորմատորի համար փոխարինման սխեմայի բոլոր պարամետրերը (բացառությամբ  $Z_p'$ -ի) հաստատուն մեծություններ են և կարող են որոշվել համապատասխան փորձերից:

Նշենք նաև, որ փոխարինման սխեմայում  $Z_p'$  դիմադրության մեծության փոփոխման միջոցով կարելի է ստանալ տրանսֆորմատորի աշխատանքային բոլոր ռեժիմները:

### 2.7. Միաֆազ տրանսֆորմատորի պարապ ընթացքի ռեժիմը

Տրանսֆորմատորի աշխատանքի այն ռեժիմը, երբ առաջնային փաթույթը միացված է ցանցին, իսկ երկրորդային փաթույթը բաց է ( $I_2 = 0$ ), անվանում են պարապ ընթացքի ռեժիմ:

Այս ռեժիմը թույլ է տալիս հաշվարկային կամ փորձնական ճանապարհով որոշել հետևյալ մեծությունները՝

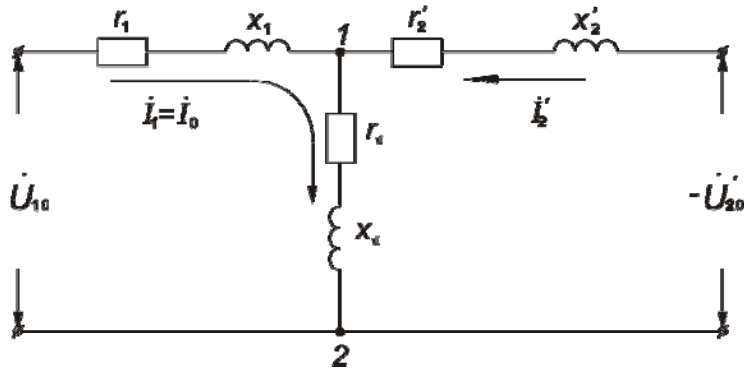
- տրանսֆորմացիայի գործակիցը,
- պարապ ընթացքի հոսանքը,
- պարապ ընթացքի կորուստները:

Պարապ ընթացքի ռեժիմում բերված տրանսֆորմատորի լարումների և հոսանքների հավասարումներն ունեն հետևյալ տեսքը՝

$$\dot{U}_{10}^{\xi} = -\dot{E}_1^{\xi} + \dot{I}_1^{\xi} r_1 + j \dot{I}_1^{\xi} x_1$$

$$\dot{U}_{20}^{\xi'} = \dot{E}_2^{\xi'}, \quad \dot{I}_1 = \dot{I}_0^{\xi}:$$

Պարապ ընթացքի ռեժիմի փոխարինման սխեման:



Նկ.2.24. Պարապ ընթացքի ռեժիմի փոխարինման սխեմա

Երկփաթույթ միաֆազ ( $m=1$ ) և եռաֆազ ( $m=3$ ) տրանսֆորմատորների պարապ ընթացքի փորձերի սխեմաները բերված են նկ.2.25-ում: Տրանսֆորմատորի առաջնային փաթույթը միացվում է սինուսոիդային լարմանը, իսկ երկրորդային փաթույթը բաց է: Չափվում են առաջնային  $U_0 = U_{10}$  լարումը,  $I_0 = I_1$  հոսանքը և  $P_0 = P_1$  հզորությունը, ինչպես նաև երկրորդային  $U_{20}$  լարումը:

Միաֆազ տրանսֆորմատորի փորձի տվյալներից որոշվում են պարապ ընթացքի լրիվ, ակտիվ և ինդուկտիվ դիմադրությունները՝

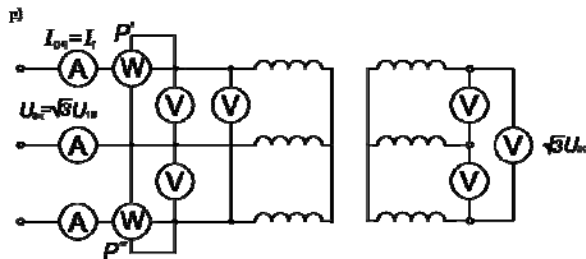
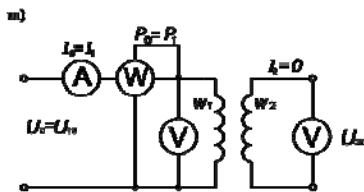
$$Z_0 = \frac{U_{10}}{I_0}, \quad r_0 = \frac{P_0}{I_0^2},$$

տրանսֆորմացիայի գործակիցը՝

$$k = \frac{W_1}{W_2} \approx \frac{U_{10}}{U_{20}},$$

և պարապ ընթացքի հզորության գործակիցը՝

$$\cos \varphi_0 = \frac{P_0}{U_{10} I_0} :$$



Նկ.2.25. Միաֆազ (ա) և եռաֆազ (բ) երկփաթույթ տրանսֆորմատորների պարապ ընթացքի փորձերի սխեմաները

Նշենք նաև, որ պարապ ընթացքի հոսանքը ( $I_0$ ) ունի երկու՝ ռեակտիվ ( $I_{0r}$ ) և ակտիվ ( $I_{0a}$ ) բաղադրիչ:

Այսպիսով՝

$$I_0 = \sqrt{I_{0r}^2 + I_{0a}^2}$$

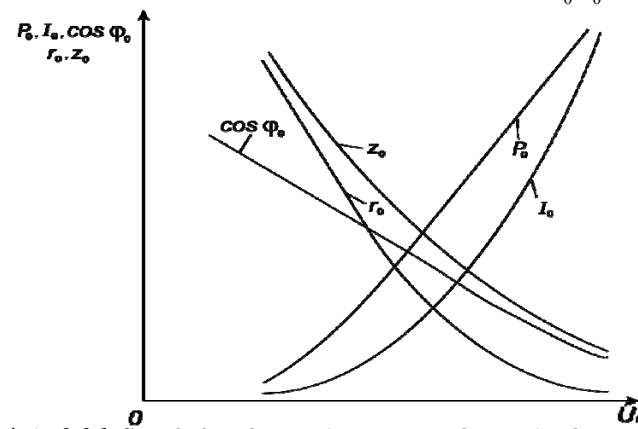
Պարապ ընթացքի հոսանքի ռեակտիվ բաղադրիչը ստեղծում է հիմնական մագնիսական հոսքը, իսկ մագնիսական կորուստների հզորությունը որոշվում է պարապ ընթացքի հոսանքի ակտիվ բաղադրիչով:

Անվանական լարման դեպքում,  $I_0$ -ն կազմում է անվանական հոսանքի 1,5...4%-ը:

Եռաֆազ տրանսֆորմատորների համար երեք ամպերմետրերի և վոլտմետրերի ցուցմունքներով որոշվում են  $I_{0q}$  գծային հոսանքի և  $U_{0q}$  գծային լարման միջին արժեքները, իսկ վատտմետրերի ցուցմունքներով՝ երեք ֆազերի պարապ ընթացքի  $P_0 = P' + P''$  հզորությունը: Ֆիզիկական իմաստ ունեն միայն այն դիմադրությունների արժեքները, որոնք հաշվարկված են փաթույթի ֆազի համար: Այդ պատճառով պետք է նկատի ունենալ փաթույթի միացման սխեման: Առաջնային փաթույթի աստղաձև միացման դեպքում.

$$z_0 = \frac{U_{0q}}{\sqrt{3}I_{0q}}, \quad r_0 = \frac{P_0}{3I_{0q}^2}, \quad x_0 = \sqrt{z_0^2 - r_0^2} :$$

Պարապ ընթացքի հզորության գործակիցը՝  $\cos \varphi_0 = \frac{P_0}{\sqrt{3}U_0 I_0} :$



Նկ. 2.26. Տրանսֆորմատորի պարապ ընթացքի բնութագրերը

Պարապ ընթացքի փորձը սովորաբար կատարվում է  $U_{10}$ -ի մի քանի արժեքների համար, սկսած  $U_{10} \approx 0,3U_w$ -ից մինչև  $U_{10} \approx 1,1U_w$  և ստացված տվյալների համաձայն կառուցվում է պարապ ընթացքի բնութագրերը՝  $I_0, P_0, z_0, r_0, \cos \varphi_0 = f(U_{10})$ :

Տրանսֆորմատորի պարապ ընթացքի ռեժիմի փոխարինման սխեմայի դիտարկումից երևում է, որ  $z_0, r_0, x_0$  պարամետրերը հետևյալ դիմադրությունների գումարներն են.

$$z_0 = Z_1 + Z_{\delta}, \quad r_0 = r_1 + r_{\delta}, \quad x_0 = x_1 + x_{\delta} :$$

Ուժային տրանսֆորմատորներում  $r_1$  և  $x_1$  դիմադրությունները բավականաչափ փոքր են  $r_{\delta}$ -ից և  $x_{\delta}$ -ից, հետևաբար՝

$$z_0 \approx Z_{\delta}, r_0 \approx r_{\delta}, x_0 \approx x_{\delta} :$$

Նույն պատճառով կարելի է ընդունել, որ պարապ ընթացքի  $P_0$  հզորությունը հավասար է տրանսֆորմատորի մագնիսամիջուկում մագնիսական կորուստների:

Քանի որ  $Z_1 \ll Z_{\delta}$ , ապա  $U_{10} \approx E_1$  :

### 2.8. Տրանսֆորմատորի պարապ ընթացքի կորուստները

Քանի որ  $r_1 \ll r_{\delta}$ , ապա պարապ ընթացքի կորուստները գործնականում մագնիսամիջուկի պողպատում կորուստներն են, հաշվի առած նաև բաքի պատերում մրրկային հոսանքներից կորուստները: Այսինքն՝ պարապ ընթացքի հզորությունը գործնականում ծախսվում է միայն պողպատի կորուստների վրա:

Նշենք նաև, որ պողպատում կորուստները բաղկացած են հիստերեզիսային ( $P_h$ ) և մրրկային ( $P_{\text{մր}}$ ) հոսանքների կորուստներից՝

$$P_{\text{պ}} = P_h + P_{\text{մր}} :$$

Ընդհանուր առմամբ, պողպատում կորուստները համեմատական են ինդուկցիայի քառակուսուն ( $B^2$ ) և հաճախության 1,3 աստիճանին ( $f^{1,3}$ ):

### 2.9. Տրանսֆորմատորի կարճ միացման ռեժիմը

Տրանսֆորմատորի կարճ միացումը նրա աշխատանքի այն ռեժիմն է, երբ տրանսֆորմատորի երկրորդային փաթույթը փակված է՝  $U_2 = 0$ : Եթե տրանսֆորմատորի կարճ միացման դեպքում նրա առաջնային փաթույթին մատուցվում է անվանական կամ անվանականին մոտ լարում, ապա տրանսֆորմատորի փաթույթներում կարճ միացման հոսանքները 10...20 անգամ կգերազանցեն անվանական հոսանքների արժեքները, և տրանսֆորմատորը կարող է շարքից դուրս գալ: Այսպիսի կարճ միացումն անվանում են վթարային կարճ միացում: Տրանսֆորմատորի կարճ միացման մյուս տեսակը նրա փորձարկումն է կարճ միացման ռեժիմում (լաբորատոր կարճ միացում): Այն կատարվում է ցածրացված լարման դեպքում և նպատակ ունի որոշելու՝

- կարճ միացման լարումը,

- կարճ միացման կորուստները (հզորությունը):

Եթե կարճ միացման դեպքում այնքան իջեցնենք լարումը, որ տրանսֆորմատորի փաթույթներով անցնի անվանական հոսանքներ, ապա լարումը ( $U_{կա}$ ) անվանում են կարճ միացման անվանական լարում (կամ կարճ միացման լարում) և արտահայտում են տոկոսներով անվանական լարման ( $U_{1ա}$ ) նկատմամբ՝

$$U_{կ} \% = \frac{U_{կա}}{U_{1ա}} \cdot 100 \% :$$

Սովորաբար,  $U_{կ}$ -ն կազմում է  $U_{1ա}$ -ի 5-10%-ը: Կարճ միացման լարման մեծությունը նշվում է տրանսֆորմատորի վահանակի վրա:

Կարճ միացման ռեժիմի դեպքում բերված տրանսֆորմատորի լարումների և հոսանքների հավասարումներն ընդունում են հետևյալ տեսքը՝

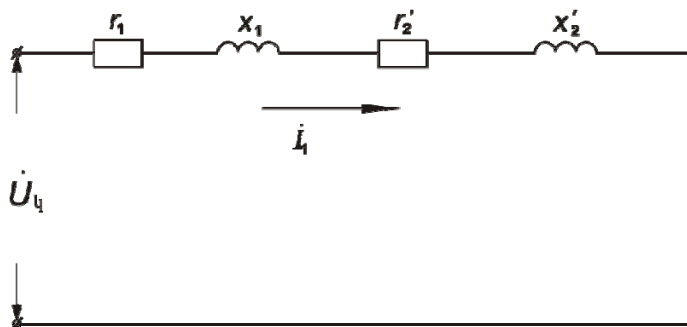
$$U_{կ}^{\text{Ֆ}} = -E_{1կ}^{\text{Ֆ}} + I_1^{\text{Ֆ}} Z_1,$$

$$I_2^{\text{Ֆ}} - I_2^{\text{Ֆ}'} = 0,$$

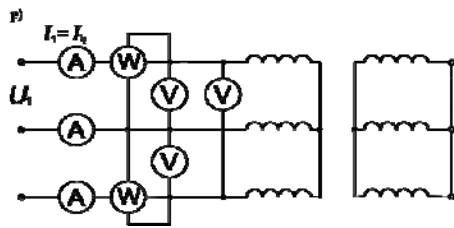
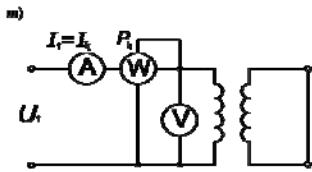
$$I_1 + I_2 = 0 :$$

Այստեղից հետևում է, որ, եթե  $U_{կ}$ -ն կազմում է  $U_{1ա}$  -ի 5...10%-ը, ապա տրանսֆորմատորի միջուկում հիմնական մագնիսական հոսքը և դրա ստեղծման համար անհրաժեշտ մշու-ն ( $I_0 W_1$ ) այնքան փոքր են, որ դրանք կարելի է անտեսել:

Կարճ միացման ռեժիմի փոխարինման սխեման ունի հետևյալ տեսքը.



Նկ. 2.27 Կարճ միացման ռեժիմի փոխարինման սխեման

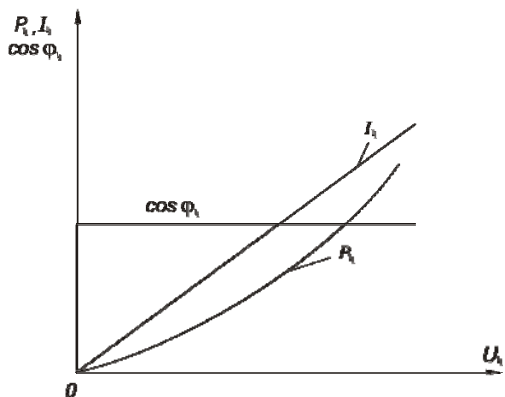


Կարճ միացման պարամետրերն են՝  $r_{\text{կ}} = r_1 + r_2'$ ,  $x_{\text{կ}} = x_1 + x_2'$ ,  $Z_{\text{կ}} = Z_1 + Z_2'$  :

Ըստ այս պարամետրերի կարող ենք գրել՝  $\underline{U}_{\text{կ}}^{\otimes} = \underline{I}_{\text{կ}}^{\otimes} r_{\text{կ}} + j \underline{I}_{\text{կ}}^{\otimes} x_{\text{կ}} = \underline{U}_{\text{կա}}^{\otimes} + \underline{U}_{\text{կր}}^{\otimes}$ ,

որտեղ  $\underline{U}_{\text{կա}}^{\otimes}$ -ն և  $\underline{U}_{\text{կր}}^{\otimes}$ -ն կարճ միացման լարման ակտիվ և ռեակտիվ բաղադրիչներն են:

Կարճ միացման փորձը կատարվում է հետևյալ կերպ: Երկրորդային փաթույթը կարճ է միացվում, իսկ առաջնային փաթույթին մատուցվում է այնպիսի իջեցված լարում, որ հոսանքները գտնվեն անվանականի սահմաններում:



**Նկ.2.29. Տրանսֆորմատորի կարճ միացման բնութագրերի տեսքը**

Եռաֆազ տրանսֆորմատորի համար՝  $z_{\text{կ}} = \frac{U_{\text{կ}}}{I_{\text{կ}}}$ ,  $r_{\text{կ}} = \frac{P_{\text{կ}}}{I_{\text{կ}}^2}$ ,  $x_{\text{կ}} = \sqrt{z_{\text{կ}}^2 - r_{\text{կ}}^2}$  :

Եռաֆազ տրանսֆորմատորի համար, ըստ սարքերի ցուցումների, որոշվում են  $U_{\text{կգ}}$  գծային լարման,  $I_{\text{կգ}}$  գծային հոսանքի միջին արժեքները և կարճ միացման երեք ֆազերի  $P_{\text{կ}}$  հզորությունը: Առաջնային փաթույթի աստղաձև միացման դեպքում կարճ միացման պարամետրերը մեկ ֆազի համար կլինեն՝

$$z_{\text{կ}} = \frac{U_{\text{կգ}}}{\sqrt{3}I_{\text{կգ}}}, r_{\text{կ}} = \frac{P_{\text{կ}}}{3I_{\text{կգ}}^2}, x_{\text{կ}} = \sqrt{z_{\text{կ}}^2 - r_{\text{կ}}^2} :$$

Քանի որ  $x_1$  և  $x_2'$ -ը որոշվում են օդով փակվող հոսքերով, ապա դրանց մեծությունները, ինչպես նաև  $z_{\text{կ}}$ -ն և  $\cos \varphi_{\text{կ}}$ -ն, գործնականում, կախված չեն  $U_{\text{կ}}$ -ից և  $I_{\text{կ}}$ -ից:

Կարճ միացման բնութագրերն ունեն հետևյալ տեսքը.

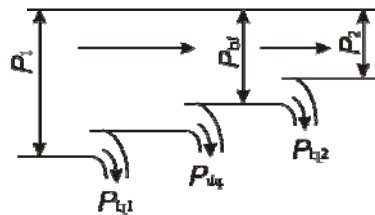
Քանի որ կարճ միացման ռեժիմի ժամանակ հիմնական հոսքը բավականաչափ փոքր է, ապա այդ դեպքում միջուկում պողպատի կորուստները կարելի է անտեսել, ընդունելով, որ կարճ միացման  $P_{\text{կ}}$  հզորությունը ծախսվում է միայն փաթույթներում էլեկտրական կորուստների վրա՝  $P_{\text{կ}} = I_1^2 r_1 + I_1^2 r_2' = I_1^2 r_{\text{կ}}$

Նշենք նաև, որ  $P_0 / P_{\text{կ}}$  հարաբերությունը ստանդարտ տրանսֆորմատորների համար տատանվում է՝  $P_0 : P_{\text{կ}} = 1 : (2,5 \dots 4)$  սահմաններում:

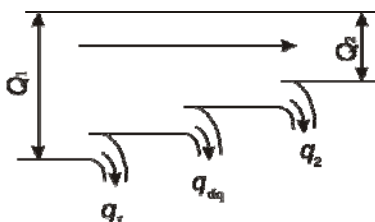
## 2.10. Տրանսֆորմատորի էներգետիկ դիագրամը

Տրանսֆորմատորի ակտիվ հզորության փոխակերպումը կատարվում է նկ.2.30 ա-ի դիագրամի համաձայն:

ա)



բ)



Նկ.2.30. Ակտիվ (ա) և ռեակտիվ (բ) հզորության փոխակերպումը տրանսֆորմատորում

Առաջնային փաթույթը սնող ցանցից սպառում է ակտիվ հզորություն՝

$$P_1 = m U_1 I_1 \cos \varphi_1 :$$

Այդ հզորության մի մասը ծախսվում է առաջնային փաթույթի էլեկտրական կորուստների վրա՝

$$p_{\text{էլ.1}} = mI_1^2 r_1 ,$$

մի մասը ծախսվում է մագնիսամիջուկում մագնիսական կորուստների վրա՝

$$p_{\text{մգ}} = mE_1 I_{0a} = mI_0^2 r_{\text{մ}} :$$

Մագնիսական կորուստները գործնականում բեռից կախված չեն, որի պատճառով դրանք կոչվում են հաստատուն կորուստներ: Էլեկտրական կորուստները, որոնք, բնականաբար, կախված են բեռի մեծությունից, կոչվում են փոփոխական կորուստներ:

Էլեկտրամագնիսական հզորությունը՝

$$P_{\text{էմ}} = P_1 - p_{\text{էլ.1}} - p_{\text{մգ}} = mE_1 I_2' \cos \psi_2$$

փոխանցվում է մագնիսական դաշտով երկրորդային փաթույթին: Երկրորդային փաթույթում էլեկտրական կորուստները՝

$$p_{\text{էլ.2}} = mI_2^2 r_2 = mI_2'^2 r_2' :$$

Հզորության մնացորդն օգտակար հզորությունն է, որը հաղորդվում է սպառողներին՝

$$P_2 = P_{\text{էմ}} - p_{\text{էլ.2}} = mU_2 I_2 \cos \varphi_2 = mU_2' I_2' \cos \varphi_2 :$$

Ռեակտիվ հզորության փոխակերպումը կատարվում է նկ.2.30 բ դիագրամի համաձայն ցանցից վերձրած ռեակտիվ հզորությունը՝

$$Q_1 = mU_1 I_1 \sin \varphi_1$$

որտեղ՝

$$q_1 = mI_1^2 x_1$$

հզորությունը ծախսվում է առաջնային ցրման մագնիսական դաշտի ստեղծման և՝

$$q_{\text{մգ}} = mE_1 I_{0r} = mI_0^2 x_{\text{մ}}$$

հզորությունը՝ մագնիսամիջուկի մագնիսական դաշտի ստեղծման վրա:

Երկրորդային ցրման մագնիսական դաշտի ստեղծման համար անհրաժեշտ հզորությունը՝  $q_2 = mI_2^2 x_2 = mI_2'^2 x_2'$ :

Մնացած ռեակտիվ հզորությունը փոխանցվում է սպառողներին՝

$$Q_2 = Q_1 - q_1 - q_{\text{մգ}} - q_2 = mU_2 I_2 \sin \varphi_2 = mU_2' I_2' \sin \varphi_2$$

### 2.11. Տրանսֆորմատորի երկրորդային լարման փոփոխությունն ըստ բեռի

Բեռի փոփոխման ժամանակ տրանսֆորմատորի երկրորդային լարումը փոփոխվում է:

Տրանսֆորմատորի երկրորդային փաթույթի լարման փոփոխությունը՝ պարապ ընթացքի ժամանակ երկրորդային անվանական լարման և երկրորդային անվանական հոսանքի դեպքում նույն սեղմակների վրա գործող լարման տարբերությունն է, երբ  $U_1 = U_{1w} = const$ ,  $f_1 = f_{1w} = const$ : Սովորաբար, այն արտահայտում են ստորևընթացող՝ երկրորդային անվանական լարման նկատմամբ՝

$$\Delta U\% = \frac{U_{2w} - U_2}{U_{2w}} \cdot 100 = \frac{U'_{2w} - U'_2}{U'_{2w}} \cdot 100 = \frac{U_1 - U'_2}{U_1} \cdot 100$$

Լարման փոփոխությունն անվանական բեռի դեպքում բավականին մեծ ճշտությամբ կարելի է որոշել հետևյալ բանաձևով՝

$$\Delta U\% = U_{\text{լա}}\% \cos \varphi_2 + U_{\text{լր}}\% \sin \varphi_2 ,$$

Ցանկացած այլ բեռի համար՝

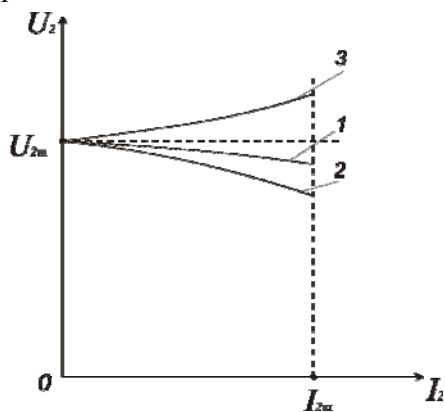
$$\Delta U\% = K_p (U_{\text{լա}}\% \cos \varphi_2 + U_{\text{լր}}\% \sin \varphi_2) ,$$

որտեղ  $K_p = \frac{I_2}{I_{2w}}$  -ը տրանսֆորմատորի բեռնավորման գործակիցն է:

$U_2 = f(I_2)$  կախվածությունը, երբ  $U_1 = const$ ,  $f_1 = f_{1w} = const$ ,

$\cos \varphi_2 = const$ , կոչվում է տրանսֆորմատորի արտաքին բնութագիր:

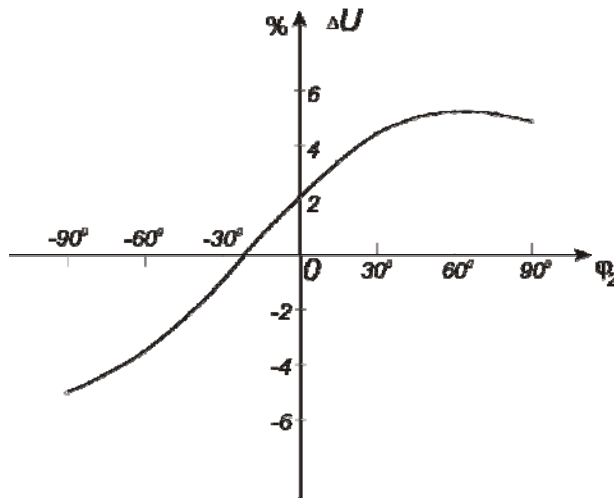
Արտաքին բնութագրերը տարբեր բնույթի բեռնվածքների դեպքում տրված են նկ.2.31-ում:



Նկ.2.31 Տրանսֆորմատորի արտաքին բնութագրերի տեսքը ակտիվ (1), ակտիվ-ինդուկտիվ (2), ակտիվ-ունակային (3) բեռնվածքների դեպքում

$\Delta U$  -ի կապը տրանսֆորմատորի բեռնվածքի բնույթից պարզաբանելու համար նկ.2.32-ում կառուցված է  $\Delta U\% = f(\varphi_2)$  կախվածության գրաֆիկը, երբ  $I = I_w$ :

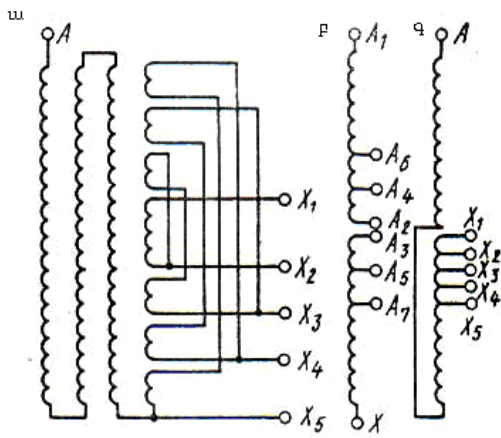
Աջ քառորդը համապատասխանում է խառն ակտիվ-ինդուկտիվ, իսկ ձախը՝ ակտիվ-ունակային բեռնվածքին:



*Նկ.2.32. Լարման փոփոխության կախվածությունը բեռնվածքի բնույթից*

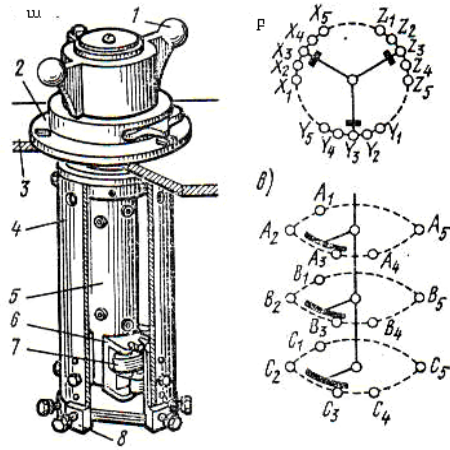
## 2.12. Տրանսֆորմատորի լարման կարգավորումը

Էլեկտրահաղորդման գծերի տարբեր կետերում միացված տրանսֆորմատորների առաջնային փաթույթների լարումները տարբերվում են միմյանցից և, որպես կանոն, տարբերվում են առաջնային անվանական լարման արժեքից, ինչպես նաև սպառիչների բեռնվածքների տատանումների հետևանքով առաջանում են տրանսֆորմատորի երկրորդային լարման տատանումներ: Այդ պատճառով անհրաժեշտություն է առաջանում կարգավորել տրանսֆորմատորի երկրորդային լարումը, որը սովորաբար իրականացվում է տրանսֆորմացիայի գործակցի փոփոխման միջոցով: Այդ նպատակով փաթույթները կատարվում են մի շարք ճյուղավորումներով, իսկ ճյուղավորումների փոխարկումն իրագործվում է համապատասխան փոխանջատիչների միջոցով:



**Նկ. 2.33 Ուժային տրանսֆորմատորի լարման կարգավորման սխեման.**

ա) բազմաշերտ գլանաձև փաթույթներում, բ) փաթույթի միջին մասում, գ) փաթույթի միջին մասում (հակառակ սխեման)



**Նկ. 2. 34 Եռաֆազ լարման կարգավորիչ.**

1-շարժաբեր, 2-կցաշուրթ, 3-տրանսֆորմատորի բաքի կափարիչ, 4-թղթյա բաքելիտային գլան, 5-գլանաձև մեկուսիչ, 6-ծնկաձև լիսեռ, 7-շարժական հպակ, 8-անշարժ հպակ

Ընդ որում, փաթույթի ճյուղավորումների փոխարկումը կարող է կատարվել ցանցից տրանսֆորմատորի ինչպես անջատված, այնպես էլ միացված վիճակում:

Առաջին դեպքում փոխարկող սարքը ստացվում է պարզ և էժան, սակայն փոխարկումը կապված է սպառիչների էներգամատակարարման ընդհատման հետ:

Երկրորդ դեպքում փոխարկող սարքը ստացվում է, համեմատաբար, բարդ և թանկ, սակայն սպառիչների էներգամատակարարումը չի ընդհատվում:

Տրանսֆորմատորի լարման կարգավորումը կատարվում է անվանական լարման նկատմամբ  $\pm 2,5\%$  և  $\pm 5\%$  -ի սահմաններում:

Ճյուղավորումը նպատակահարմար է կատարել բարձր լարման փաթույթի կողմից քանի որ՝

1) բարձր լարման փաթույթն ունի ավելի մեծ թվով գալարներ և  $\pm 2,5\%$  կամ  $\pm 5\%$  կարգավորման սահմաններում գալարների ընտրությունը կարելի է կատարել ավելի մեծ ճշտությամբ,

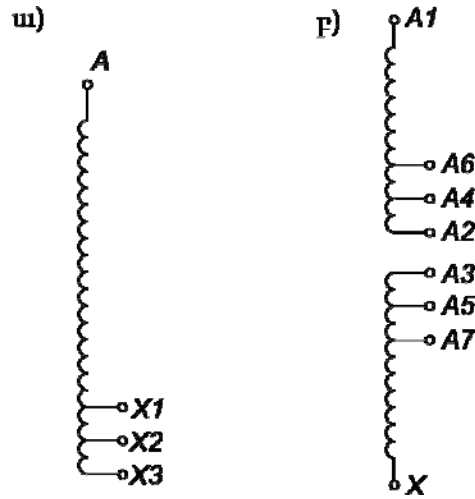
2) բարձր լարման փաթույթի հոսանքն ավելի փոքր է, և փոխանցատիչը ստացվում է ավելի համապարփակ:

Ճյուղավորումներն արվում են յուրաքանչյուր ֆազում՝ զրո կետի մոտակայքում կամ փաթույթի միջնամասում:

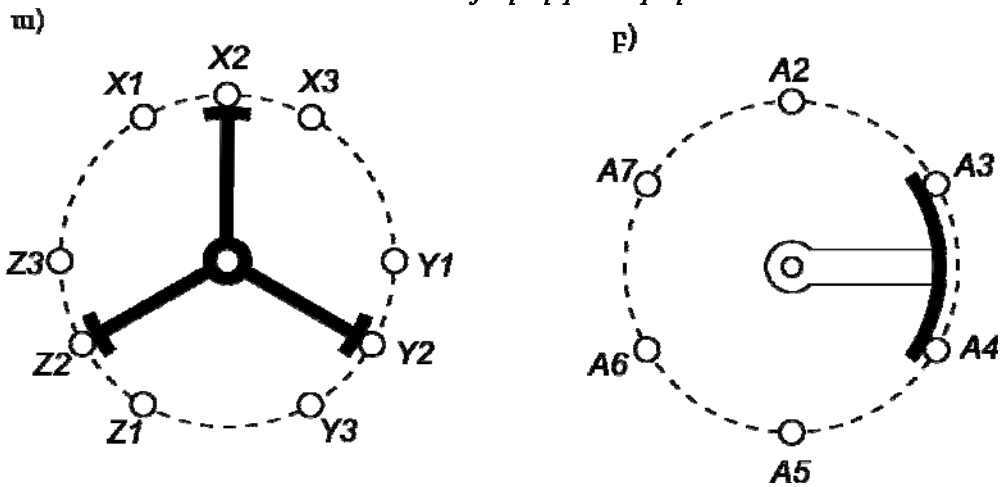
Առաջին դեպքում յուրաքանչյուր ֆազ ունենում է երեք ճյուղավորում (նկ.2.35,ա), ընդ որում, միջնամասի ճյուղավորումը համապատասխանում է տրանսֆորմատորի աշխատանքային նորմալ ռեժիմին, իսկ մյուս երկուսը նախատեսված

են լարման կարգավորումը  $\pm 5\%$ -ի սահմաններում իրականացնելու համար: Երկրորդ դեպքում փաթույթը բաժանում են երկու մասի, որոնցից դուրս են հանում վեց ճյուղավորումներ (նկ.2.35, բ): Դա հնարավորություն է տալիս լարման կարգավորումն իրագործել  $\pm 2,5\%$  և  $\pm 5\%$ -ի սահմաններում:

Նկ.2.35, ա սխեմայում օգտագործվում է ընդհանուր փոխարկիչ երեք ֆազերի համար (նկ.2.36, ա), իսկ նկ.2.36, բ սխեմայի դեպքում ամեն մի ֆազն ունի իր փոխարկիչը (նկ.2.36, բ):



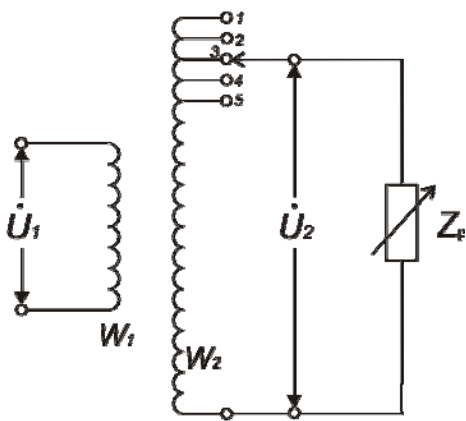
Նկ.2.35. Փաթույթների սխեմաները լարման կարգավորման համար տրված ճյուղավորումներով



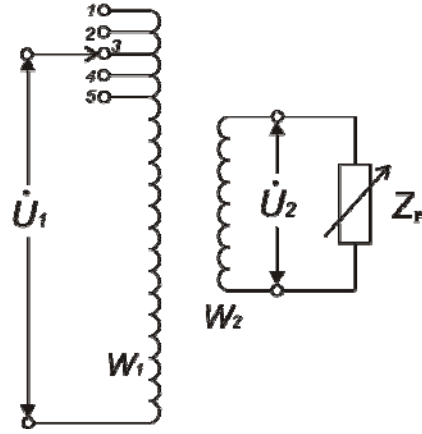
Նկ.2.36. Փոխարկիչների սխեմաները

Նկ.2.37 և Նկ.2.38-ում, որպես օրինակ, պատկերված են համապատասխանաբար բարձրացնող և ցածրացնող տրանսֆորմատորների երկրորդային լարման կարգա-

վորման սխեմաները բեռի (ակտիվ, ակտիվ-ինդուկտիվ) փոփոխման դեպքում ( $U_1 = const, f_1 = const, \cos \varphi_2 = const$ ):



Նկ.2.37 Երկրորդային լարման կարգավորման սխեման բարձրացնող տրանֆորմատորի դեպքում



Նկ.2.38 Երկրորդային լարման կարգավորման սխեման ցածրացնող տրանֆորմատորի դեպքում

Եթե անտեսենք փաթույթներում լարման անկումները, ապա առաջնային լարումը՝

$$U_1 = 4.44 f_1 W_1 \Phi_m = const,$$

որտեղից

$$\Phi_m = \frac{U_1}{4.44 f_1 W_1} = const :$$

Երկրորդային լարումը՝

$$U_2 = 4.44 f_1 W_2 \Phi_m :$$

Բեռի մեծացման դեպքում ( $U_2 = const$  պայմանն ապահովելու նպատակով) անհրաժեշտ է մեծացնել երկրորդային փաթույթի գալարների թիվը՝ փոխարկելով ճյուղավորումը երրորդ դիրքից՝ երկրորդ կամ առաջին դիրք:

Բեռի փոքրացման դեպքում, սպառիչի համապատասխան սեղմակը միացվում է չորրորդ կամ հինգերորդ ճյուղավոր մասը:

Նկ.2.38-ում լարման կարգավորումը կատարվում է առաջնային փաթույթի կողմից, հետևաբար բեռի մեծացման դեպքում ( $U_2 = const$  պայմանն ապահովելու նպատակով) անհրաժեշտ է մեծացնել  $\Phi_m$ -ը: Առաջնային փաթույթի գալարների թվի փաքրացման միջոցով՝ փոխարկելով ճյուղավորումը երրորդ դիրքից չորրորդ կամ հինգերորդ դիրքերին:

---

---

Բեռի փոքրացման դեպքում ցանցի համապատասխան սեղմակը միացվում է երկրորդ կամ առաջին ճյուղավորումներին:

### 2.13. Տրանսֆորմատորի օգտակար գործողության գործակիցը

Տրանսֆորմատորի օգտակար գործողության գործակիցը (օ.գ.գ.)՝

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_1 - P_\Sigma}{P_1} = 1 - \frac{P_\Sigma}{P_1},$$

որտեղ  $P_1$  -ը տրանսֆորմատորին մատուցված ակտիվ հզորությունն է,  $P_2$  -ը տրանսֆորմատորից վերցված ակտիվ հզորությունը (օգտակար հզորություն),  $P_\Sigma$  -ն տրանսֆորմատորում՝ գումարային կորուստները:

Ակտիվ հզորության կորուստները տրանսֆորմատորում ստորաբաժանվում են. ա) փաթույթներում՝ էլեկտրական կորուստների, բ) մագնիսամիջուկում՝ մագնիսական կորուստների: Բացի այդ, առաջանում են լրացուցիչ կորուստներ ցրման դաշտերից՝ բաքի պատերում և ամրացնող դետալներում և այլն: Քանի որ այդ կորուստները համեմատական են հոսանքի քառակուսուն, ապա դրանք նույնպես վերաբերում են էլեկտրական կորուստներին:  $r_{\text{կ}}$  կարճ միացման ակտիվ դիմադրության փորձնական արժեքը հաշվի է առնում նաև այդ լրացուցիչ կորուստները:

Կորուստների մեծությունները որոշվում են հաշվարկային ճանապարհով՝ տրանսֆորմատորի նախագծման ժամանակ, կամ էլ փորձնական ճանապարհով՝ պատրաստի տրանսֆորմատորում:

Տրանսֆորմատորի հոսքը, երբ  $U_1 = const$ , բեռի փոփոխման հետ որոշ չափով փոփոխվում է, որի հետևանքով փոփոխվում են նաև մագնիսական կորուստները: Բայց այդ փոփոխությունները համեմատաբար մեծ չեն, և այդ պատճառով  $U_1 = const$  դեպքում մագնիսական  $p_{\text{մգ}}$  կորուստները բոլոր բեռնվածությունների համար ընդունվում են հավասար պարապ ընթացքի  $P_0$  հզորությանը:

Էլեկտրական  $p_{\text{էլ}}$  կորուստները անվանական հոսանքի դեպքում ընդունում են հավասար կարճ միացման  $P_{\text{կ}}$  հզորությանը:

Անվանականից տարբեր հոսանքների դեպքում, էլեկտրական կորուստներն ընդունվում են հավասար  $k_p^2 P_0$  :

Այսպիսով, տրանսֆորմատորի գումարային կորուստները՝

$$P_\Sigma = P_{\text{սգ}} + P_{\text{տլ}} = P_0 + k_p^2 P_0 :$$

Տրանսֆորմատորի օգտակար հզորությունը՝

$$P_2 = k_p S_w \cos \varphi_2 ,$$

որտեղ  $S_w$  -ը տրանսֆորմատորի լրիվ անվանական հզորությունն է:

$$\text{Օգտակար գործողության գործակիցը՝ } \eta = \frac{P_2}{P_1} = 1 - \frac{P_\Sigma}{P_2 + P_\Sigma} ,$$

$$\text{կամ՝ } \eta = 1 - \frac{P_0 + k_p^2 P_0}{k_p S_w \cos \varphi_2 + P_0 + k_p^2 P_0} :$$

Տրված  $\cos \varphi_2$  -ի դեպքում միակ փոփոխական մեծությունը (1.43) բանաձևում  $k_p$  բեռնավորման գործակիցն է:

Հետևաբար, օ.գ.գ.-ի առավելագույն արժեքը որոշելու համար անհրաժեշտ է

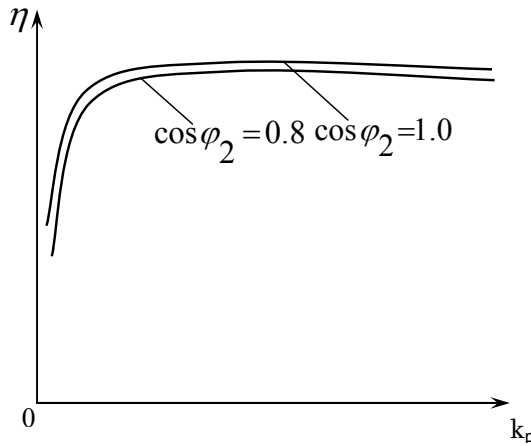
$$\eta \text{ -ի ածանցյալն ըստ } k_p \text{ -ի հավասարեցնել զրոյի՝ } \frac{d\eta}{dk_p} = 0 :$$

$$\text{Կատարելով այս գործողությունը՝ ստանում ենք, որ } k_p = \sqrt{\frac{P_0}{P_0}} ,$$

$$\text{կամ } k_p^2 P_0 = P_0 :$$

Այսինքն, տրանսֆորմատորի օ.գ.գ.-ն ընդունում է իր առավելագույն արժեքն այնպիսի բեռնվածքի դեպքում, որի ժամանակ փոփոխական կորուստները հավասարվում են հաստատուն կորուստներին:

Օ.գ.գ.-ի կախվածությունը  $k_p$  բեռնվածության գործակցից, երբ  $\cos \varphi_2 = 1$  և  $\cos \varphi_2 = 0,8$ , ունի հետևյալ տեսքը (նկ.2.39):



Նկ.2.39. Տրանսֆորմատորի օ.գ.գ.-ի կախվածությունը բեռնավորման գործակիցից

#### 2.14. Տրանսֆորմատորների զուգահեռ աշխատանքի պայմանները

Տրանսֆորմատորային ենթակայաններում, սովորաբար, ենթակայանի հզորությունից կախված, տեղադրվում են երկու, երեք կամ ավելի զուգահեռ աշխատող տրանսֆորմատորներ: Տրանսֆորմատորների զուգահեռ աշխատանքն անհրաժեշտ է՝ 1) սպառիչների էլեկտրամատակարարման մեջ ռեզերվի ապահովումը՝ վթարի և տրանսֆորմատորների վերանորոգման անհրաժեշտության դեպքում, 2) էներգիայի կորուստների փոքրացումը՝ ենթակայանի փոքր բեռնվածությունների դեպքում զուգահեռ աշխատող տրանսֆորմատորների մի մասի անջատման ճանապարհով:

Տրանսֆորմատորների զուգահեռ աշխատանքի ամենալավ պայմաններից հասնելու համար անհրաժեշտ է, որպեսզի զուգահեռ աշխատող տրանսֆորմատորներն ունենան՝ 1) փաթույթների միևնույն միացման խմբեր, 2) հավասար առաջնային և երկրորդային անվանական լարումներ կամ, որ միևնույնն է, հավասար տրանսֆորմացիայի գործակիցներ, 3) հավասար կարճ միացման լարման ակտիվ և ռեակտիվ բաղադրիչներ կամ, որ նույնն է՝ հավասար կարճ միացման լարումներ:

Եթե այդ պայմաններից առաջին երկուսն ապահովված են, ապա զուգահեռ միացված տրանսֆորմատորների համապատասխան ֆազերի երկրորդային լարումները պարապ ընթացքի ռեժիմում հավասար կլինեն ըստ մեծության (համաձայն երկրորդ պայմանի) և կհամընկնեն ըստ ֆազի (համաձայն առաջին պայմանի): Այդ պատճառով, երբ երկրորդային փաթույթները միացվեն ընդհանուր գծերին, (բեռնվածքի բացակայության դեպքում) այդ փաթույթներում հոսանքներ չեն առաջանա: Հակառակ դեպքում, արդեն պարապ ընթացքի ժամանակ տրանսֆորմատորների երկրորդային փաթույթների կոնտուրում կառաջանա փաթույթների էլու-

ների տարբերություն՝  $\Delta E = |E_{2I} - E_{2II}|$ , որի ազդեցության տակ այդ փաթույթներում կհոսի  $I_h$  հավասարեցնող հոսանքը: Վերջինս, սպառիչների միացման դեպքում, գումարվելով բեռնվածության հոսանքների հետ, կառաջացնի անհավասարաչափ բեռնվածություն, ինչպես նաև ավելորդ կորուստներ և տրանսֆորմատորների ավելորդ տաքացում:

Նշված պայմաններից երրորդի պահպանումն ապահովում է տրանսֆորմատորների միջև բեռնվածության հավասարաչափ բաշխումը:

Գիտարկենք վերը նշված պայմաններից շեղումների ազդեցությունը տրանսֆորմատորների զուգահեռ աշխատանքի վրա:

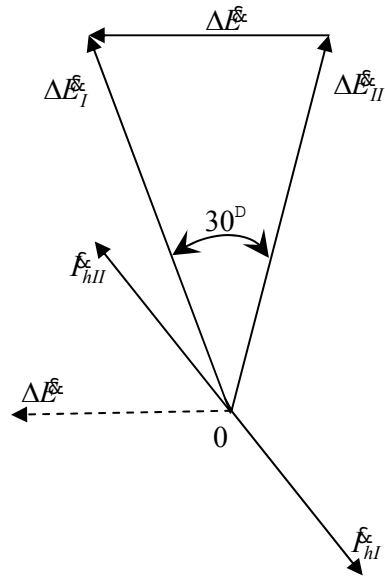
Պարզության համար տրանսֆորմատորների մագնիսացնող հոսանքն անտեսվում է:

**Փաթույթների միացման խմբերի միատեսակ լինելու պայմանը:** Ենթադրենք՝ զուգահեռ աշխատանքի են միացված երկու տրանսֆորմատորներ՝ փաթույթների  $Y/\Delta-11$  և  $Y/Y-0$  միացումով (մյուս պայմանները բավարարված են): Այդ դեպքում տրանսֆորմատորների համապատասխան ֆազերի երկրորդային էլշու-ները կլինեն հավասար ըստ մեծության ( $E_{2I} = E_{2II}$ ), իսկ ըստ ֆազի իրարից շեղված կլինեն  $30^\circ$ -ով:

Երկրորդային փաթույթների փակ կոնտուրում գործող էլշու-ների տարբերությունը՝

$$\Delta E = 2E_{2I} \sin 15^\circ = 0,518E_{2I} :$$

$\Delta E$  -ի ազդեցության տակ առաջացող հավասարեցնող հոսանքն անցնում է տրանսֆորմատորների առաջնային և երկրորդային փաթույթներով և սահմանափակվում է՝ ըստ մեծության, միայն այդ փաթույթների՝ այսինքն՝ լրիվ դիմադրություններով:



**Նկ.2.40. Տրանսֆորմատորների էլշու-ների դիագրամը**

---

---

Այդ պատճառով՝

$$I_h^{\mathcal{E}} = \frac{\Delta E^{\mathcal{E}}}{Z_{\psi I} + Z_{\psi II}} :$$

Քանի, որ  $\Delta E$  էլշու-ն համաչափելի է փաթույթների ֆազային լարումների հետ, որի պատճառով էլ հավասարեցնող հոսանքը կարող է մի քանի անգամ գերազանցել անվանական հոսանքի արժեքը:

Ուստի, տրանսֆորմատորների զուգահեռ միացումը, երբ դրանք ունեն փաթույթների միացման տարբեր խմբեր, անթույլատրելի է:

**Տրանսֆորմացիայի գործակիցների հավասարության պայմանը**

Ենթադրենք, երկու տրանսֆորմատորներ ունեն տարբեր տրանսֆորմացիայի գործակիցներ, ընդ որում՝

$$K_I < K_{II} :$$

Ընդունենք, որ տրանսֆորմատորների զուգահեռ միացման մնացած պայմանները պահպանված են, իսկ դրանց առաջնային անվանական լարումները իրար հավասար են ( $U_{I1} = U_{II1} = U_1$ ):

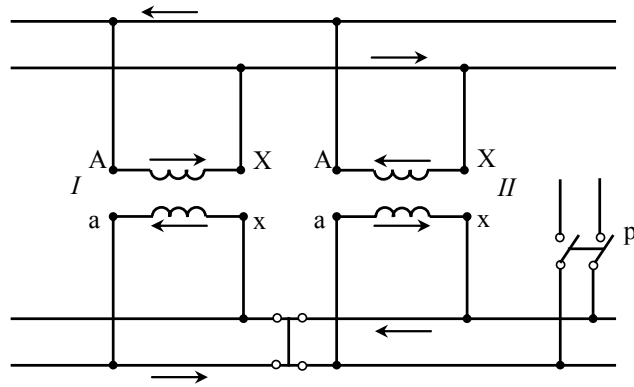
Տրանսֆորմացիայի գործակիցները՝

$$K_I = \frac{U_1}{E_{2I}}, \quad K_{II} = \frac{U_1}{E_{2II}},$$

հետևաբար՝  $E_{2I} > E_{2II}$  :

Երկրորդային փաթույթների փակ կոնտուրում գործող վերոհիշյալ էլշու-ների  $\Delta E^{\mathcal{E}} = E_{2I}^{\mathcal{E}} - E_{2II}^{\mathcal{E}}$  տարբերությունն առաջացնում է հավասարեցնող հոսանք:

Նկ.. 2.41-ից պարզ երևում է, որ հավասարեցնող հոսանքը տրանսֆորմատորների երկրորդային փաթույթներում ունի տարբեր ուղղություններ ( $I_{hI}^{\mathcal{E}} = -I_{hII}^{\mathcal{E}}$ ):



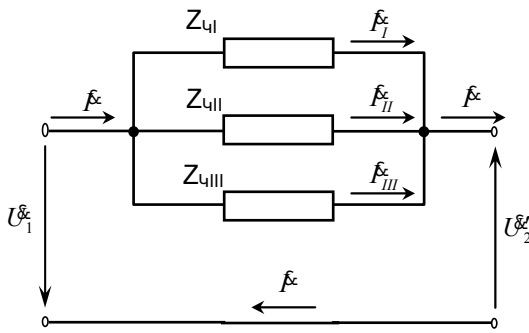
**Նկ.2.41. Հավասարեցնող հոսանքի ակնթարթային բաշխվածությունը տրանսֆորմատորների փաթույթներում**

Լարման անկումները, որոնք առաջանում են հավասարեցնող հոսանքներից, հավասարեցնում են փաթույթների երկրորդային լարումները:

Տրանսֆորմատորները բեռնավորելիս հավասարեցնող հոսանքները գումարվում են բեռի հոսանքներին ( $I_{բI}, I_{բII}$ ), առաջացնելով  $I_{2I}$  և  $I_{2II}$  արդյունարար հոսանքների անհավասարություն և տրանսֆորմատորների անհավասարաչափ բեռնվածություն: Ընդ որում, բեռի բնույթն ընդունված է ակտիվ-ինդուկտիվ:

Ընդհանուր դեպքում, թույլատրվում է տրանսֆորմացիայի գործակիցների տարբերություն անձնագրային արժեքներից 0,5%-ի չափով, իսկ տրանսֆորմատորների համար, որոնց  $k > 3$  մինչև 1%:

**Կարճ միացման լարումների հավասարության պայմանը:** Դիտարկենք նույն միացման խմբեր և նույն անվանական լարումներ ունեցող երեք տրանսֆորմատորների զուգահեռ աշխատանքը: Այդ դեպքում ստացված արդյունքները կարելի է հեշտությամբ տարածել ցանկացած թվով զուգահեռ աշխատող տրանսֆորմատորների վրա: Անտեսելով մագնիսացման հոսանքները՝ կարելի է պատկերել երեք տրանսֆորմատորների զուգահեռ աշխատանքի սխեման այնպես, ինչպես պատկերված է նկ.2.42-ում:



Նկ. 2.42. Տրանսֆորմատորների գուգահեռ աշխատանքի պարզեցված սխեման, երբ տրանսֆորմատորներն ունեն նույն միացման խմբերը և տրանսֆորմացիայի գործակիցները, բայց տարբեր կարճ միացման լարումներ

Լարման անկումը՝  $\Delta U^{\Sigma} = U_1^{\Sigma} - U_2^{\Sigma}$ ,

մյուս կողմից՝  $\Delta U^{\Sigma} = I^{\Sigma} Z$ ,

Քանի որ՝  $I_I + I_{II} + I_{III} = I^{\Sigma}$ , ապա տրանսֆորմատորների լրիվ հզորություն-

ների թվաքանական գումարը հավասար կլինի բեռի լրիվ  $S$  հզորությանը՝

$$S_I + S_{II} + S_{III} = S :$$

Որոշ մաթեմատիկական ձևափոխություններ կատարելուց հետո դժվար չէ ստանալ հետևյալ արտահայտությունը՝

$$S_{I*} : S_{II*} : S_{III*} = \frac{1}{u_{I\%}} : \frac{1}{u_{II\%}} : \frac{1}{u_{III\%}} ,$$

որտեղ՝  $S_{I*} = \frac{S_I}{S_{\omega I}}$ ,  $S_{II*} = \frac{S_{II}}{S_{\omega II}}$ ,  $S_{III*} = \frac{S_{III}}{S_{\omega III}}$  :

Այսինքն՝ տրանսֆորմատորների հարաբերական բեռնվածությունները հակադարձ համեմատական են դրանց կարճ միացման լարումներին:

Հաճախ տրանսֆորմատորները ընկնում են վթարային կարճ միացման ռեժիմի մեջ, որը տեղի է ունենում էլեկտրական ցանցերի, վնասվածքի, երկրորդային շղթայում գտնվող էլեկտրական սարքավորումների, էլեկտրական ապարատների անսարքություններից, սպասարկող անձնակազմի անզգույշ գործողություններից և այլն: Սովորաբար վթարային կարճ միացումների տևողությունը շատ փոքր է, մինչև մի քանի վայրկյան, բայց այդ անցողիկ պրոցեսը ուղեկցվում է տրանսֆորմատորի համար շատ վտանգավոր երևույթներով: Այդ պատճառով անհրաժեշտ է՝ ինչպես տրանսֆորմատորների նախագծման և պատրաստման, այնպես էլ վերանորոգման աշխատանքներ կատարելիս հաշվի առնել վթարային կարճ միացման ժամանակ առաջացած երևույթների բնույթը, գնահատել և կատարել համապատասխան միջո-

ցառումներ: Գ-ա հնարավորություն կատեղծի այդ անցողիկ պրոցեսները տանել առանց տրանսֆորմատորի խափանման:

Կարճ միացման ժամանակ տրանսֆորմատորի փաթույթներն ուժեղ տաքանում են, և դրանց վրա ազդում է մեծ էլեկտրամագնիսական ուժ: Այդ պատճառով անհրաժեշտ է, որ տրանսֆորմատորի կարճ միացումից պաշտպանել արագ գործարկվող պաշտպանիչ սարքերով, որպեսզի տրանսֆորմատորի ջերմաստիճանը չանցնի թույլատրելի սահմանը: Այսինքն՝ պաշտպանիչ սարքի անջատման ժամանակը ( $t_3$ ) լինի փոքր քան այն ժամանակը, որի ընթացքում տրանսֆորմատորի ջերմաստիճանը կհասնի թույլատրելի մաքսիմալ ջերմաստիճանի ( $t_k$ ) շեմը:

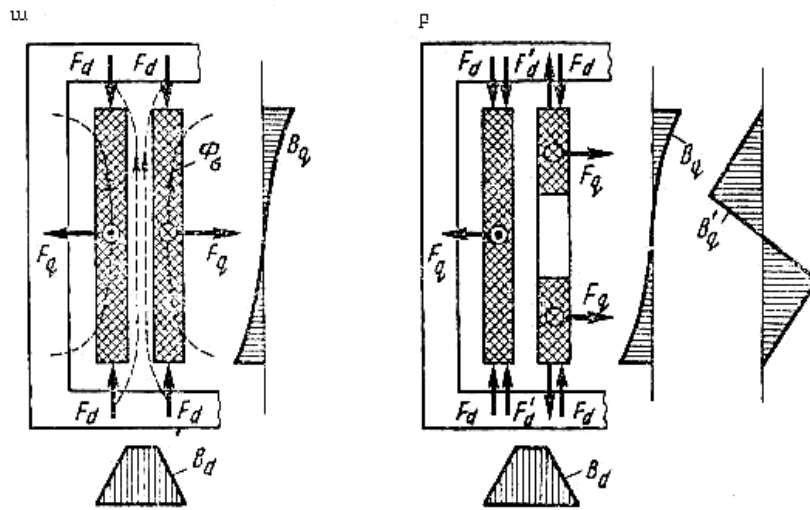
Պղնձե հաղորդալարերով փաթույթների համար այն կարճ միացման ( $t_k$ ) ժամանակը, որի ընթացքում փաթույթի ջերմաստիճանը կհասնի 250 °C-ի կարելի է որոշել հետևյալ բանաձևով.

$$t_k \approx 2.5 \left( \frac{U_k}{\Delta_k} \right)^2$$

այլումինե հաղորդալարերով փաթույթի համար՝  $t_k \approx 0.56 \left( \frac{U_k}{\Delta_k} \right)^2$

որտեղ՝  $\Delta_k$  - կարճ միացման ժամանակ փաթույթով հոսող հոսանքի խտությունն է:

Էլեկտրամագնիսական ուժերը տրանսֆորմատորներում առաջանում են փաթույթներով հոսող հոսանքի և մագնիսական ցրման դաշտերի փոխազդեցությունից:



Նկ. 2.43 Էլեկտրամագնիսական ուժերի դիագրաման

---

---

Առաջացող ցրման մագնիսական դաշտը կարելի է դիտարկել 2 դաշտերի գումարով՝ ընդերկայնական  $B_d$  մագնիսական ինդուկցիայով, որի մագնիսական ուժագծերն ուղղված են փաթույթի առանցքի ուղղությամբ և ընդլայնական  $B_q$  ինդուկցիայով, որոնց ուժագծերը շառավղային ուղղվածությամբ են տարածվում:

Ընդլայնական դաշտի առկայությունը պայմանավորված է եզրային էֆեկտներով: Դրա պատճառը փաթույթի երկարության և լայնության սահմանափակվածությունն է. ինչքան բարձր է փաթույթը, այնքան փոքր է ընդլայնական դաշտը: Այս 2 դաշտերի փոխազդեցությունը փաթույթի հոսանքի հետ առաջացնում են էլեկտրամագնիսական ուժեր, շառավղային  $F_q$ , որը ձգտում է սեղմել ներսի փաթույթը և ձգում արտաքին փաթույթ, իսկ ընդերկայնական  $F_d$  ուժը ձգտում է փաթույթը սեղմել երկայնական առանցքով: Փաթույթներից որևիցե մեկի լարման կարգավորման փաթույթների մի մասը (որը միացված է մնացել) փոխում է ցրման մագնիսական դաշտի բաշխման բնույթը և առաջացնում լրացուցիչ ընդլայնական  $B_q'$  ինդուկցիա (նկ. 2.43): Արդյունքում առաջանում է լրացուցիչ առանցքային ուժ ( $F_d'$ ), որը ձգտում է մեծացնել փաթույթի գալարների բաշխվածության անհամաչափությունը: Եթե անջատվող փաթույթի գալարներն ըստ բարձրության բաշխված են սիմետրիկ, ապա  $F_d'$  ուժի ազդեցությունը շատ փոքր է: Եթե անջատվում են փաթույթի գալարները փաթույթի վերևից կամ ներքևից, ապա այդ ուժերը արագ աճում են, որոնք կարող են քայքայել տրանսֆորմատորի լուծի մեկուսացումը:

Հզոր տրանսֆորմատորներում առաջացած այս մեխանիկական ուժերը, որոնք ազդում են փաթույթների վրա կարճ միացման ժամանակ շատ մեծ են, որի պատճառով անհրաժեշտ է հատուկ միջոցառումներ կատարել, որոնք կապահովեն փաթույթների անհրաժեշտ մեխանիկական ամրությունը: Զանի որ էլեկտրամագնիսական ուժերը ուղիղ համեմատական են հոսանքի քառակուսուն, ապա փոքր հզորության տրանսֆորմատորում փաթույթների մեխանիկական ամրության վտանգավորության շեմը բավականին փոքր է: Այս տրանսֆորմատորների համար ամենավտանգավորը համարվում է կարճ միացման ռեժիմում փաթույթների գերտաքացումը:

---

---

### 3. ԱՍԻՆԽՐՈՆ ՍԵՔԵՆԱՆԵՐ

#### 3.1 Փոփոխական հոսանքի էլեկտրական մեքենաներ, ընդհանուր հարցեր

Էլեկտրական մեքենաները, էլեկտրական կամ մեխանիկական էներգիայի փոխակերպիչներ են, որոնք հիմնականում նախատեսված են մեխանիկական էներգիան էլեկտրական էներգիայի (գեներատորներ) կամ էլեկտրական էներգիան մեխանիկական էներգիայի (շարժիչներ) փոխակերպելու համար:

Էլեկտրական մեքենաների աշխատանքի (գործողության) սկզբունքը հիմնված է էլեկտրամագնիսական ինդուկցիայի երևույթի օգտագործման վրա:

Էլեկտրական մեքենան բաղկացած է երկու հիմնական մասերից՝ անշարժ (ստատոր) և շարժական (ռոտոր) մասերից, որոնք իրարից բաժանված են օդային բացակով: Բոլորը կառուցվածքային մասեր են, որոնք ապահովում են (իրականացնում են) մեքենայի անհրաժեշտ ամրությունը, շարժական մասի պտտման հնարավորությունը, հովացումը և այլն:

Փոփոխական հոսանքի մեքենաները լինում են հիմնականում երկու տիպի՝ ասինխրոն և սինխրոն: Վերջիններս (ինչպես և ցանկացած էլեկտրական մեքենա), տիրապետում են դարձելիության սկզբունքին և կարող են աշխատել ինչպես գեներատորային, այնպես էլ շարժիչային ռեժիմում:

Փոփոխական հոսանքի էլեկտրական մեքենայի մագնիսամիջուկը հավաքում են իրարից մեկուսացված թերթավոր էլեկտրատեխնիկական պողպատից, որի միջով փակվում է փոփոխական մագնիսական հոսքը: Եթե հոսքը հաստատուն է, ապա մագնիսալարը կարելի է պատրաստել հոծ պողպատից: Այս դեպքում այն կարող է ծառայել նաև հենոցի (իրանի) դեր, որը ապահովվում է նաև մեքենայի տվյալ հանգույցի ամրությանը (ստատորի կամ ռոտորի):

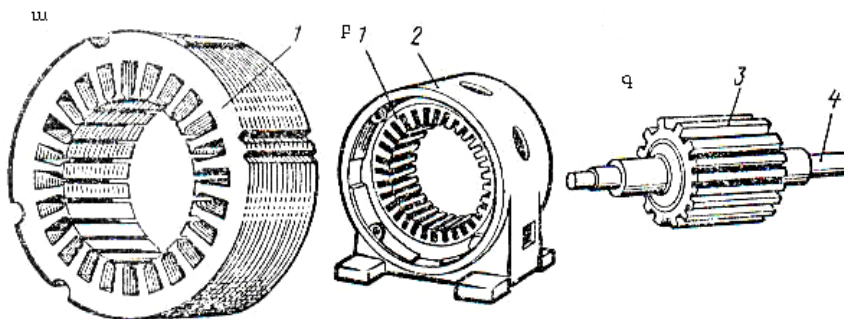
Քանի որ էլեկտրական մեքենաներում մագնիսական հոսքը փակվում է բարդ շղթայով (ուղղագծային չէ): Այդ պատճառով մագնիսամիջուկը պատրաստում են իզոտոպային սառը գլանված պողպատից, քանի որ այս դեպքում մագնիսական դաշտի ուժագծերի ուղղությունը համընկնում է գլանման ուղղության հետ, որը այդ ուղղությամբ ունի մեծ մագնիսական թափանցելիություն: Փոքր հզորության մեքենաներում օգտագործվում են 2013 մակնիշի էլեկտրատեխնիկական պողպատ, որի մեջ սիլիցիումի պարունակությունը շատ քիչ է: Պողպատը բավականին փափուկ է, որը և հնարավորություն է տալիս ստանալ շատ փոքր և բարդ կառուցվածքի փո-

րակներ: Միջին և մեծ հզորության մեքենաներում օգտագործվում է 2212, 2311 և 2411 և այլ մակնիշների սիլիցիումի բարձր պարունակության պողպատներ:

Այդ պողպատներն ավելի փխրուն են: Դա բարդացնում է դրանց դրոշմումը, բայց ունեն մագնիսացման փոքր կորուստներ և չեն պահանջում դրոշմումից հետո կատարել թրծաթողում (թրծաթողումը մետաղի ջերմամշակման եղանակ է, որի նպատակն է՝ նվազեցնել մետաղի կարծրությունը և բարձրացնել մածուցիկությունը, լավացնել մշակվելիությունը, վերացնել կառուցվածքային անհամասեռությունը և ներքին լարումները):

Միկրո մեքենաների մագնիսամիջուկները պատրաստվում են նաև երկաթ-նիկելային համաձուլվածքներից (պերմալոյից):

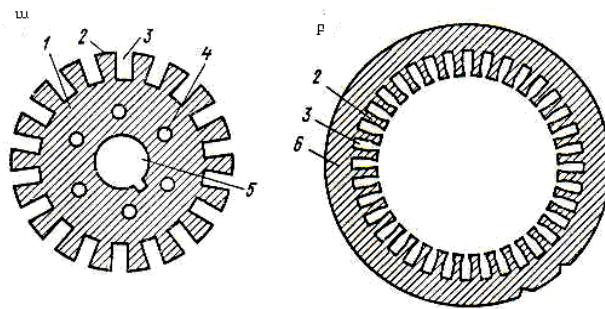
Ասինխրոն մեքենայի ստորոտի միջուկը պատրաստվում է թերթավոր պողպատից, որը հավաքվում է ըստ շերտադասավորման ակոսների և նույն դրոշմումից ստացված թիթեղներից, որը հնարավորություն է տալիս միջուկը հավաքելուց հետո ունենալ լույսում փորակի առավել մեծ կտրվածքի մակերես նկ. 3.2 ա:



**Նկ. 3.2 Փոփոխական հոսանքի մեքենայի ստատորի և ռոտորի կառուցվածքը.**  
1 - ստատորի միջուկ, 2 - հենոց, 3 - ռոտորի միջուկ, 4 - լիսեռ

Ստորոտի միջուկը մամլվում է ձուլված հենոցի մեջ(նկ 3.2 բ), քանի որ հոծ հենոցով փոփոխական մագնիսական հոսքը չի փակվում, հենոցը պատրաստվում է նաև ոչ մագնիսական նյութերից (ալյումինից) կամ ֆերոմագնիսական, բայց փոքր մագնիսական թափանցելիություն ունեցող պողպատից (թուջ), որը համեմատաբար ավելի հեշտ է ենթարկվում ձուլման տեխնոլոգիաներին:

Ասինխրոն մեքենայի ռոտորը, նկ. 3.2 գ, սովորաբար կազմված է միջուկից, որը հավաքված է էլեկտրատեխնիկական պողպատի թիթեղներից (մեկ դրոշման միջոցով ստանում են ստատորի և ռոտորի մեկական թիթեղ):



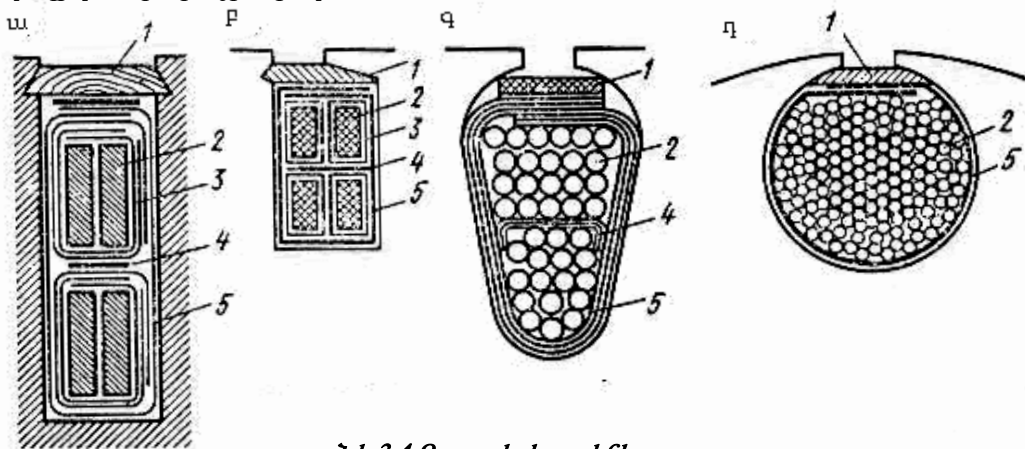
**Նկ. 3.3 ա) ռոտորի քիթերը, բ) ստատորի քիթերը**

1. ռոտորի քիթեր, 2. ստամ, 3. փորակ, 4. օդափոխման ակոս, 5. լիսեռի նստեցման անցք, 6. ստատորի քիթեր

Ռոտորի միջուկը լիսեռի վրա նստեցնում են մամլման կամ այլ մեխանիկական եղանակներով (օգտագործելով հատուկ սեղմիչ տափօղակներ և այլն):

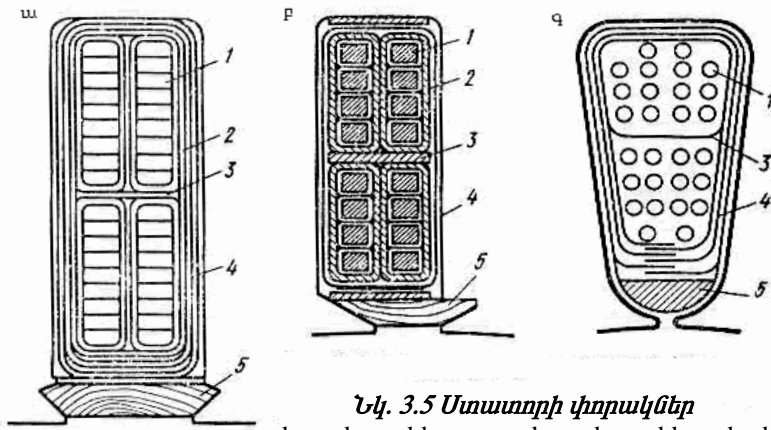
Ստատորի ներքին և ռոտորի արտաքին մակերևույթի վրա կատարված երկայնական փորակներում տեղադրվում են համապատասխան փաթույթներ: Փորակները լինում են փակ, բաց, կիսաբաց, կիսափակ և այլն: Դրանք ընտրվում են կախված փաթույթի հաղորդալարերի կտրվածքի մակերեսից և ձևից (կլոր, ուղղանկյուն, քառակուսի, ձուլվածք և այլն), փաթույթի հավաքման տեխնոլոգիայից, ինչպես նաև մեքենայի տիպից և հզորությունից:

Նկ. 3.4-ում և նկ. 3.5-ում պատկերված են փորակների մի քանի տեսակներ տեղադրված փաթույթներով:



**Նկ.3.4 Ռոտորի փորակները**

- ա - բաց փորակ, բ - կիսաբաց, գ - կիսափակ  
 1 - սեպ, 2 - հաղորդալար, 3 - մեկուսիչ շերտ, 4 - միջշերտային մեկուսիչ,  
 5 - փորակային մեկուսիչ:



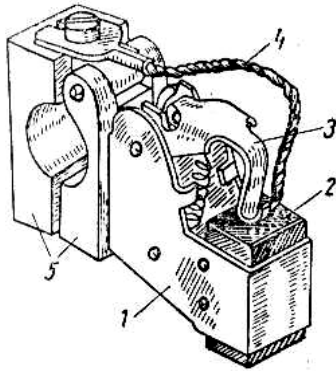
**Նկ. 3.5 Ստատորի փորակներ**

ա - բաց փորակ, բ - կիսաբաց փորակ, գ - կիսափակ փորակ  
 1 – հաղորդալար, 2 – մեկուսիչ շերտ, 3 - միջշերտային մեկուսիչ, 4 - փորակի մեկուսիչ, 5 – սեպ:

Մեծ հզորության մեքենաներում ստատորի և ռոտորի փաթույթները պատրաստվում են ուղղանկյուն կտրվածքի հաղորդալարերից: Այս դեպքում կիրառում են ուղղանկյունաձև բաց փորակ, որը հնարավորություն է տալիս հաղորդալարերը լավ դասավորել փորակներում և ապահովել հուսալի մեկուսացում: Էլեկտրական մեքենաների նախագծման ժամանակ ձգտում են, որ փորակները լինեն փակ կամ կիսափակ: Դա փոքրացնում է մագնիսական դիմադրությունը ատամ-փորակ օղակին բացակ տիրություն՝ մեծացնելով հզորության գործակիցը  $\cos\varphi$ : Փոքրանում կամ լիովին բացակայում են ատամնային կարգի հարմոնիկաները, որոնք բացի աղմուկից և բարձր հաճախային տատանումներից, առաջացնում է նաև պարագիտային պահ, որը հակառակ է ուղղված հիմնական պտտող մոմենտին:

Հաղորդալարը փորակում տեղադրելու ժամանակ պետք է փորակի հիմքը և կողային պատերը ծածկել էլեկտրամեկուսիչ նյութերով (էլեկտրաստվարաթուղթ, լակոտկան, միկանիտ և այլն): Հաղորդալարը, ինչպես նաև նրա վերևի և ներքևի շերտերը ևս մեկուսացվում են միմյանցից: Ինչքան բարձր է լարումը մեքենայի աշխատանքի ընթացքում, այնքան մեծ էլեկտրական ամրություն պետք է ունենա մեկուսացման շերտը: Հաղորդալարերը ռոտորի և ստատորի փորակներում ամրացվում են սեպերի միջոցով, իսկ ռոտորի փաթույթները, բացի դրանից, ամրացվում են նաև մետաղալարային կամ այլ կալանդով (բանդաժ), հատկապես ճակատային մասերը: Ռոտորի փաթույթի ներանցիչներին հոսանք տալու կամ փոփոխական դիմադրության միացման համար ռոտորի վրա պետք է տեղադրված լինեն կոնտակտային օղակներ, եռաֆազ հոսանքի համար 3 օղակ, իսկ 2 օղակ հաստատուն հո-

սանքի համար: Բացառություն են կազմում միայն կարճ միացված ռոտորով ասինխրոն և հաստատուն մագնիսներով շարժիչները, որոնք կոնտակտային օղակների կարիք չունեն: Կոնտակտային օղակներից հոսանքահանումը կատարվում է խոզանակների միջոցով, որոնք սահում են կոնտակտային օղակների կամ կոլեկտորի վրա: Խոզանակները տեղադրվում են հատուկ խոզանակապահիչների մեջ և զսպանակների միջոցով սեղմվում կոնտակտային օղակի կամ կոլեկտորի արտաքին մակերևույթին:



**Նկ. 3.6. Խոզանակապահիչ**

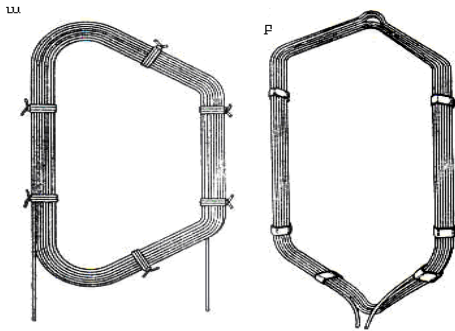
- 1 - խոզանակապահիչի պահունակ,
- 2 - խոզանակ, 3 - սեղմող զսպանակ
- 4 - հոսանքալար (հիմնականում պատրաստվում են բազմալար պղնձից)
- 5 - ամրացման կոճղակ

Մինչև 2000 կՎտ հզորության էլեկտրական մեքենաները ունեն գնդային կամ հոլովակային առանցքակալներ, որոնք ամրացվում են արտաքին օղակով առացքալային վահաններին, իսկ ներքին օղակով՝ լիսեռին: Առավել հզոր շարժիչներում օգտագործվում են սահքի առանցքակալներ:

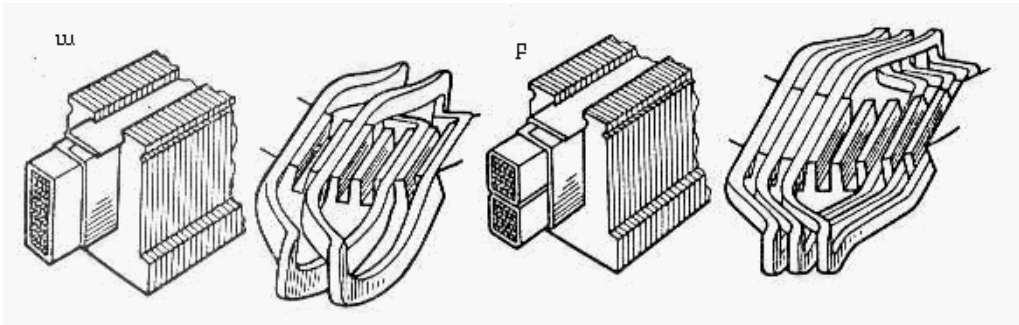
Փոփոխական հոսանքի էլեկտրական մեքենաները (ասինխրոն և սինխրոն)՝ չնայած տարբեր են ըստ պատրաստման և կառուցվածքի, ունեն շատ ընդհանուր բաներ աշխատանքի սկզբունքի տեսության մեջ: Այս մեքենաներում ստատորի կամ ռոտորի փաթույթով փոփոխական հոսանքի (որն ըստ ժամանակի փոխվում է սինուսոիդալ) անցկացման ժամանակ ստեղծվում է պտտվող մագնիսական դաշտ, որը իր հերթին հատելով ստատորի կամ ռոտորի փաթույթը նրանցում ինդուկցում է փոփոխական էլշու: Ֆիզիկական պրոցեսների այս ընդհանրությունը պայմանավորվում է նաև նրանց տեսության ընդհանրությունը և փոփոխական հոսանքի բազմաֆազ փաթույթի կառուցվածքի միանմանությունը, համապատասխանաբար ասինխրոն մեքենայի ստատորի և սինխրոն մեքենայի խարիսխի սկզբունքային կառուցվածքը:

Եռաֆազ փաթույթը ( $m = 3$ ) բաղկացած է երեք ֆազերի փաթույթներից, որոնցից ամեն մեկը զբաղեցնում է  $\frac{Z}{3}$  փորակներ, որտեղ  $Z$ -ը ստատորի փորակների թիվն է:

Մեկ ֆազային պատկանող զույգ բևեռների տակ փորակներում գտնվող կոճերը միացվում են իրար՝ հաջորդաբար կազմելով կոճային խումբ: Ամեն մի ֆազային փաթույթը AX, BY, և CZ (A, B, C փաթույթների սկիզբներն են, իսկ X, Y, և Z-ը համապատասխանաբար վերջը) կազմված է մի քանի հաջորդաբար կամ զուգահեռ միացված կոճային խմբից. զուգահեռ միացումներ կատարում են, երբ ֆազային հոսանքները շատ մեծ են, կամ՝ երբ անհրաժեշտ է անջատել և միացնել առանձին կոճային խմբերը:



*Նկ. 3.7-ում պատկերված է ստատորի փաթույթի կոճերի կառուցվածքը (3.7ա՝ միաշերտ և 3.7բ՝ երկշերտ), որոնց փորակներում տեղադրման եղանակը պատկերված է նկ.3.18-ում:*



**Նկ. 3.8 Փաթույթների փորակում տեղադրման սխեման**  
 ա - միաշերտ  
 բ - երկշերտ

Փաթույթի էլեմենտը կոճն է, որը բաղկացած է գալարներից:

Բևեռային բաժանարարը՝

$$\tau = \frac{Z}{2p} \text{ կամ } \tau = \frac{\pi D}{2p},$$

որտեղ՝  $D$ -ն ստատորի ներքին տրամագիծն է (ստատորի փաթույթների համար) կամ ռոտորի տրամագիծը (ռոտորի փաթույթների համար),  $2p$  - բևեռների թիվն է:

Փաթույթի քայլն անվանում են լրիվ կամ տրամագծային, եթե նա հավասար է բևեռային բաժանարարին՝  $y = \tau$

$$y = \frac{Z}{2p} = \tau :$$

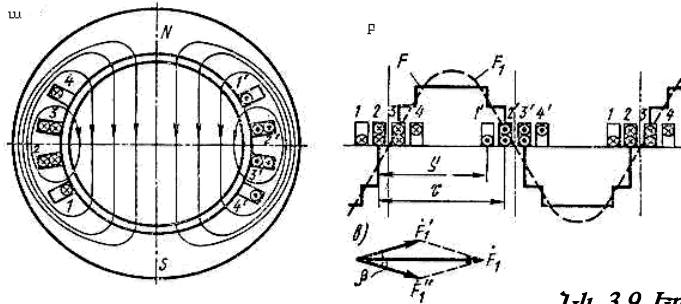
Եթե փաթույթի քայլը՝  $y < \mathcal{T}$ , ապա այն անվանում են կարճացված (նկ.3.9), իսկ եթե  $y > \mathcal{T}$  երկարացված,  $y$  և  $\mathcal{T}$  տարբերությունը  $\mathcal{T} - y$  անվանում են կարճացում:

Հարևան փորակներում կոճային խմբի զբաղեցրած մեկ կոճի կողմից փորակների թիվը ( $q$ ) զբաղեցնում է ֆազային գոտին  $\alpha$  անկյան տիրույթով.

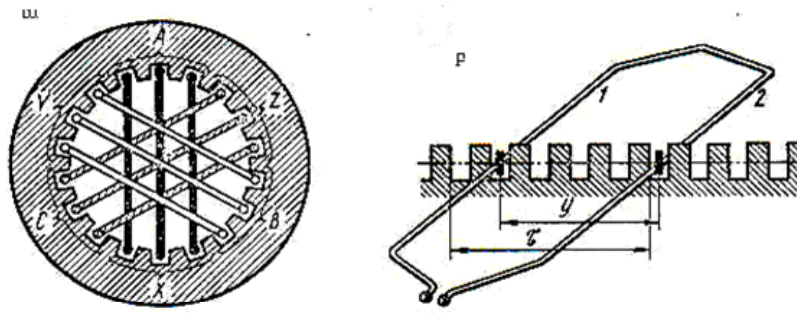
$$\alpha = \frac{2\pi - q}{z}, \text{ իսկ } q = \frac{z}{2pm}$$

այս մեծությունը ( $q$ ) արտահայտում է մեկ բեռի տակ մեկ ֆազին ընկնող փորակների թիվը, որտեղ՝  $m$ -ը ֆազերի թիվն է:

Նկ. 3.10-ում պատկերված ստատորի փաթույթի ամեն մի ֆազը (AX, BY, և CZ) բաղկացած է 3 կոճից, որոնց կողերը տեղադրված են 3 հարևան փորակներում, իսկ մյուս 3-ը՝ հակառակ բևեռի փորակներում. այստեղ  $q=3$ -ի, եթե  $q=1$ , ապա ամեն մի բևեռի տակ տեղադրվում է ամեն մի ֆազից մեկ կոճ:



**Նկ. 3.9. Երկբևեռ մեքենայի կարճացված քայլով երկշերտ փաթույթ և մագնիսաշարժ ուժի բաշխվածության սխեման**



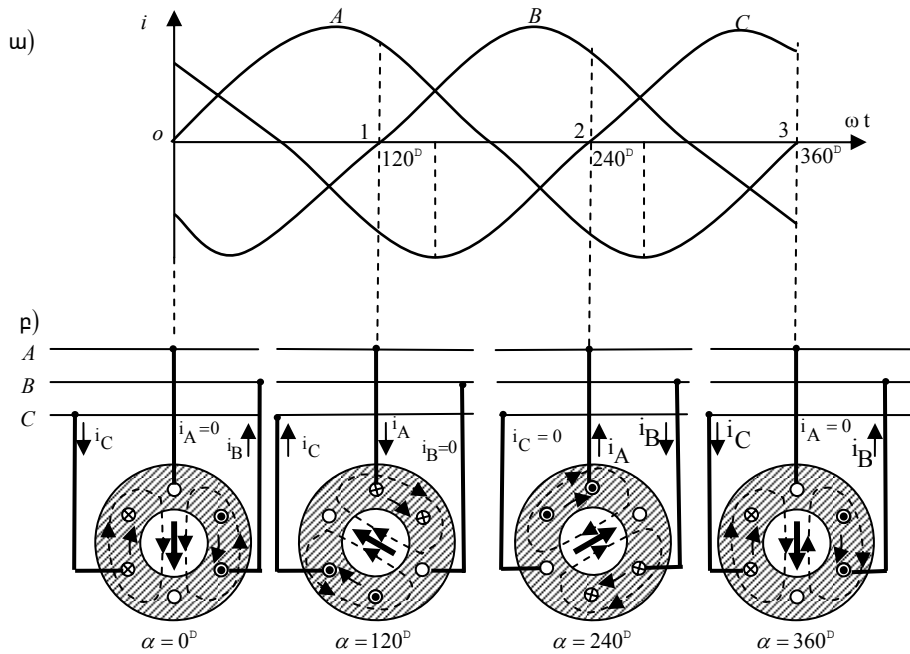
**Նկ. 3.10. Ստատորի եռաֆազ փաթույթի կոճերի բաշխվածությունը և երկու հաղորդարներով գալարի ձևակերպումը**

Երկրեւոային մեքենայի ստատորի պարզագույն եռաֆազ փաթույթը բաղկացած է երեք կոճերից, որոնց առանցքները տարածության մեջ շեղված են միմյանցից 120 էլեկտրական աստիճանով:

Ստատորի եռաֆազ փաթույթը եռաֆազ ցանցին միացնելու դեպքում ֆազերի փաթույթներում առաջանում են հոսանքներ՝

$$i_A = I_m \sin \omega t, \quad i_B = I_m \sin(\omega t - 120^\circ), \quad i_C = I_m \sin(\omega t - 240^\circ):$$

Ամեն մի ֆազի հոսանքը ստեղծում է բաբախող մշու, իսկ բոլոր մշու-ները միասին ստեղծում են արդյունաբար մշու, որի վեկտորը պտտվում է ստատորի նկատմամբ: Պտտվող մշու-ի ստեղծման սկզբունքը դիտարկենք եռաֆազ, երկրեւո փաթույթի օրինակի հիման վրա, որի ամեն մի ֆազը բաղկացած է մի կոճից, իսկ ֆազային փաթույթները միացված են աստղաձև, նկ. 3.11:



**Նկ. 3.11. Պտտվող մագնիսական դաշտի ստացման սկզբունքը**

Ժամանակի տարբեր պահերի համար (0, 1, 2, 3): Ժամանակի «0» պահին  $A$  ֆազում հոսանքը հավասար է 0-ի,  $B$  ֆազում ունի բացասական ուղղություն,  $C$  ֆազում՝ դրական: Այնուհետև, ըստ այդ հոսանքների ստեղծած մագնիսական դաշ-

տերի ուղղությունների, որոշում ենք ստատորի եռաֆազ փաթույթի մշու-ի վեկտորի ուղղությունը (այն ուղղված է դեպի ներքև): Ժամանակի «1» պահին  $B$  ֆազում հոսանքը հավասար է 0-ի,  $A$  ֆազում՝ ունի դրական ուղղություն,  $C$  ֆազում՝ բացասական: Կատարելով համապատասխան կառուցումները՝ կտեսնենք, որ մշու-ի վեկտորը շրջվել է ժամանակի սլաքի ուղղությամբ  $120^0$ -ով: Կատարելով կառուցումներ ժամանակի «2» և «3» պահերի համար՝ տեսնում ենք, որ մշու-ի վեկտորն ամեն անգամ շրջվում է  $120^0$ -ով և փոփոխական հոսանքի մեկ պարբերության ժամանակ, մեկ լրիվ պտույտ է տալիս ( $360^0$ ):

Եթե ստատորի փաթույթի հոսանքի հաճախությունը  $f_1 = 50$  Հց, ապա մշու-ի վեկտորը պտտվում է 50 պտ/վ հաճախությամբ: Ընդհանուր դեպքում մշու-ի վեկտորի պտտման արագությունը ( $n_1$ ), որը կոչվում է պտտման սինխրոն արագություն և որոշվում է հետևյալ բանաձևով՝ 
$$n_1 = \frac{60 f_1}{p} \text{ պտ/ր,}$$

որտեղ  $p$  -ն ստատորի փաթույթի գույգ բևեռների թիվն է:

Պտտվող մագնիսական դաշտն ինդուկտում է կոճում էլշու, որի ակնթարթային արժեքը՝ 
$$e_u = B_\delta 2B \omega w_u,$$

որտեղ  $B_\delta$ -ն օդային բացակում մագնիսական ինդուկցիան է,  $E$ -ը՝ գալարի հաղորդալարի ակտիվ երկարությունը,  $V$ -ն մշու-ի հիմնական հարմոնիկի տեղափոխման գծային արագությունն է,  $w_u$  -ն՝ կոճի գալարների թիվը:

Էլշու-ի կորի ձևը կախված է նրանից, թե ինչպես է բաշխված  $B_\delta$ -ն օդային բացակում:  $B_\delta$ -ի բաշխվածությունն օդային բացակում սինուսոիդային չի լինում, այդ իսկ պատճառով  $E_u$ -ն էլ սինուսոիդային չէ և բացի առաջին հարմոնիկից պարունակում է նաև բարձր կարգի հարմոնիկներ:

Կոճի քայլը կարճացնելով, կամ երկարացնելով կարելի է էլշու-ի որոշ հարմոնիկներ ոչնչացնել: Օրինակ, եթե կարճացնենք կոճի քայլը բևեռային բաժանարարի 1/5-րդ մասով, այսինքն՝ կոճի քայլն ընդունել՝ 
$$y = \frac{4}{5} \tau = 0,8 \tau,$$

---

---

ապա կարելի է ոչնչացնել 5-րդ հարմոնիկը:  $\mathcal{Y}$  քայլի հարաբերությունը  $\mathcal{T}$ -ին անվանում են փաթույթի հարաբերական քայլ՝  $\beta = \frac{\mathcal{Y}}{\mathcal{T}}$  :

Սովորաբար  $\beta$ -ն վերցնում են՝  $\beta = 0,8...0,89$  սահմաններում:

Սակայն քայլի կարճացումը բերում է էլշու-ի փոքրացմանը, որը հաշվի է առնվում քայլի կարճացման գործակցի ( $k_y$ ) միջոցով:

Փաթույթները լինում են կենտրոնացված և բաշխված: *Կենտրոնացված* փաթույթի դեպքում բևեռին ընկնող ֆազի բոլոր կոճերը, որոնք կազմում են կոճային խումբ, տեղադրվում են երկու փորակների մեջ:

*Բաշխված* փաթույթներում բոլոր կոճերը հավասարաչափ տեղադրվում են ստատորի պարագծով:

Փաթույթի կարևոր պարամետր է մեկ բևեռին և ֆազին ընկնող փորակների թիվը՝  $q = \frac{Z}{2pm}$  :

Բաշխված փաթույթում՝  $q > 1$ :

*Կենտրոնացված* փաթույթի դեպքում կոճային խմբի էլշու-ն հավասար է կոճերի էլշու-ների թվաբանական գումարին:

*Բաշխված* փաթույթի դեպքում կոճերը տարածության մեջ շեղված են միմյանց նկատմամբ: Դրա համար էլ կոճերում էլշու-ներն ըստ ֆազի նույնպես շեղված են և, կոճային խմբի էլշու-ն հավասար է լինում կոճերի էլշու-ների երկրաչափական գումարին: Դա բերում է էլշու-ի փոքրացմանը և այդ փոքրացումը հաշվի է առնվում փաթույթի բաշխման գործակցի՝  $k_p$ -ի միջոցով:

Որոշ դեպքերում էլշու-ի բարձր հարմոնիկների փոքրացման նպատակով կատարում են փորակների շեղում: Վերջինս իր հերթին բերում է էլշու-ի փոքրացմանը, որը հաշվի է առնվում շեղման գործակցի ( $k_z$ ) միջոցով:

Փորակի շեղումը կատարվում է կամ ստատորի կամ ռոտորի փորակներով: Սովորաբար շեղումը կատարում են մեկ ատամնային քայլի չափով, եթե ռոտորի փորակն են շեղում, ապա ստատորի ատամնային քայլի չափով և հակառակը՝ փորակի շեղումը բերում է էլշու-ի կորի սինուսոիդալ տեսքի բերմանը:

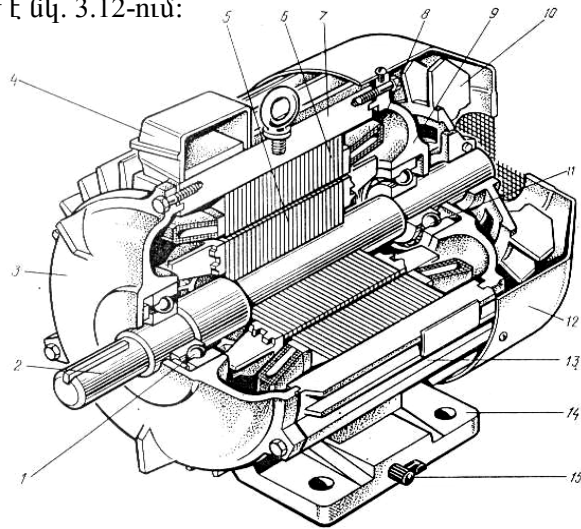
Այսպիսով, փաթույթի ֆազային էլշու-ն՝  $E = 4,44 fW\Phi_m k_{\phi}$ ,

որտեղ  $W$  -ն փաթույթի ֆազի գալարների թիվն է:

Փաթույթային գործակիցը՝  $k_{\phi} = k_{\psi} \cdot k_p \cdot k_z$  :

### 3.2. Ասինխրոն մեքենայի կառուցվածքը և աշխատանքի սկզբունքը

Ասինխրոն մեքենաները գլխավորապես օգտագործվում են որպես շարժիչներ: Արդյունաբերությունում և տնտեսության մյուս ճյուղերում օգտագործվող շարժիչների գերակշռող մասն ասինխրոն շարժիչներ են: Ասինխրոն շարժիչները հիմնականում տարբերվում են մյուս տիպի շարժիչներից իրենց պարզ կառուցվածքով և բարձր հուսալիությամբ: Վերանորոգման և սպասարկման քիչ ծախսերով, գործարկման պարզությամբ կարճ միացված ռոտորով ասինխրոն շարժիչի ընդհանուր տեսքը պատկերված է նկ. 3.12-ում:



**Նկ. 3.12** Կարճ միացված ռոտորով ասինխրոն շարժիչի ընդհանուր տեսքը.

1, 11 - առանձգակալներ, 2 - լիսեռ, 3, 9 - առանձգակալային վահան, 4 - ծայրերի տուփ, 5 - ռոտորի միջուկը կարճ փակված փաթույթով, 6, 8 - ստատորի միջուկը եռաֆազ ստատորի փաթույթով, 10 - կենտրոնախույզ օղափոխիչ, 12 - կափարիչ, 13 - ջերմատվության մակերեսը մեծացնող կող, 14 - ամրացման թաթիկ, 15 - հողակցման հեղուս

Ասինխրոն մեքենայի անունը պայմանավորված է այն հանգամանքով, որ այդ մեքենաների ռոտորի պտտման արագությունը տարբերվում է պտտվող մագնիսական դաշտի արագությունից, այսինքն, ռոտորի պտտման արագությունը պտտվող մագնիսական դաշտի նկատմամբ ասինխրոն է:

---

---

Ասինխրոն մեքենայի ստատորի և ռոտորի միջուկները հավաքվում են իրարից մեկուսացված էլեկտրատեխնիկական պողպատի թերթերից պատկերված նկ. 3.12-ում:

Ստատորի միջուկն ամրացվում է իրանում, իսկ ռոտորի միջուկը՝ լիսեռի վրա: Ռոտորի լիսեռը պտտվում է առանցքակալներում, որոնք տեղավորվում են ստատորի իրանին ամրացված առանցքակալային վահաններում:

Տարբերում են ֆազային և կարճ միացված ռոտորով ասինխրոն մեքենաներ:

*Ֆազային ռոտորով* ասինխրոն մեքենայում ռոտորի փաթույթը պատրաստվում է եռաֆազ՝ ստատորի փաթույթի նման: Ռոտորի փաթույթի ֆազերի ծայրերը սովորաբար միացվում են աստղաձև: Ազատ ծայրերը կոնտակտային օղակների և խոզանակների օգնությամբ դուրս են հանվում մեքենայից և միացվում են եռաֆազ թողարկման կամ կարգավորման ռեոստատին (նկ. 3.13.): Ռոտորի փաթույթը պատրաստվում է բևեռների նույն թվով, ինչպես և ստատորը:

Ասինխրոն մեքենաների հիմնական թերություններից են.

1. պտուտաթվերի կարգավորման դժվարությունները
2. գործարկման մեծ հոսանքը
3. ցածր կարողության գործակիցը թերբեռնավորումների ժամանակ
4. զգայունության լարման տատանումների նկատմամբ

Կարճ միացված ռոտորով ասինխրոն էլեկտրաշարժիչները կիրառվում են այն բոլոր դեպքերում, երբ արագության սահուն ու լայն կարգավորում չի պահանջվում:

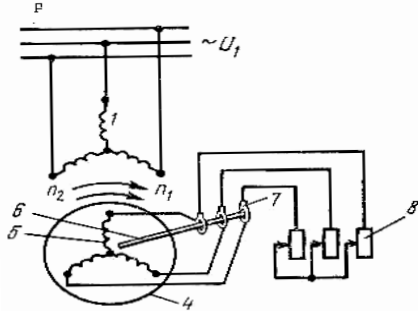
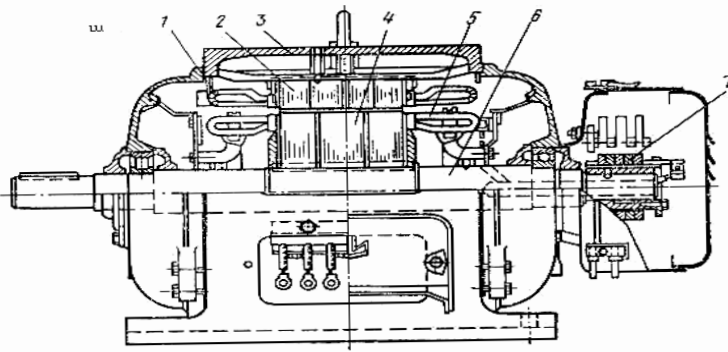
Ֆազային ռոտորով էլեկտրական ասինխրոն շարժիչների առավելություններն են՝

1. մեծ սկզբնական պտտվող մոմենտը
2. թույլատրվում է մեծ գերբեռնավորում
3. փոքր գործարկման հոսանք՝ համեմատած կարճ միացված ռոտորով շարժիչների հետ.

Թերություններն են՝

1. զգայունություն՝ լարման տատանումների նկատմամբ
2. փոքր կարողության գործակից և (օ.գ.գ.), քան կարճ միացված ռոտորով շարժիչները
3. ցածր կարողության գործակից թերբեռնավորումների ժամանակ

Ֆազային ռոտորով ասինխրոն շարժիչի ընդհանուր տեսքը և ռոտորի ֆազերի միացման սխեման պատկերված է հետևյալ նկարներում.

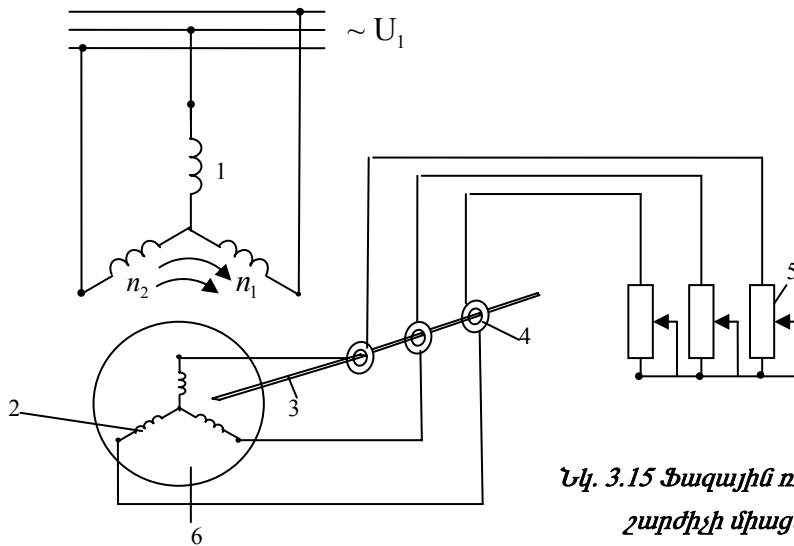
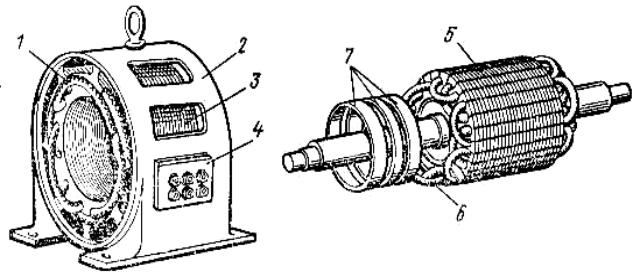


**Նկ. 3.13. Ֆազային ռոտորով ասինխրոն մեքենայի կառուցվածքը և միացման սխեման.**

1. ստատորի փաթույթ, 2. ստատորի միջուկ,
3. իրան, 4. ռոտորի միջուկ, 5. ռոտորի փաթույթ,
6. լիսեռ, 7. օղակ, թողարկման ռեոստատ

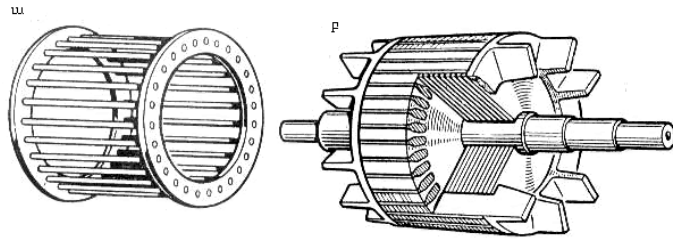
**Նկ. 3.14 Ֆազային ռոտորով ասինխրոն շարժիչի ստատորը և ռոտորը.**

1. ստատորի փաթույթ, 2. իրան,
3. ստատորի միջուկ, 4. ներանցիչների տուփ,
5. ռոտորի միջուկ, 6. ռոտորի փաթույթ, 7. հպակային օղակներ



**Նկ. 3.15 Ֆազային ռոտորով ասինխրոն շարժիչի միացման սխեման**

Կարճ միացված կամ սկյուռավանդակով ասինխրոն մեքենայի ռոտորի փոքակներում գտնվում են պղնձե կամ ալյումինե ձողեր և ձողերի ծայրերը ռոտորի երկու ճակատներից միացված են պղնձե կամ ալյումինե օղակներով: Այսինքն՝ ձողերի ծայրերն այդ օղակների միջոցով կարճ են փակված (նկ.3.16):



Նկ. 3.16 Կարճ միացված ռոտոր

Ասինխրոն մեքենայի աշխատանքը հիմնված է պտտվող մագնիսական դաշտի և ռոտորի փաթույթի հոսանքների փոխազդեցության վրա: Դիտարկենք եռաֆազ ասինխրոն շարժիչի աշխատանքի սկզբունքը: Ստատորի եռաֆազ փաթույթը  $U_1$  լարմամբ և  $f_1$  հաճախությամբ ցանցին միացնելիս առաջանում է պտտվող մագնիսական դաշտ, որի պտտման արագությունը (սինխրոն արագությունը)՝  $n_1 = \frac{f_1}{p}$  պտ/վ ,

$$n_1 = \frac{60f_1}{p} \text{ պտ/ր ,}$$

որտեղ  $p$  -ն գույգ բևեռների թիվն է:

Ստատորի պտտվող դաշտը հատելով ռոտորի փաթույթի հաղորդալարերն ինդուկտում է նրանցում էլշու: Եթե ռոտորի փաթույթը փակ է, ապա նրանում առաջանում է հոսանք, որի ( $f_2$ ) հաճախությունն անշարժ ռոտորի դեպքում հավասար է ստատորի դաշտի ( $f_1$ ) հաճախականությունը՝  $f_2 = f_1$ :

Ռոտորի փաթույթի հոսանքը ստեղծում է իր պտտվող մագնիսական դաշտը, որը ստատորի մագնիսական դաշտի հետ միասին պայմանավորում է շարժիչի ընդհանուր մագնիսական դաշտը: Վերջինս փոխազդելով ռոտորի փաթույթի հոսանքների հետ՝ առաջացնում է պտտվող էլեկտրամագնիսական մոմենտ, և ռոտորը սկսում է պտտվել դաշտի պտտման ուղղությամբ (պտտվող մոմենտը ստեղծվում է ռոտորի հոսանքի ակտիվ բաղադրիչով):

Դաշտի ( $n_1$ ) և ռոտորի ( $n_2$ ) պտտման արագությունների հարաբերական տարբերությունն անվանում են սահք՝

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1} ,$$

այստեղից՝

$$n_2 = (1-s)n_1 :$$

Շարժիչի թողարկման ժամանակ ( $n_2 = 0$ )՝  $s = 1$ , իսկ ռոտորի սինխրոն արագությամբ պտտման դեպքում ( $n_2 = n_1$ )՝  $s = 0$ : Երբ  $n_2 = n_1$ , ապա պտտվող մագնիսական դաշտը ռոտորի նկատմամբ անշարժ է, ռոտորի փաթույթում հոսանքներ չեն ինդուկտվում և պտտող մոմենտը՝  $M = 0$ : Այդ իսկ պատճառով շարժիչը ինքնուրույն չի կարող հասնել այդպիսի պտտման արագության:

Քանի որ ռոտորի փաթույթի էլշու-ի հաճախությունը համեմատական է ( $n_1 - n_2$ )-ին, ապա՝  $f_2 = p(n_1 - n_2)$

$$\text{կամ } f_2 = spn_1 = sf_1 ,$$

այսինքն՝ ռոտորի շղթայի հաճախությունը համեմատական է սահքին:

Ռոտորի դաշտի պտտման արագությունն իր իսկ ռոտորի նկատմամբ պտտվում է՝

$$n_{2p} = \frac{f_2}{p} = sn_1 :$$

Ռոտորի դաշտի պտտման արագությունը ստատորի նկատմամբ՝

$$n_{2c} = n_2 + n_{2p} = (1 - s)n_1 + sn_1 = n_1 ,$$

այսինքն՝ ռոտորի դաշտի պտտման  $n_{2c}$  արագությունը ստատորի նկատմամբ ռոտորի պտտման ցանկացած  $n_2$  արագության դեպքում միշտ հավասար է ստատորի դաշտի պտտման  $n_1$  արագությանը: Այդ պատճառով ստատորի և ռոտորի դաշտերը, անկախ ռոտորի պտտման արագությունից, պտտվում են միշտ սինխրոն և ստեղծում են ընդհանուր պտտվող մագնիսական դաշտ (խոսքը վերաբերում է դաշտերի միայն առաջին հարմոնիկներին):

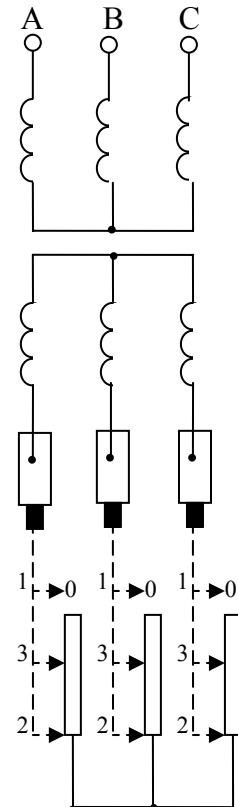
Նույն նպատակների համար, ինչ և տրանսֆորմատորների դեպքում, ասինխրոն մեքենայի երկրորդային փաթույթը բերում են առաջնայինին: Իրական երկրորդային փաթույթը փոխարինվում է բերվածով, որն ունի նույնպիսի կառուցվածք ինչպիսին և առաջնային փաթույթը, նույնպիսի ֆազերի և ֆազում գալարների թիվ, ինչպես նաև՝ միանման փաթույթային գործակից: Երկրորդային փաթույթի բերված լարումները և հոսանքները պետք է այնպես հաշվարկել, որպեսզի մեքենայում էներգետիկ և էլեկտրամագնիսական հարաբերակցությունը չխախտվի:

### 3.3. Ասինխրոն մեքենայի աշխատանքը անշարժ ռոտորի դեպքում

Անշարժ ռոտորի դեպքում ասինխրոն մեքենան տրանսֆորմատորից տարբերվում է միայն իր կառուցվածքով:

Եթե ասինխրոն մեքենայի ռոտորի փաթույթի ծայրերը բաց են (նկ.3.17 դիրք 1), իսկ ստատորի փաթույթը միացված է  $U_1$  լարումով ցանցին, այս դեպքում, ասինխրոն մեքենան պարզապ ընթացքի ռեժիմով աշխատող տրանսֆորմատոր է:

$U_1$  լարման ազդեցության տակ ստատորի փաթույթով հոսում է  $I_0$  հոսանքը, առաջանում է  $F_0$  մշու, որի ստեղծած հոսքի հիմնական մասը կապակցվում է մեքենայի ռոտորի և ստատորի փաթույթների հետ, իսկ մյուս մասը (ցրման հոսք)՝ միայն ստատորի փաթույթի հետ:



**Նկ. 3.17. Անշարժ ռոտորով ասինխրոն մեքենայի ռոտորի փաթույթի միացման սխեման**

Հիմնական հոսքն ինդուկտում է ստատորի և ռոտորի փաթույթներում համապատասխանաբար  $E_1$  և  $E_2$  էլշու-ներ, իսկ ցրման հոսքը՝ ստատորի փաթույթում  $E_{\sigma 1}$  ցրման էլշու: Քանի որ ռոտորն անշարժ է, ապա  $\Phi_m$  հոսքը ռոտորի և ստատորի նկատմամբ պտտվում է նույն  $n_1$  արագությամբ, հետևաբար՝ այսինքն  $f_2 = f_1$ :

Եթե արգելակված ռոտորի փաթույթի ծայրերը 1 դիրքից տեղափոխենք 2 դիրքը (նկ.3.17), ապա փաթույթը կլինի կարճ փակված: Իր ֆիզիկական էությանը ասինխարոն մեքենայի ռոտորի փաթույթի այսպիսի կարճ միացումը որոշակիորեն համանման է տարնսֆորմատորի երկրորդային փաթույթի կարճ միացմանը: Այս դեպքում ստատորի և ռոտորի փաթույթներում ( $I_1, I_2$ ) հոսանքների անբույլատրելի մեծացումը սահմանափակելու համար ստատորի փաթույթին մատուցվում է ցածրացված լարում:

Տեղափոխենք այժմ ռեոստատի շարժական կոնտակտը 3 դիրք (նկ.3.17): Այս դեպքում ասինխարոն մեքենան կարելի է դիտարկել որպես բեռնավորված տրանսֆորմատոր: Միակ տարբերությունն այն է, որ տվյալ դեպքում (ի տարբերություն տրանսֆորմատորի) մագնիսական դաշտը պտտվող է:

Արգելակված ռոտորով ասինխարոն մեքենան գործնականում օգտագործում են եռաֆազ փոփոխական լարման կարգավորման համար (ինդուկցիոն կարգավորիչներ): Ինդուկցիոն կարգավորիչի միացման սխեման տրված է նկ.3.18-ում:

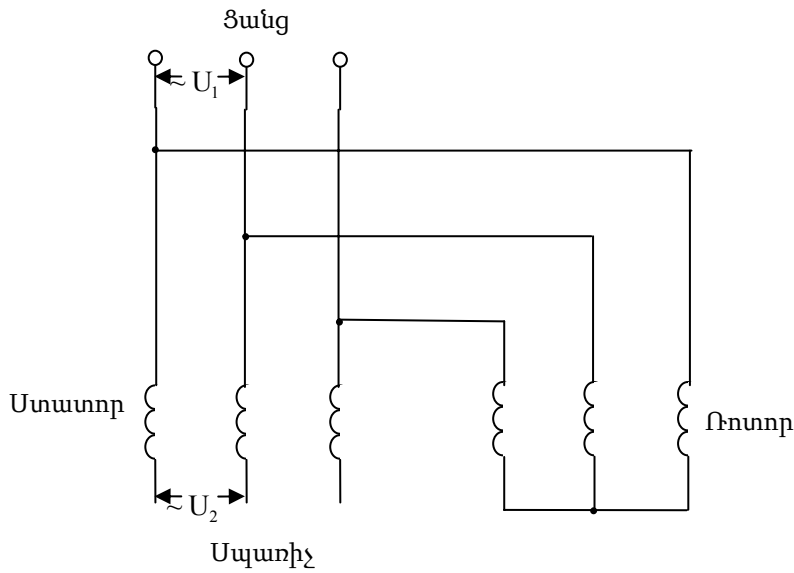
Այս դեպքում առաջնային կողմը համարվում է ռոտորը, որը համապատասխան սարքավորման միջոցով հնարավորություն ունի շրջվելու, իսկ երկրորդային կողմը՝ ստատորը:

Ռոտորի փաթույթին մատուցված եռաֆազ հոսանքը ստեղծում է պտտվող մագնիսական դաշտ, որն ինդուկտում է ստատորի և ռոտորի փաթույթներում համապատասխանաբար  $E_1$  և  $E_2$  էլեմենտներ:

Սպառիչին մատուցվող էլքային լարումը՝

$$U_2^{\text{է}} = U_1^{\text{է}} + E_2^{\text{է}} :$$

Քանի որ  $U_1^{\text{է}}$  և  $E_2^{\text{է}}$  վեկտորները գումարվում են երկրաչափորեն, ապա էլքային լարման գործող արժեքը կախված կլինի վերոհիշյալ վեկտորների միջև ֆազային շեղման  $\alpha$  անկյունից, փոփոխելով  $\alpha$ -ն, կարելի է որոշակի սահմաններում փոփոխել էլքային լարումը:



Նկ. 3.18. Ինդուկցիոն կարգավորիչի միացման սխեման

### 3.4. Ասինխրոն շարժիչի լարումների և հոսանքների հավասարումները

Ասինխրոն շարժիչի աշխատանքի պրոցեսում ստատորի և ռոտորի մշու-ների ստեղծած գումարային մագնիսական  $\Phi_m$  հոսքը, պտտվելով  $n_1$  սինխրոն արագությամբ, ինդուկտում է ստատորի փաթույթում էլշու, որը որոշվում է հետևյալ բանաձևով՝  $E_1 = 4,44 f_1 w_1 \Phi_m k_{\phi 1}$

որտեղ  $w_1$ -ը ստատորի փաթույթի ֆազի գալարների թիվն է,

$k_{\phi 1}$ -ն՝ ստատորի փաթույթային գործակիցը:

Ստատորի ցրման էլշու-ն, որը պայմանավորված է ստատորի ցրման մագնիսական հոսքով, որոշվում է՝  $-E_{\sigma 1} = j X_{\sigma 1} x_1$ ,

որտեղ  $X_{\sigma 1}$  - ը ստատորի փաթույթի հոսանքի վեկտորն է,

$x_1$ -ն ստատորի փաթույթի ցրման ինդուկտիվ դիմադրությունը:

Ստատորի փաթույթի ակտիվ դիմադրության վրա լարման անկումը՝  $E_r = I_1 r_1$ , որտեղ  $r_1$  -ը ստատորի փաթույթի ակտիվ դիմադրությունն է:

Այսպիսով, ստատորի փաթույթին մատուցված լարումը՝  $U_1^{\mathcal{E}} = (-E_1^{\mathcal{E}}) + (-E_{\sigma 1}^{\mathcal{E}}) + E_r^{\mathcal{E}}$   
կամ ստատորի փաթույթի լարման հավասարումը՝

$$U_1^{\mathcal{E}} = -E_1^{\mathcal{E}} + jF_1^{\mathcal{E}}x_1 + F_1^{\mathcal{E}}r_1 = -E_1^{\mathcal{E}} + F_1^{\mathcal{E}}Z_1$$

$$Z_1 = r_1 + jx_1 ,$$

որտեղ՝  $Z_1$  -ը ստատորի փաթույթի լրիվ դիմադրությունն է:

Շարժիչի հիմնական հոսքն ինդուկտում է, նաև ռոտորի փաթույթում էլշու, որը որոշվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$E_{2s} = 4,44f_2W_2\Phi_m k_{\psi 2} :$$

Ընդ որում՝ 
$$E_{2s} = sE_2 ,$$

որտեղ  $E_2$  -ը անշարժ ռոտորի դեպքում ( $S = 1$ ) ռոտորի փաթույթում ինդուկտված էլշու-ն է,  $k_{\psi 2}$  -ն ռոտորի փաթույթային գործակիցը:

Ռոտորի ցրման էլշու-ն, որը պայմանավորված է ռոտորի ցրման մագնիսական հոսքով, կլինի՝  $E_{\sigma 2}^{\mathcal{E}} = -jF_2^{\mathcal{E}}sx_2 ,$

որտեղ  $x_2$  -ն անշարժ ռոտորի դեպքում ռոտորի փաթույթի ցրման ինդուկտիվ դիմադրությունն է,  $I_2$  -ն ռոտորի փաթույթի հոսանքը:

Ընդ որ շարժիչի աշխատանքի գործընթացում ռոտորի փաթույթը կարճ է փակված, այսինքն՝  $sE_2^{\mathcal{E}} - jF_2^{\mathcal{E}}sx_2 - F_2^{\mathcal{E}}r_2 = 0 ,$

որտեղ  $r_2$  -ը ռոտորի փաթույթի ակտիվ դիմադրությունն է:

Բաժանելով արտահայտության անդամները  $S$  -ի՝ կստանանք ռոտորի փաթույթի լարման հավասարումը՝  $E_2^{\mathcal{E}} - jF_2^{\mathcal{E}}x_2 - F_2^{\mathcal{E}}\frac{r_2}{s} = 0 ,$

որը բերված ասինխրոն շարժիչի համար կգրվի հետևյալ կերպ՝

$$E_2^{\mathcal{E}} - jF_2^{\mathcal{E}}x_2' - F_2^{\mathcal{E}}\frac{r_2'}{s} = 0$$

Եթե անտեսենք առաջնային փաթույթում լարման անկումը և ընդունենք, որ՝

$$U_1^{\mathcal{E}} = -E_1^{\mathcal{E}} = const ,$$

ապա, քանի որ  $E_1$  էլշու-ն համեմատական է  $\Phi_m$  հոսքին, բեռի փոփոխումների դեպքում, չնայած ստատորի և ռոտորի փաթույթների հոսանքների փոփոխմանը, հոսքը գործնականում կմնա հաստատուն: Նկատի ունենալով, որ այդ հոսքը շարժիչում ստեղծվում է ստատորի փաթույթի ( $F_1$ ) և ռոտորի փաթույթի ( $F_2$ ) մշու-ների համատեղ գործողությամբ, կարող ենք գրել, որ

$$F_0^{\text{է}} = F_1^{\text{է}} + F_2^{\text{է}} = \text{const} ,$$

որտեղ  $F_0^{\text{է}}$ -ը շարժիչի գումարային մշու-ն է, որը թվապես հավասար է պարապ ընթացքի ռեժիմում ստատորի փաթույթի մշու-ին կամ բերված ասինխրոն շարժիչի հոսանքների հավասարումը՝  $F_0 = F_1 + F_2$  :

$I_0$ -ն, որը հավասար է առաջնային և երկրորդային բերված հոսանքների երկրաչափական գումարին, կոչվում է պարապ ընթացքի հոսանք:

Ասինխրոն մեքենայում օդային բացակի առկայության պատճառով  $I_0$  հոսանքն ունի բավականաչափ մեծ արժեք և կազմում է, սովորաբար, անվանական հոսանքի 20-ից 50%-ը:

$$F_1 = F_0 + (-F_2)$$

Այս հավասարումներից ելնելով, եթե կառուցենք ասինխրոն շարժիչի վեկտորական դիագրաման, բեռի հոսանքի մի քանի արժեքների դեպքում և ըստ այդ դիագրամների կարելի է դատել՝ բեռի փոփոխման ժամանակ, հոսանքների, կորուստների, հզորության գործակցի և լարման փոփոխությունների մասին և կարող ենք գրել.

$$m_1(I_2')^2 \frac{r_2'}{s} = m_1(I_2')^2 r_2' + m_1(I_2')^2 r_2' \frac{1-s}{s}$$

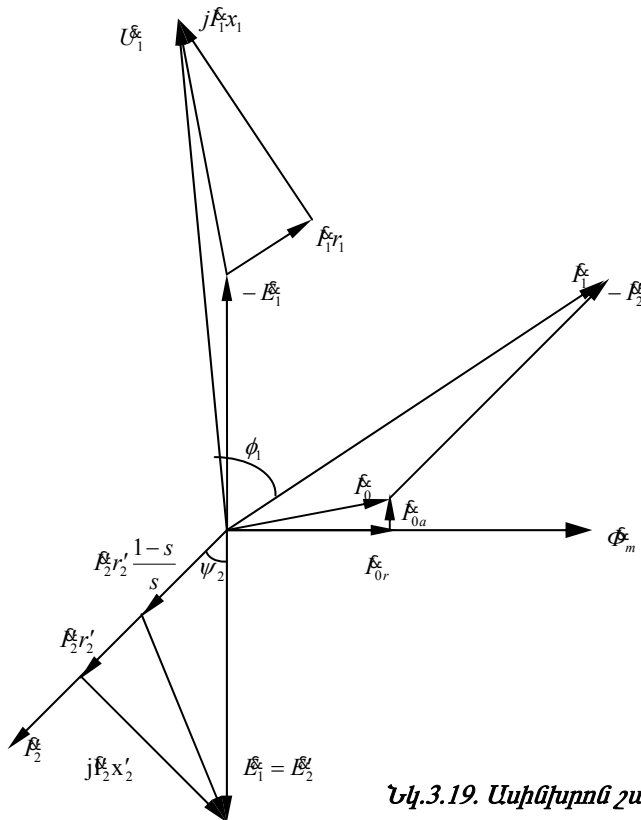
որտեղ՝  $m_1(I_2')^2 r_2'$  -ը ռոտորի փաթույթում էլեկտրական կորուստներն են,

$m_1(I_2')^2 \frac{r_2'}{s}$  -ն էլեկտրամագնիսական հզորություն, որը փոխանցվում է մագնիսական դաշտի միջոցով ստատորից ռոտորին:

Մեխանիկական հզորությունը շարժիչի ռոտորի վրա՝

$$P_2' = m_1(I_2')^2 r_2' \frac{1-s}{s} = m_2 I_2'^2 r_2' \frac{1-s}{s} = m_1 U_2' I_2'$$

Ասինխրոն շարժիչի վեկտորական դիագրաման ունի այսպիսի տեսք.



Նկ.3.19. Ասինխրոն շարժիչի վեկտորական դիագրամը

Ասինխրոն շարժիչի վեկտորական դիագրաման և փոխարինման սխեման (նկ.3.20) կառուցվում է ըստ շարժիչի լարումների և հոսանքների հավասարումների:

$$\left. \begin{aligned} U_1^{\text{է}} &= -I_1^{\text{է}} + jI_1^{\text{է}}x_1 + I_1^{\text{է}}r_1 \\ 0 &= I_2^{\text{է}'} - jI_2^{\text{է}'}x_2' - I_2^{\text{է}'} \frac{r_2'}{s} \\ I_0^{\text{է}} &= I_1^{\text{է}} + I_2^{\text{է}} \end{aligned} \right\}$$

$\frac{r_2'}{s}$  - մեծությունն արտահայտենք հետևյալ տեսքով՝  $\frac{r_2'}{s} = r_2' + r_2' \frac{1-s}{s}$ ,

հաշվի առնելով այդ ռոտորի շղթայի լարումների հավասարումը կգրվի հետևյալ

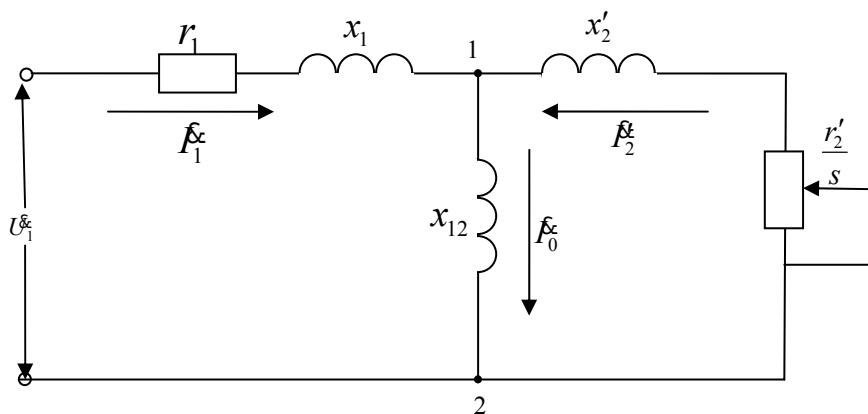
տեսքով՝ 
$$0 = I_2^{\text{է}'} - jI_2^{\text{է}'}x_2' - I_2^{\text{է}'}r_2' - I_2^{\text{է}'}r_2' \frac{1-s}{s} :$$

### 3.5. Ասինխրոն շարժիչի փոխարինման սխեման

Այս հավասարումներին համապատասխանում է, այսպես կոչված, T-աձև փոխարինման սխեման (նկ.3.20):

Այստեղ՝  $x_{12}$  -ը փոխհնդուկցիայի դիմադրությունն է:

Լարման անկումը փոխհնդուկցիայի դիմադրության վրա՝  $U_{12} = E_1 = E'_2$  :



Նկ.3.20. Ասինխրոն շարժիչի T-աձև փոխարինման սխեման

Նկ. 3.20 փոխարինման սխեման հաշվի չի առնում շարժիչի պողպատում մագնիսական կորուստները:

Պողպատում կորուստները հաշվի առնելու համար նկ. 3.20. սխեմայի 1 և 2 սեղմակների վրա ( $x_{12}$ -ին զուգահեռ) անհրաժեշտ է միացնել  $r_{12}$  ակտիվ դիմադրությունը, ընդ որում,  $r_{12}$ -ի մեծությունը պետք է լինի այնպիսին, որ նրանում կորուստները հավասար լինեն շարժիչի պողպատում կորուստներին ( $P_{սգ}$ )՝

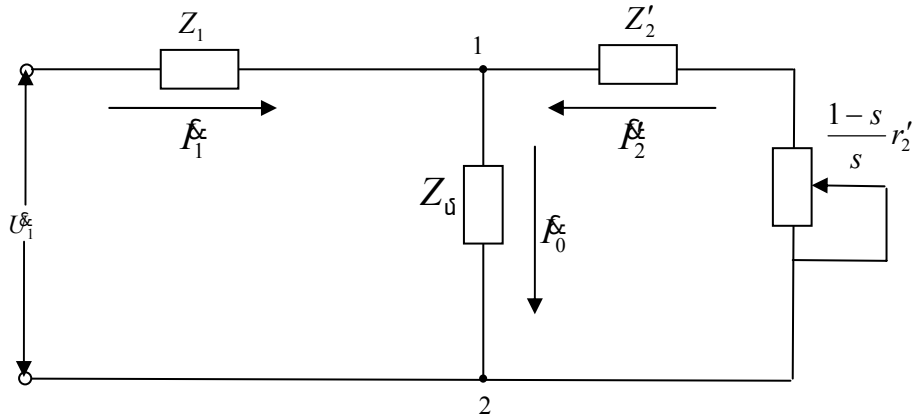
$$\frac{E_1^2}{r_{12}} = \frac{P_{սգ}}{m_1},$$

որտեղից՝ 
$$r_{12} = \frac{m_1 E_1^2}{P_{սգ}}$$

$r_{12}$  և  $x_{12}$  զուգահեռ միացված դիմադրությունները կարելի է արտահայտել մի ընդհանուր դիմադրությամբ, որին կանվանենք մագնիսացնող շղթայի լրիվ դիմադրություն ( $Z_{ս}$ )՝

$$Z_{ս} = \frac{r_{12} j x_{12}}{r_{12} + j x_{12}} = \frac{r_{12} x_{12}^2}{r_{12}^2 + x_{12}^2} + \frac{r_{12}^2 x_{12}}{r_{12}^2 + x_{12}^2} \quad \text{կամ} \quad Z_{ս} = r_{ս} + j x_{ս} :$$

Արդյունքում, նկ.3.20-ի սխեմայի փոխարեն կատանանք նկ.3.21-ի սխեման:



Նկ.3.21. Ասինխրոն շարժիչի T-աձև փոխարինման սխեման, երբ հաշվի են առնվում կորուստները պողպատում

ընդ որում՝  $Z_1 = r_1 + jx_1$

$$Z_2' = r_2' + jx_2'$$

T-աձև փոխարինման սխեմայից երևում է, որ բեռի մեծացմանը զուգընթաց մեծանում են  $I_2'$  և  $I_1$  հոսանքները, մեծանում է առաջնային շրթայում լարման անկումը, փոքրանում է  $E_1 = E_2'$  էլշու-ն, որն էլ բերում է  $I_0$  հոսանքի փոքրացմանը: Սակայն անվանական ռեժիմների համար սահքի ոչ մեծ սահմաններում փոփոխման դեպքում  $I_0$  հոսանքի փոփոխությունը կարելի է հաշվի չառնել:

### 3.6. Ասինխրոն մեքենայի աշխատանքային ռեժիմները

Կախված պտտվող դաշտի նկատմամբ ռոտորի պտտման արագությունից և ուղղությունից՝ տարբերում են ասինխրոն մեքենայի աշխատանքի երեք ռեժիմ.

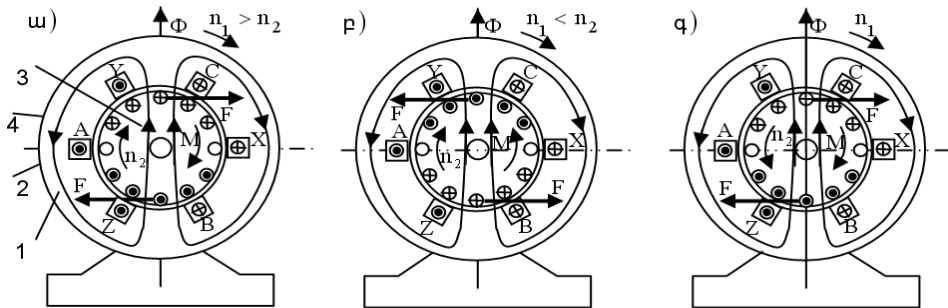
1) Շարժիչային ռեժիմ (նկ.3.22, ա): Այս ռեժիմում ասինխրոն մեքենան էլեկտրական էներգիան փոխակերպում է մեխանիկական էներգիայի, իսկ սահքը փոփոխվում է՝

$$0 < s < 1 :$$

Ընդ որում, ռոտորը պտտվում է պտտվող մագնիսական դաշտի ուղղությամբ, իսկ նրա արագությունը մեծ է 0-ից և փոքր  $n_1$  մագնիսական դաշտի պտտման արագությունից՝

$$0 < n_2 < n_1 :$$

Շարժիչային ռեժիմում ասինխրոն մեքենայի էլեկտրամագնիսականությունը պտտող մոմենտ է: Աշխատանքային հաստատված ռեժիմում էլեկտրամագնիսական մոմենտը հավասարակշռվում է ռոտորի պտտմանը հակազդող մոմենտների գումարով, առաջնային հզորությունը  $P_1 = m_1 U_1 I_1 \cos \varphi_1 > 0$ , այսինքն՝ ցանցից սպառվում է ակտիվ հզորություն ( $\varphi_1 < \frac{\pi}{2}$ ):



**Նկ. 3.22. Հոսանքների, էլեկտրամագնիսական  $F$  ուժի և  $M$  մոմենտի ուղղություններն ասինխրոն մեքենայում**

ա) շարժիչային ռեժիմում, բ) գեներատորային ռեժիմում, գ) էլեկտրամագնիսական արգելակման ռեժիմում

2) *Գեներատորային ռեժիմ (նկ.3.22, բ):* Եթե  $U_1$  լարմանը միացված ասինխրոն մեքենայի ռոտորը առաջնային շարժիչի օգնությամբ պտտենք պտտվող մագնիսական դաշտի ուղղությամբ, այնպես որ ռոտորի արագությունը գերազանցի պտտվող մագնիսական դաշտի արագությանը՝  $n_2 > n_1$ , ապա սահքը կդառնա բացասական, իսկ ռոտորի փաթույթի էլշու-ն և հոսանքի ակտիվ բաղադրիչը կփոխեն իրենց նշանները: Արդյունքում ռոտորի վրա գործող էլեկտրամագնիսական մոմենտը նույնպես կփոխի իր ուղղությունը և պտտողից կդառնա արգելակող՝ առաջնային շարժիչի պտտող մոմենտի նկատմամբ: Այսինքն՝ ասինխրոն մեքենան շարժիչային ռեժիմից կանցնի գեներատորային ռեժիմին՝ փոխակերպելով առաջնային շարժիչի մեխանիկական էներգիան՝ էլեկտրական էներգիայի:

Գեներատորային ռեժիմում ասինխրոն մեքենայի սահքը, տեսականորեն, կարող է փոխվել հետևյալ միջակայքում՝

$$0 > s > -\infty ,$$

իսկ ռոտորի արագությունը՝

---

---

$$n_1 < n_2 < \infty :$$

Առաջնային հոսանքի և հզորության ակտիվ բաղադրիչները նույնպես կփոխեն իրենց նշանները ( $\varphi_1 > 90^\circ$ )՝  $I_{1a} = I_1 \cos \varphi_1 < 0$  ,  $P_1 = m_1 U_1 I_1 \cos \varphi_1 < 0$  :

Այսինքն՝ ասինխրոն գեներատորը սպառում է ցանցից ռեակտիվ էներգիա՝ վերադարձնելով նրան առաջնային շարժիչի մեխանիկական էներգիայի փոխակերպման հետևանքով ստացված ակտիվ էներգիան: Ընդ որում, ասինխրոն գեներատորի կողմից սպառվող ռեակտիվ հզորության մեծությունը կազմում է մեքենայի անվանական հզորության մոտ 25...45%-ը: Այդպիսի զգալի ռեակտիվ հզորության սպառումը ասինխրոն գեներատորների էական թերություններից մեկն է:

3) *Էլեկտրամագնիսական արգելակման ռեժիմ (նկ.3.22գ):* Այս ռեժիմում ցանցին միացված ասինխրոն մեքենայի ռոտորը պտտվում է պտտվող մագնիսական դաշտին հակառակ ուղղությամբ: Արգելակման ռեժիմում ասինխրոն մեքենայի սահքը, տեսականորեն, կարող է փոխվել հետևյալ միջակայքում՝  $1 < s < \infty$  :

Քանի որ ինչպես շարժիչային, այնպես էլ արգելակման ռեժիմում  $s > 0$  -ից, ապա երկրորդային հոսանքի ակտիվ և ռեակտիվ բաղադրիչներն արգելակման ռեժիմում ունեն նույն նշանները, ինչ շարժիչայինում: Դա նշանակում է, որ արգելակման ռեժիմում մեքենան սպառում է ցանցից ակտիվ հզորություն և զարգացնում է պտտվող դաշտի ուղղությամբ գործող էլեկտրամագնիսական մոմենտ, բայց քանի որ ռոտորը պտտվում է հակառակ ուղղությամբ, այդ մոմենտի ազդեցությունը ռոտորի վրա դառնում է արգելակող:

Գործնականում այս ռեժիմն օգտագործվում է այսպես կոչված «հակամիացման» միջոցով ասինխրոն շարժիչներն արագ արգելակելու և կանգնեցնելու համար: Օրինակ, մի շարք դեպքերում, ասինխրոն շարժիչն արագ կանգնեցնելու համար ցանկացած երկու՝ շարժիչը սնուցող, հաղորդալարերի փոխարկումով, փոփոխում են ֆազերի հաջորդականությունը և պտտվող դաշտի ուղղությունը: Ռոտորն իներցիայով դեռ որոշ ժամանակ պտտվում է նախկին ուղղությամբ, այժմ արդեն դաշտին հակառակ:  $n_2 \approx 0$  -ի դեպքում անհրաժեշտ է մեքենան անջատել ցանցից: Չանջատելու դեպքում շարժիչը կսկսի պտտվել հակառակ ուղղությամբ: Նույն կերպ կարելի է իրագործել շարժիչի ռեվերսը (պտտման ուղղության փոփոխությունը):

### 3.7. Ասինխրոն շարժիչի կորուստները և օ.գ.գ.-ը

Ասինխրոն շարժիչը սպառում է ցանցից ակտիվ հզորություն (նկ.3.23)՝

$$P_1 = m_1 U_1 I_1 \cos \varphi_1 :$$

Այդ հզորության մի մասը վերաձվում է առաջնային փաթույթի ակտիվ դիմադրությունում էլեկտրական կորուստների, որն անջատվում է փաթույթներից ջերմության տեսքով՝  $Q = I^2 R t$

$$P_{\text{է1}} = m_1 I_1^2 r_1 ,$$

իսկ մյուս մասը՝ մեքենայի պողպատում (մագնիսական) կորուստների՝  $P_{\text{սգ1}}$  : Դրանք հիմնականում ստատորի պողպատում կորուստներ են, քանի որ ռոտորի պողպատի (մագնիսական) կորուստներն անտեսվում են ռոտորի հաճախականության փոքր լինելու պատճառով՝  $P_{\text{սգ1}} = m_1 I_0^2 r_{\text{ս}} :$

Հզորության մնացած մասն էլեկտրամագնիսական հզորությունն է ( $P_{\text{էժ}}$ ), որը մագնիսական դաշտի միջոցով հաղորդվում է ստատորից ռոտորին՝  $P_{\text{էժ}} = P_1 - P_{\text{է1}} - P_{\text{սգ1}} :$

Փոխարինման սխեմայում  $P_{\text{էժ}}$  հզորությանը համապատասխանում է  $\frac{r_2'}{S}$

դիմադրությունում անջատվող հզորությունը՝  $P_{\text{էժ}} = m_1 I_2'^2 \frac{r_2'}{S} = m_2 I_2'^2 \frac{r_2'}{S} :$

Այդ հզորության մի մասը վերաձվում է երկրորդային փաթույթի ակտիվ դիմադրությունում էլեկտրական կորուստների՝  $P_{\text{է2}} = m_1 I_2'^2 r_2' = m_2 I_2'^2 r_2' :$

$$P_{\text{է2}} = s P_{\text{էժ}} :$$

Ռոտորի միջուկում մագնիսական կորուստները ( $P_{\text{սգ2}}$ ) բավականին փոքր են ( $f_2$ -ի փոքր լինելու պատճառով) անտեսվում են:  $P_{\text{էժ}}$  հզորության մնացած մասը փոխակերպվում է  $P_2'$  մեխանիկական հզորության, որը կիրառվում է ռոտորի վրա՝

$$P_2' = P_{\text{էժ}} - P_{\text{է2}} :$$

$$P_2' = m_1 I_2'^2 r_2' \frac{1-s}{S} = m_2 I_2'^2 r_2' \frac{1-s}{S} = (1-s) P_{\text{էժ}} :$$

$P'_2$  մեխանիկական հզորության մի մասը ծախսվում է մեքենայի ներսում մեխանիկական կորուստների ( $P_{սեխ}$ ) (օդափոխման, առանցքակալներում շփման վրա և այլն), մի մասն էլ՝ լրացուցիչ կորուստների ( $P_{լր}$ ) վրա, որը պայմանավորված է մագնիսական դաշտերի բարձր հարձնանքներով:

Օգտակար հզորությունը լիսեռի վրա՝  $P_2 = P'_2 - P_{սեխ} - P_{լր}$  :

Շարժիչի օ.գ.գ.-ն՝  $\eta = \frac{P_2}{P_1}$  :

Գումարային կորուստները՝  $\sum P = P_{տ1} + P_{սգ1} + P_{տ2} + P_{սեխ} + P_{լր}$  :

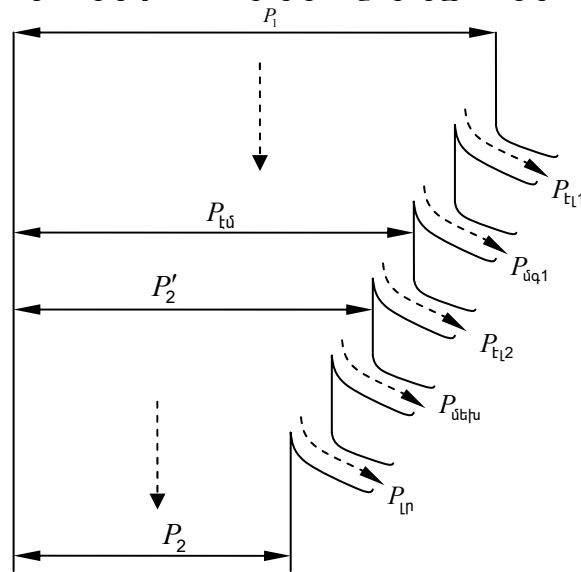
Այսպիսով՝  $P_2 = P_1 - \sum P$  ,

$$\eta = \frac{P_1 - \sum P}{P_1} = 1 - \frac{\sum P}{P_1} :$$

Շարժիչի օ.գ.գ.-ն անվանական բեռի դեպքում տատանվում է հետևյալ սահմաններում՝

$$\eta_{\omega} = 0,72 \dots 0,95 :$$

Նկ.3.23-ում պատկերված է ասինխրոն շարժիչի էներգետիկ դիագրամը:



**Նկ.3.23. Ասինխրոն շարժիչի էներգետիկ դիագրամը**

### 3.8. Ասիմիտրոն մեքենայի էլեկտրամագնիսական մոմենտը

Ասիմիտրոն մեքենայի էլեկտրամագնիսական մոմենտը կարելի է որոշել հետևյալ հարաբերությամբ՝  $M = \frac{P_{\text{էմ}}}{\Omega_1}$ ,

որտեղ  $P_{\text{էմ}}$ -ը մեքենայի էլեկտրամագնիսական հզորությունն է,  $\Omega_1$ -ը պտտող մագնիսական դաշտի անկյունային արագությունը՝  $\Omega_1 = 2\pi n_1 = \frac{2\pi f_1}{p}$  :

որտեղից՝ 
$$M = \frac{P_{\text{էմ}}}{s\Omega_1} = \frac{m_1 I_2'^2 r_2'}{\Omega_1 s} = \frac{p m_1 I_2'^2 r_2'}{2\pi f_1 s} :$$

Համաձայն փոխարինման սխեմայի՝ 
$$I_2' = \frac{U_1}{\sqrt{\left(r_1 + \frac{r_2'}{s}\right)^2 + (x_1 + x_2')^2}}$$

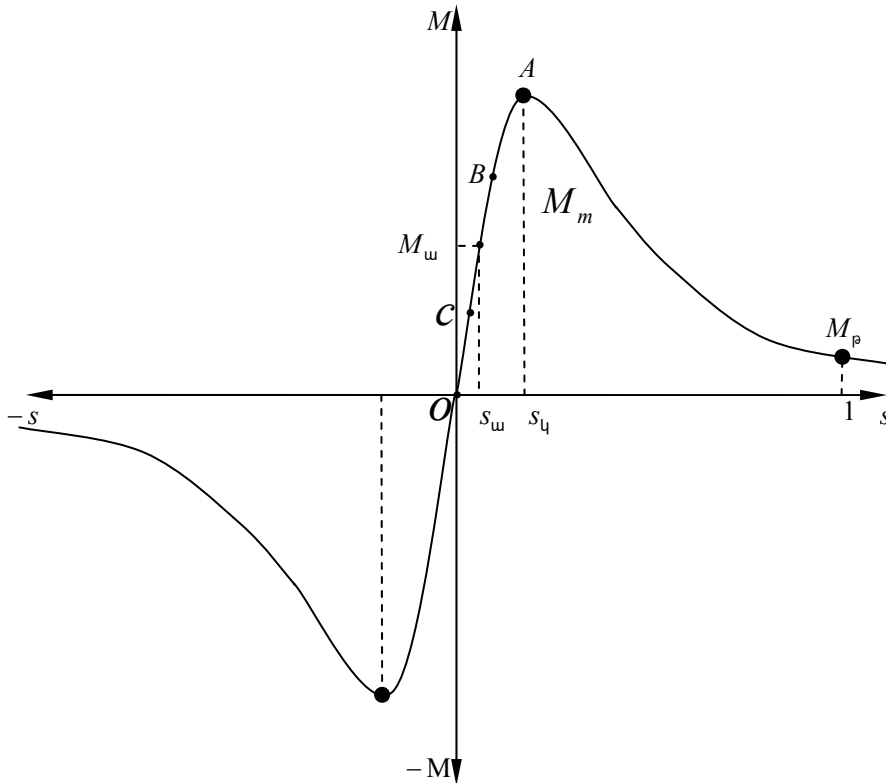
և 
$$M = \frac{p m_1 U_1^2 \frac{r_2'}{s}}{2\pi f_1 \left[ \left(r_1 + \frac{r_2'}{s}\right)^2 + (x_1 + x_2')^2 \right]} :$$

Այսինքն, էլեկտրամագնիսական մոմենտը ցանկացած տրված սահքի դեպքում համեմատական է  $U_1$  լարման քառակուսուն և փոքրանում է  $r_1$ -ի և  $x_1$ -ի մեծացմանը զուգընթաց:

$M = f(s)$  կախվածությունը, երբ  $U_1 = const$  և  $f_1 = const$ , անվանում են ասիմիտրոն մեքենայի մեխանիկական բնութագիր:  $s$ -ի փոխարեն արսցիսների առանցքի վրա կարելի է տեղադրել  $n_2$ -ը:

$s > 0$  դեպքում,  $M > 0$  (շարժիչային և արգելակման ռեժիմ), իսկ  $s < 0$  դեպքում,  $M < 0$  (գեներատորային ռեժիմ): Ռժվար չէ ապացուցել նաև, որ երբ  $s = 0$ , ապա  $M = 0$  և, երբ  $s = \pm\infty$ ,  $M = 0$ :

Քանի որ,  $s = 0$  և  $s = \pm\infty$  դեպքում  $M = 0$ , ապա, բնական է, որ մոմենտի առավելագույն արժեքը ( $M_m$ ) գտնվում է այդ կետերի միջև անվանական սահքը, սովորաբար, փոփոխվում է հետևյալ սահմաններում՝  $s_w = 0,02..0,05$  :



**Նկ.3.24. Ասինխրոն մեքենայի մեխանիկական բնութագրի տեսքը**

Նկ. 3.24-ում պատկերված է ասինխրոն շարժիչի մեխանիկական բնութագիրը:

Էլեկտրամագնիսական մոմենտը հասնում է  $\pm M_m$  բացասական և դրական արժեքներին, որոշակի  $s = \pm s_4$  սահքերի դեպքում, որոնք կոչվում են կրիտիկական սահքեր:

$s = 0$ -ից մինչև  $s_4$  արժեքը մոմենտն աճում է, իսկ սահքի հետագա մեծացման հետ միասին մոմենտը փոքրանում է: Դա բացատրվում է նրանով, որ սահքի մեծացման հետ  $I_2'$  հոսանքն իր բնույթով դառնում է շատ ավելի ինդուկտիվ: Ընդ

որում,  $I'_2$ -ի ակտիվ բաղադրիչը, որը որոշում է  $M$ -ի մեծությունը  $S$ -ի մեծացման դեպքում սկզբում աճում է  $I'_2$ -ի հետ միասին, իսկ հետո սկսում է նվազել, չնայած  $I'_2$ -ի մեծացմանը:

Սահքի  $S$ -ի մեծացման հետ միասին մեծանում է  $I_1$ -ը, առաջնային շղթայում լարման անկումը, իսկ  $E_1$  էլշու-ն ու  $\Phi$  հոսքը որոշ չափով փոքրանում են: Քանի որ ստատորի վրա գործում է նույնպիսի պտտվող մոմենտ, ինչպիսին և ռոտորի վրա, բայց ուղղված հակառակ կողմը: Այդ մոմենտն ընդունվում է մեքենան հիմքին ամրացնող դետալների կողմից:

Մեխանիկական բնութագրի էքստրեմումները կարելի է գտնել հավասարեցնելով՝

$$\frac{dM}{ds} = 0 :$$

Այդ դեպքում կրիտիկական սահքը ստացվում է՝  $S_4 = \pm \frac{r'_2}{\sqrt{r_1^2 + (x_1 + x'_2)^2}} :$

Տեղադրելով  $S_4$ -ն մոմենտի բանաձևի մեջ՝ կորոշենք մեքենայի առավելագույն մոմենտը՝

$$M_m = \pm \frac{Pm_1 U_1^2}{4\pi f_1 \left[ \pm r_1 + \sqrt{r_1^2 + (x_1 + x'_2)^2} \right]} :$$

Գրական նշանը վերաբերում է շարժիչային ռեժիմին, իսկ բացասականը՝ գեներատորայինին:

Ասինխրոն մեքենաներում  $r_1$ -ը համեմատաբար փոքր է, և այն կարելի է

անտեսել: Այդ դեպքում՝

$$M_m = \pm \frac{Pm_1 U_1^2}{4\pi f_1 (x_1 + x'_2)}$$

$$s_4 = \pm \frac{r'_2}{(x_1 + x'_2)} :$$

Այսպիսով, առավելագույն մոմենտը համեմատական է լարման քառակուսուն, հակադարձ համեմատական՝ ցրման ինդուկտիվ դիմադրություններին, առավելագույն մոմենտը գեներատորային ռեժիմում ավելի մեծ է քան շարժիչայինում:

Անվանական լարման դեպքում առավելագույն մոմենտի պատիկությունը (գերբեռնման ընդունակությունը)՝

$$K_m = \frac{M_m}{M_u} = 1,7 \div 3,0 ,$$

կրիտիկական սահիքը՝

$$s_k = 0,06 \dots 0,15 :$$

Եթե էլեկտրամագնիսական մոմենտի բանաձևի մեջ տեղադրենք  $S = 1$  , ապա կստանանք մոմենտի արժեքը թողարկման պահին, այսինքն թողարկման մոմենտը՝

$$M_p = \frac{Pm_1 U_1^2 r_2'}{2\pi f_1 [(r_1 + r_2')^2 + (x_1 + x_2')^2]} :$$

Թողարկման մոմենտը նույնպես համեմատական է լարման քառակուսուն:

Թողարկման մոմենտի պատիկությունը՝  $K_p = \frac{M_p}{M_u} :$

Թողարկման հոսանքի պատիկությունը՝  $K_h = \frac{I_{1p}}{I_{1u}} :$

### 3.9. Ասինխրոն շարժիչի կայուն աշխատանքի պայմանները

Ասինխրոն շարժիչի աշխատանքի հաստատված (կայուն) ռեժիմում ( $n_2 = const$ )՝

$$M = M_u ,$$

$M$  -ը պտտող էլեկտրամագնիսական մոմենտն է  $M_u$  -ն նաև միացված բեռի ստատիկ մոմենտը:

$$M_u = M_u$$

Աշխատանքի կայունացված ռեժիմում անվանական բեռի տակ՝  $S = S_u :$

Պտտման մեջ դրվող արտադրական մեխանիզմի՝  $M_u = f(s)$  մեխանիկական բնութագիրը:

Եթե շարժիչն աշխատում էր անվանական ռեժիմում ( $M_{\omega}, S_{\omega}$ ) և, այժմ տեղի է ունեցել ստատիկ մոմենտի մեծացում (բեռի մեծացում), այդ դեպքում կստացվի՝

$M_{\omega} < M_{\omega}$ , և ռոտորի պտտման արագությունը կսկսի փոքրանալ ( $S$ -ը կմեծանա): Բայց դա կբերի  $M$ -ի մեծացմանը, մինչև որ այն հավասարվի ստատիկ մոմենտին: Դրանից հետո շարժիչի աշխատանքի ռեժիմը նորից կդառնա կայուն, արդեն նոր  $M$ -ի և  $S$ -ի արժեքների դեպքում (նկ.3.24 *Б* կետ):

Նկ. 3.25(1)-ում պատկերված է ասինխրոն մեքենայի թողարկումը ստատիկ բեռի առկայությամբ  $M_{CT}$ :

Ստատիկ մոմենտի փոքրացման դեպքում՝  $M_{\omega} > M_{\omega}$  և ռոտորի պտտման արագությունը կսկսի մեծանալ ( $S$ -ը կփոքրանա): Դա կբերի  $M$ -ի փոքրացմանը մինչև որ այն հավասարվի ստատիկ մոմենտին, իհարկե, նոր  $M$ -ի և  $S$ -ի արժեքների դեպքում *с* կետ և շարժիչի աշխատանքը նորից կդառնա կայուն:

Այսպիսով, եթե  $S < S_{կ}$ , ապա շարժիչի աշխատանքը կայուն է: Այժմ դիտարկենք շարժիչի աշխատանքը, երբ  $S \geq S_{կ}$ :

Ենթադրենք՝  $S = S_{կ}$ ,  $M = M_m$  և, արդեն տեղի է ունեցել բեռի մեծացում: Բնական է, որ ռոտորի պտտման արագությունը կփոքրանա (սահքը կմեծանա,  $M$  մոմենտը կփոքրանա), իսկ դա կբերի սահքի հետագա մեծացմանը, և այսպես շարունակ՝ մինչև որ սահքը կհավասարվի մեկի ( $s = 1$ ), այսինքն՝ ռոտորը կանց կառնի:

Այսպիսով, ասինխրոն շարժիչի կայուն աշխատանքի համար անհրաժեշտ է, որ անվանական մոմենտը փոքր լինի առավելագույն մոմենտից՝

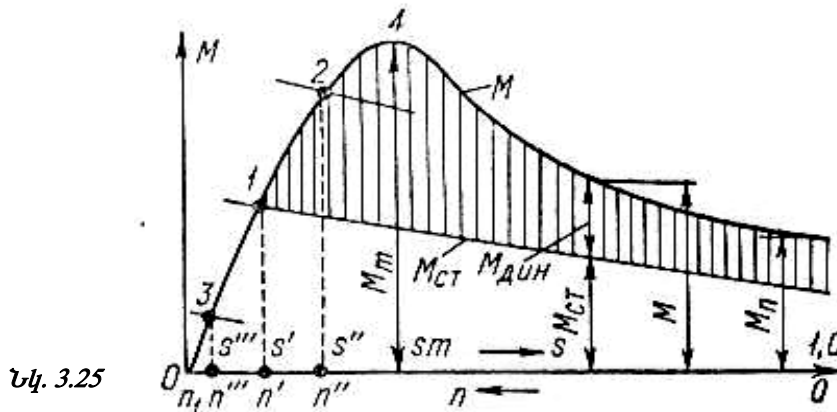
$$M_{\omega} < M_m ,$$

այսինքն՝

$$0 < s < s_{կ} :$$

Ասինխրոն շարժիչի աշխատանքը  $s < s_{կ}$  սահքերի դեպքում առավել շահավետ է, քանի որ փոքր սահքի արժեքները պայմանավորում են ռոտորի փաթույթում

փոքր էլեկտրական կորուստներ ( $P_{էլ2} = sP_{էլ}$ ) և, համեմատաբար՝ մեծ օ.գ.գ. և մեծ պտտման արագություն:



Նկ. 3.25

Ասինխրոն շարժիչի թողարկման և աշխատանքային ռեժիմի մոմենտների հարաբերակցության գրաֆիկական պատկերումը:

Նկ. 3.25-ից երևում է, որ  $M = M_{ՍՏ} + M_{ԴԻՆ}$ ,

$$M_{ԴԻՆ} = j \frac{d\Omega}{dt} = 2\pi j \frac{dn}{dt}$$

եթե  $n=0$ ,  $M_H > M_{ՍՏ}$ , ապա  $M_{ԴԻՆ} > 0$  և  $\frac{dn}{dt} > 0$

ռոտորը կպտտվի և նրա արագացումը կշարունակվի քանի դեռ  $M_{ԴԻՆ} = M - M_{ՍՏ} > 0$

1. կետում կհավասարվեն  $M = M_{ՍՏ}$  այդ դեպքում  $M_{ԴԻՆ} = 0$  և  $\frac{dn}{dt} = 0$

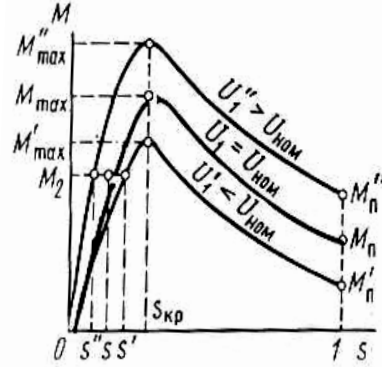
այս կետը կլինի շարժիչի կայուն աշխատանքային կետը:

### 3.10. Ցանցի լարման և ռոտորի փաթույթի ակտիվ դիմադրության ազդեցությունն ասինխրոն շարժիչի մեխանիկական բնութագրի վրա

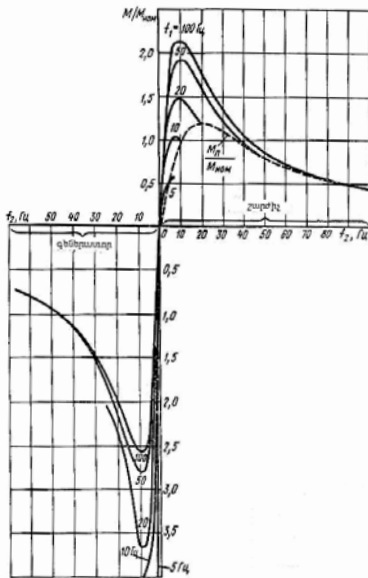
Ասինխրոն շարժիչի էլեկտրամագնիսական մոմենտը, ինչպես նաև մոմենտի առավելագույն և թողարկման արժեքները համեմատական են լարման քառակուսուն: Մյուս կողմից կրիտիկական սահմանի մեծությունը կախված չէ  $U_1$ -ից: Այս

դիտողությունները մեզ հնարավորություն են տալիս կառուցել մեխանիկական բնութագրեր՝ տարբեր լարումների համար (նկ.3.26):

Նկ.3.26-ից երևում է, որ տարբեր լարումների դեպքում փոփոխվում են ոչ միայն առավելագույն և թողարկման մոմենտները, այլև (որոշակի  $M_u$  ստատիկ մոմենտի արժեքի դեպքում) ռոտորի պտտման արագությունը ( $S_1, S_2, S_3$ ):



**Նկ.3.26 Ասինխրոն մեքենայի մեխանիկական բնութագրերի տեսքը**

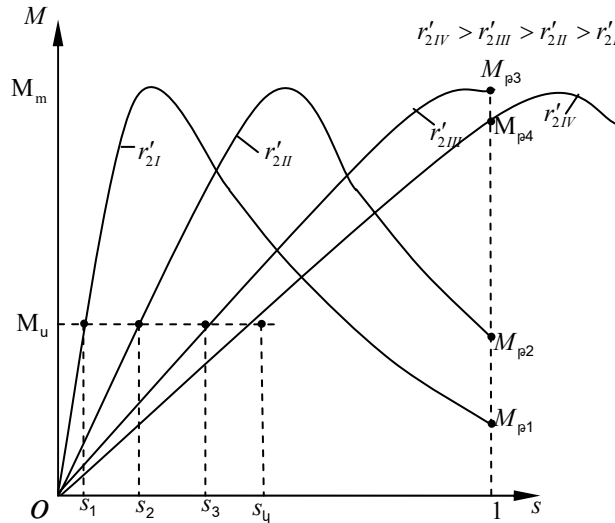


**Նկ. 3.27  $M=f(f_2)$  բնութագիրը, երբ  $U_1/f_1=const$   $f_1$ -ի տարբեր արժեքների դեպքում**

Առավելագույն մոմենտի բանաձևից երևում է, որ այն կախված չէ ռոտորի փաթույթի ակտիվ  $r'_2$  դիմադրությունից: Ինչ վերաբերում է կրիտիկական սահքին, ապա  $S_L$  -ն համեմատական է  $r'_2$  -ին:

Այսպիսով, եթե ասինխրոն շարժիչում ռոտորի փաթույթի ակտիվ դիմադրությունը մեծացվի, ապա  $S_4$ -ն կմեծանա,  $M_m$ -ը կմնա անփոփոխ: Ինչ վերաբերում է թողարկման մոմենտին, ապա այն կմեծանա մինչև մի որոշակի արժեք ( $M_p = M_m$ ), որից հետո  $r'_2$ -ի մեծացումը կբերի թողարկման մոմենտի փոքրացմանը (նկ.3.28):

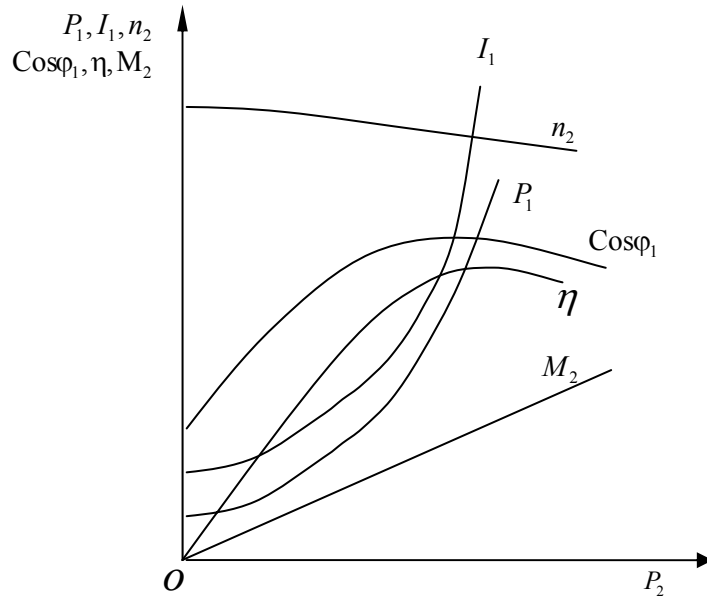
Նկ.3.28-ից երևում է, որ  $r'_2$ -ի մեծացումը (որոշակի  $M_u$  ստատիկ մոմենտի արժեքի դեպքում) բերում է ռոտորի պտտման արագության փոփոխությանը ( $S_1, S_2, S_3, S_4$ ):



**Նկ. 3.28. Ասինխրոն մեքենայի մեխանիկական բնութագրի տեսքը ռոտորի փաթույթի տարբեր ակտիվ դիմադրությունների դեպքում**

### 3.11. Ասինխրոն շարժիչի աշխատանքային բնութագրերը

Ասինխրոն շարժիչի աշխատանքային բնութագրերը  $P_1$  հզորության,  $I_1$  հոսանքի,  $\cos \varphi_1$  հզորության գործակցի,  $M_2$  լիսեռի վրա մոմենտի,  $n_2$  ռոտորի պտտման արագության և  $\eta$  օ.գ.գ.-ի կախվածությունն է  $P_2$  օգտակար հզորությունից (նկ.3.29.) անվանական լարման և հաճախության դեպքում:



**Նկ.3.29. Ասինխրոն շարժիչի մեխանիկական բնութագրի տեսքը ռոտորի փաթույթի տարբեր ակտիվ դիմադրությունների դեպքում**

Բեռի մեծացմանը զուգընթաց մեծանում են  $I_1$  և  $P_1$ -ը:  $\eta$  և  $\cos \varphi_1$ -ը հասնում են իրենց առավելագույն արժեքներին  $P_2 \approx 0,5 \div 0,8 P_{2w}$  դեպքում: Պարապ ընթացքի ժամանակ ( $P_2 = 0$ )՝  $s \approx 0$  և  $n_2 \approx n_1$ , իսկ մյուս մեծությունները ստանում են իրենց փոքրագույն արժեքները: Եթե ընդունենք, որ  $n_2 = const$ , ապա  $M_2 = f(P_2)$  կստացվի ուղիղ գիծ: Համեմատաբար մեծ բեռների դեպքում,  $\cos \varphi_1$  սկսում է փոքրանալ, քանի որ մեծանում է  $sX_2'$ -ը:

### 3.12. Ասինխրոն շարժիչի պարապ ընթացքի և կարճ միացման փորձերը

*ա) Պարապ ընթացքի փորձը:*

Այս դեպքում շարժիչը միացված է ցանցին, իսկ նրա լիսեռի վրա բեռը բացակայում է ( $P_2 = 0$ ):  $U_1 = U_w$  և  $f_1 = f_{1w}$  դեպքում չափում են պարապ ընթացքի հոսանքը ( $I_0$ ) և հզորությունը ( $P_0$ ), դրանից հետո որոշում են հզորության գործակիցը՝

$$\cos \varphi_0 = \frac{P_0}{m_1 U_1 I_0},$$

որտեղ  $U_1$ -ը և  $I_0$ -ն համապատասխանաբար մատուցվող լարման և պարապ ընթացքի հոսանքի ֆազային արժեքներն են:

$I_0$  և  $P_0$ -ի արժեքների ավելի ճշգրիտ որոշումների համար կառուցում են  $I_0$ ,  $P_0$ ,  $\cos \varphi_0 = f(U_1)$  կախվածությունը (նկ.3.30):  $U_1$  լարումը, սովորաբար, փոփոխում են  $0.5U_w$  մինչև  $1.2U_w$  սահմաններում:

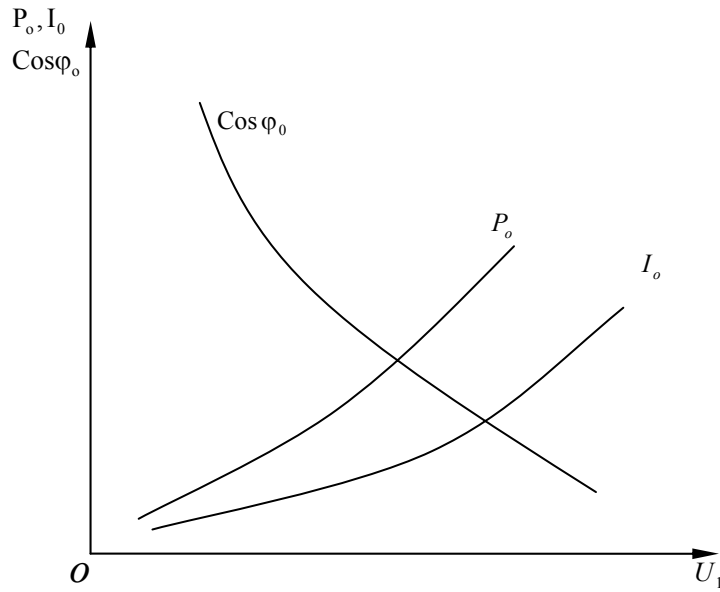
Նշենք, որ  $\cos \varphi_0$  հզորության գործակիցը լարման մեծացման դեպքում հազեցման պատճառով փոքրանում է, իսկ  $P_0$  հզորությունը մեծանում է՝ գործնականում լարման քառակուսուն համեմատական:

*բ) Կարճ միացման փորձը:*

Կարճ միացման փորձը կատարվում է, երբ երկրորդային փաթույթը կարճ է միացված, իսկ ռոտորն արգելակված է: Ստատորի փաթույթին մատուցվում է այնպիսի ցածրացված լարում, որ ֆազային հոսանքը ( $I_y$ ) չգերազանցի  $1,2I_{1w}$  հոսանքի արժեքը: Այս փորձի ժամանակ հանում են  $I_y$ ,  $P_y$ ,  $\cos \varphi_y = f(U_y)$  կախվածությունները (նկ.3.31):

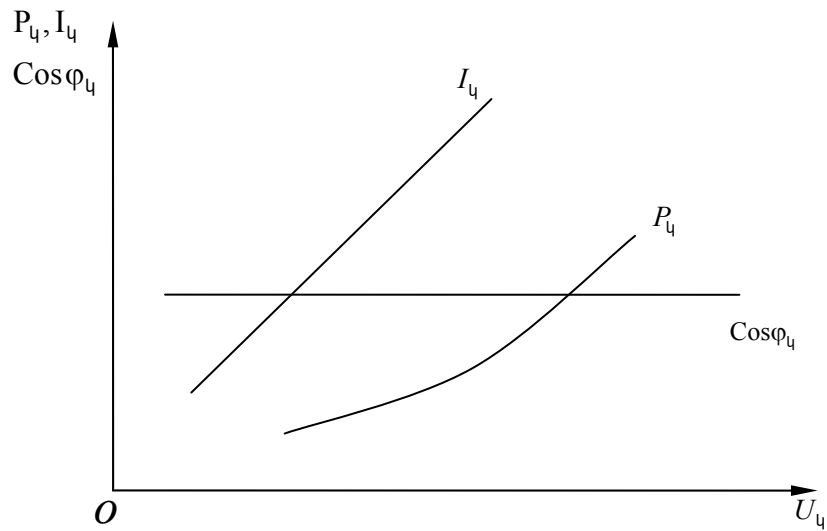
Ընդ որում՝ 
$$\cos \varphi_y = \frac{P_y}{m_1 U_y I_y} :$$

Քանի որ կարճ միացման փորձը կատարվում է ցածրացված լարման դեպքում, ապա շարժիչի մագնիսական շրթան հագեցած չէ և  $\cos \varphi_y \approx const$ :  $I_y$  հոսանքը լարումից կախված փոխվում է գծայնորեն: Կարճ միացման  $P_y$  հզորությունը ծախսվում է հիմնականում ստատորի և ռոտորի փաթույթներում էլեկտրական կորուստների վրա:



**Նկ.3.30. Ասինխրոն շարժիչի աշխատանքային բնութագրերի տեսքը**

Պողպատում կորուստները կարելի է անտեսել, քանի որ դրանք համեմատական են լարման քառակուսուն, իսկ լարումը կարճ միացման փորձի ժամանակ բավականաչափ փոքր է:



**Նկ.3.31. Ասինխրոն շարժիչի սլարապ ընթացքի բնութագրերը**

---

---

### 3.13. Ասինխրոն շարժիչի թողարկումը

Ասինխրոն շարժիչների թողարկման (գործարկման) հնարավոր եղանակների դիտարկման ժամանակ անհրաժեշտ է հաշվի առնել՝

1) Շարժիչը թողարկման ժամանակ պետք է զարգացնի այնպիսի թողարկման մոմենտ, որը բավարար լինի շարժիչի ռոտորը պտտելու համար:

2) Թողարկման հոսանքը պետք է սահմանափակված լինի այնպիսի արժեքով, որպեսզի տեղի չունենա շարժիչի վնասում և ցանցի նորմալ աշխատանքային ռեժիմի խախտում,

3) Թողարկման սխեման պետք է լինի հնարավորինս պարզ, իսկ թողարկման սարքավորման քանակը և արժեքը՝ փոքր:

***Ա. Կարճ միացված ռոտորով ասինխրոն շարժիչի թողարկումը***

***1) Ուղիղ թողարկում (նկ.3.32, ա):***

Այս դեպքում ստատորի փաթույթն անմիջապես միացվում է ցանցին (անվանական լարմանը):

Թողարկման հոսանքն այդ դեպքում՝  $I_p = (5...7)I_{1\omega}$  :

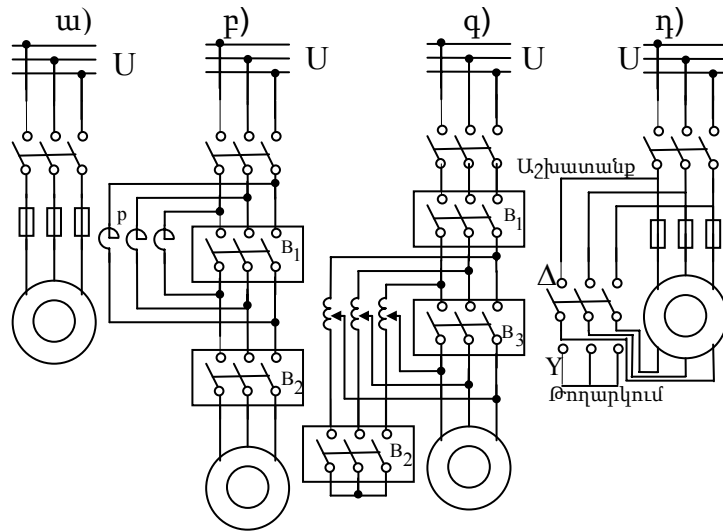
Եթե ցանցը բավականաչափ հզոր է, և շարժիչի թողարկման հոսանքը չի առաջացնում ցանցում անթույլատրելի լարման անկում, ապա ուղիղ թողարկումը հնարավոր է:

Գրականն այստեղ թողարկման պարզությունն է:

***2) Ռեակտորային թողարկում:***

Այս թողարկումն իրագործվում է ըստ 3.32բ սխեմայի:

Այս դեպքում սկզբից միացվում է *B1* անջատիչը, և շարժիչը եռաֆազ ռեակտորի (ինդուկտիվ կոճ) միջոցով ցանցից սնուցում է ստանում: Ռեակտորի  $X_p$  դիմադրությունը սահմանափակում է թողարկման հոսանքի մեծությունը: Երբ շարժիչը հասնում է իր նորմալ արագությանը, միացվում է *B2* անջատիչը, որը շունտում է ռեակտորին և շարժիչին մատուցվում է ցանցի լարումը:



**Նկ.3.32. Ասինխրոն շարժիչի կարճ միացման բնութագրերը**

**3) Ավտոտրանսֆորմատորային թողարկում:**

Այս թողարկումն իրագործվում է ըստ 3.32գ սխեմայի:

Սկզբում միացվում են  $B1$  և  $B2$  անջատիչները, և  $AT$  ավտոտրանսֆորմատորի միջոցով շարժիչին տրվում է իջեցված լարում: Շարժիչը որոշակի արագության հասնելուց հետո  $B2$  անջատիչն անջատվում է, և շարժիչը սնում ստանում է  $AT$  ավտոտրանսֆորմատորի փաթույթի մի մասից, որն այդ դեպքում աշխատում է որպես ռեակտոր: Այնուհետև միացվում է  $B3$  անջատիչը, որի հետևանքով շարժիչը ստանում է լրիվ լարում:

**4) Թողարկում «Y – Δ» փոխարկման միջոցով:**

Այս թողարկումը իրագործվում է ըստ 3.32դ սխեմայի:

Այսպիսի թողարկումը հնարավոր է այն դեպքերում, երբ ստատորի փաթույթի բոլոր վեց ծայրերը հանված են, և շարժիչը նորմալ աշխատում է ստատորի փաթույթի  $\Delta$ -աձև միացման ժամանակ:

Թողարկման ժամանակ ստատորի փաթույթը միացվում է  $Y$ -աձև, և, երբ ռոտորը հավաքում է իր արագությունը, փաթույթի միացումը փոխարկվում է  $\Delta$ -աձևի: Այսպիսի թողարկման դեպքում, ուղիղ թողարկման համեմատ, փաթույթի ֆազերի լարումը փոքրանում է  $\sqrt{3}$  անգամ, թողարկման մոմենտը՝  $(\sqrt{3})^2 = 3$  անգամ, փաթույթի ֆազերում թողարկման հոսանքը փոքրանում է  $\sqrt{3}$  անգամ:

Այսպիսի թողարկման հիմնական թերությունը (2-րդ և 3-րդ եղանակների համեմատ) այն է, որ փոխարկումների ժամանակ շարժիչի շղթան խզվում է, իսկ դա կարող է բերել գերլարումների առաջացմանը:

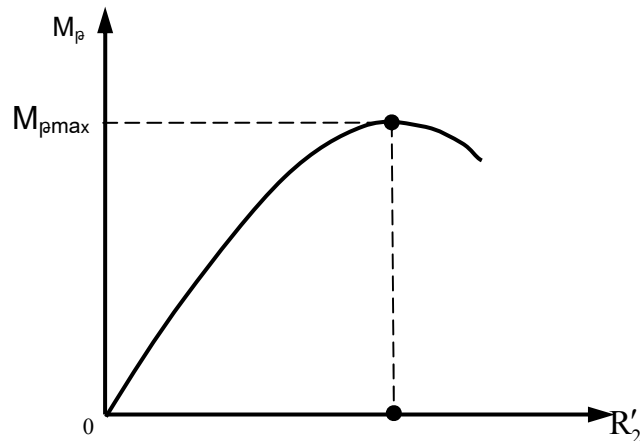
**Բ. Ֆազային ռոտորով ասինխրոն շարժիչի թողարկումը**

Այս շարժիչների թողարկման հոսանքը կարելի է փոքրացնել ռոտորի շղթայում լրացուցիչ ակտիվ  $r'_{լր}$  դիմադրություն մտցնելու միջոցով: Ընդ որում, վերոնշված եղանակով հնարավոր է ոչ միայն փոքրացնել թողարկման հոսանքը, այլև մեծացնել (որոշակի սահմաններում) թողարկման  $M_p$  մոմենտը:

Ռոտորի շղթային ընդհանուր ակտիվ դիմադրությունը այս դեպքում կլինի՝

$$R'_2 = r'_2 + r'_{լր} :$$

Թողարկման մոմենտի բանաձևում  $r'_2$ -ի փոխարեն տեղադրելով ռոտորի շղթայի ընդհանուր ակտիվ  $(r'_2 + r'_{լր})$  դիմադրությունը և տալով  $r'_{լր}$ -ին տարբեր արժեքներ՝ կարելի է կառուցել  $M_p = f(r'_2 + r'_{լր})$  կախվածությունը (նկ.3.33):



**Նկ.3.32. Կարճ միացված ռոտորով ասինխրոն շարժիչի թողարկման եղանակների սխեմաները**

Գժվար չէ նկատել, որ  $M_p = f(r'_2 + r'_{լր})$  կախվածության տեսքին կարելի էր հանգել նաև օգտվելով նկ.3.28-ից:  $r'_{լր}$ -ի ընտրումը կախված է բեռի մոմենտի մեծությունից: Օրինակ, համեմատաբար մեծ բեռի մոմենտի դեպքում  $r'_{լր}$ -ը պետք է

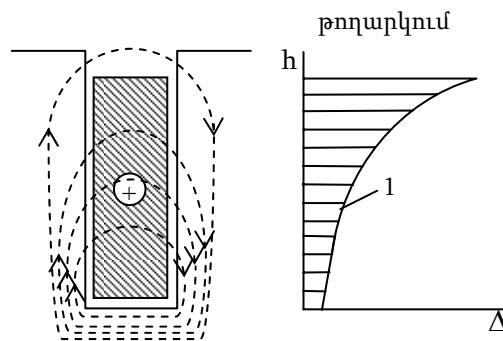
լինի այնպիսին, որպեսզի ապահովվի հնարավորին մեծ թողարկման մոմենտ: Համեմատաբար փոքր բեռի մոմենտի դեպքում  $r'_{լր}$ -ը ընտրելիս կարելի է արդեն հիմնական ուշադրությունը դարձնել թողարկման հոսանքի փոքրացման հնարավորությանը, իհարկե, ապահովելով անհրաժեշտ թողարկման մոմենտը:

### 3.14. Խորը փորակներով և երկվանդակ ասինխրոն շարժիչներ

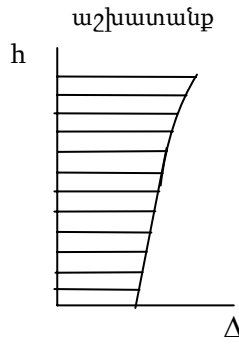
Կարճ միացված ռոտորով ասինխրոն շարժիչների թողարկման բնութագրերը կարելի է լավացնել՝ որոշ փոփոխություններ կատարելով ռոտորի կառուցվածքի մեջ: Այդպիսի շարժիչներից մեկը խորը փորակներով ասինխրոն շարժիչն է: Ռոտորի փորակներն արվում են բավականաչափ խոր, և դրանց մեջ տեղադրվում են պղնձյա կամ ալյումինե ձողեր, որոնք երկու կողմերից փակված են պղնձյա (ալյումինե) օղակներով:

Թողարկման պահին, երբ  $f_2 = f_1$  ձողի ներքևի մասի ինդուկտիվ դիմադրությունը շատ ավելի մեծ է, քան վերևի մասում, քանի որ ներքևի մասը կապված է ցրման դաշտի ավելի մեծ թվով ինդուկցիայի գծերի հետ, քան վերևի մասը և, գործնականում, ամբողջ հոսանքն անցնում է ձողի վերևի մասով (նկ.3.34): Դա համարժեք է ձողի կտրվածքի փոքրացմանը և ռոտորի փաթույթի ակտիվ դիմադրության մեծաց

մանը: Վերջինս բերում է մի կողմից թողարկման հոսանքի փոքրացմանը, իսկ մյուս կողմից՝ թողարկման մոմենտի մեծացմանը:

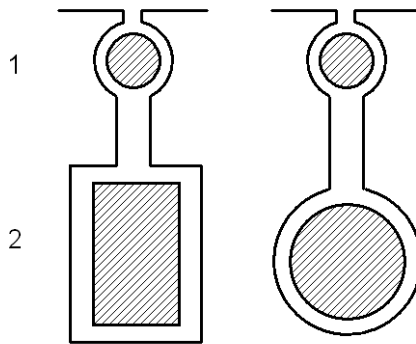


**Նկ.3.33. Թողարկման մոմենտի կախվածությունը ռոտորի շրջայի ընդհանուր ակտիվ դիմադրությունից**



**Նկ.3.34. Խորը փորակներով ասինխրոն շարժիչի փորակի կտրվածքը և հոսանքի խտության ( $\Delta$ ) բաշխումն ըստ ձողի բարձրության ( $h$ )՝ շարժիչի թողարկման և աշխատանքի դեպքում**

Ռոտորի արագության մեծացմանը զուգահեռ՝ ռոտորի հոսանքի հաճախությունը փոքրանում է, ձողում հոսանքի բաշխվածությունը դառնում է ավելի հավասարաչափ, ակտիվ դիմադրությունը փոքրանում է, և անվանական ռեժիմում արդեն հոսանքի դուրս մղման ազդեցությունը վերանում է (նկ.3.35): Թողարկման ավելի լավ հատկություններ ունեն, այսպես կոչված, երկվանդակաձևի ասինխրոն շարժիչները: Այսպիսի շարժիչի ռոտորն ունի երկու կարճ փակված փաթույթ (վանդակ), (նկ.3.35):



**Նկ 3.35. Երկվանդակաձևի ասինխրոն շարժիչի ռոտորի փորակի հաստույթը**

Վերևի (1) վանդակը թողարկման վանդակն է, իսկ ներքևինը՝ (2) աշխատանքայինը: Աշխատանքային վանդակն արվում է լատունից կամ բրոնզից, որոնց տեսակարար դիմադրությունը համեմատաբար մեծ է: Այդ վանդակի ինդուկտիվ դիմադրությունը մեծ չէ, քանի որ այն գտնվում է ռոտորի մակերևույթի մոտ: Բացի դրանից վերևից ու ներքևից ունի նեղ անցքեր: Աշխատանքային վանդակը, որն արվում է պղնձից և ավելի մեծ կտրվածքով, ունի համեմատաբար ավելի փոքր ակտիվ դիմադրություն: Աշխատանքային վանդակի ինդուկտիվ դիմադրությունը մեծ է

---

---

ստացվում հատկապես թողարկման ժամանակ, երբ  $f_2 = f_1$ : Շարժիչի թողարկման ժամանակ ռոտորի հոսանքը հիմնականում անցնում է վերևի վանդակով, որը բերում է թողարկման հոսանքի փոքրացմանը և մոմենտի մեծացմանը: Ռոտորի արագության մեծացմանը զուգահեռ,  $f_2$ -ը փոքրանում է, և երկու վանդակներում էլ հոսանքը բաշխվում է հավասարաչափ:

### 3.15. Ասինխրոն շարժիչի արագության կարգավորումը

Շարժիչների արագության կարգավորումը շահագործման տեսակետից կարևորագույն նշանակություն ունի:

Տարբերում են արագության կարգավորման հետևյալ եղանակները՝

- արագության կարգավորում ստատորի կողմից,
- արագության կարգավորում ռոտորի կողմից:

Ասինխրոն շարժիչների մոտ ստատորի կողմից արագության կարգավորումը հնարավոր է իրագործել՝

- 1) փոփոխելով շարժիչին մատուցվող լարումը ( $U_1$ ),
- 2) փոփոխելով զույգ բևեռների թիվը ( $p$ ),
- 3) փոփոխելով ցանցի հաճախությունը ( $f_1$ ):

Շարժիչին մատուցվող լարման փոքրացման դեպքում շարժիչի մոմենտը փոխվում է լարման քառակուսուն համեմատական, փոփոխվում են մեխանիկական բնութագրերը և կախված ստատիկ մոմենտի՝ սահքից կախվածության տեսքից, կստացվեն տարբեր աշխատանքային սահքեր, հետևաբար, տարբեր արագություններ (նկ. 3.26):

Արագության կարգավորումն այս դեպքում հնարավոր է  $0 < s < s_{\phi}$  սահմաններում:

Շարժիչին մատուցվող լարման փոփոխման միջոցով արագության կարգավորումը կիրառվում է հազվադեպ, քանի որ այն հնարավորություն չի տալիս արագությունը կարգավորել լայն միջակայքում և շահավետ չէ:

Զննարկենք զույգ բևեռների թվի փոփոխմամբ արագության կարգավորման գործընթացը:

---



---


$$\text{Ասինխրոն շարժիչի արագությունը՝ } n_2 = n_1(1-s) = \frac{60f_1}{p}(1-s) :$$

Գժվար չէ նկատել, որ տրված հաճախության դեպքում, բևեռների թվի փոփոխմամբ արագության կարգավորումը կունենա աստիճանաձև բնույթ:

Բևեռների թիվը կարելի է փոփոխել կամ ստատորի փորակներում տեղադրելով տարբեր բևեռների թվով երկու փաթույթներ, կամ տեղադրել մեկ փաթույթ, որի կառուցվածքը թույլ է տալիս ստանալ տարբեր թվով բևեռներ (փաթույթի միացման սխեմայի փոփոխման ճանապարհով):

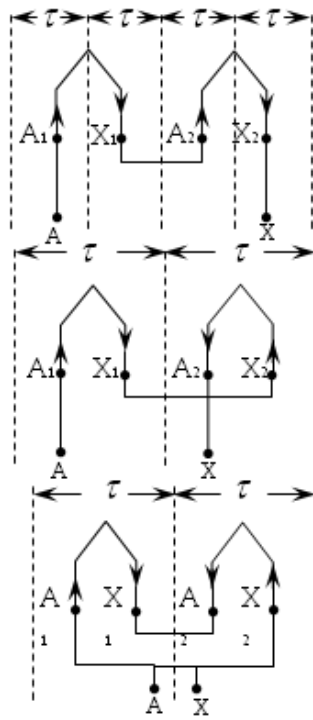
Եթե շարժիչը ֆազային ռոտորով է, ապա բևեռների թվի փոխարկումը պետք է կատարել ստատորում և ռոտորում միաժամանակ: Վերջին հանգամանքը հանգեցնում է շարժիչի ռոտորի կառուցվածքի բարդացմանը, որի պատճառով գործնականում բևեռների թվի փոփոխմամբ արագության կարգավորումն իրագործում են կարճ միացված ռոտորով ասինխրոն շարժիչներում:

Օրինակի համար պատկերենք քառաբևեռ փաթույթի՝ երկբևեռի փոխարկման սկզբունքային սխեմաները (մեկ ֆազի համար)՝ նկ. 3.36: Հաճախության միջոցով շարժիչի արագության կարգավորման դեպքում հնարավոր է արագությունը կարգավորել սահուն և լայն միջակայքում: Սակայն կարգավորման այս եղանակը հնարավոր է, եթե շարժիչը սնվում է հաճախության վերափոխիչի միջոցով:

Վերոհիշյալ եղանակով արագության կարգավորման դեպքում նպատակահարմար է մագնիսական հոսքը պահպանել հաստատուն: Նշենք, որ հոսքի մեծացումն առաջացնում է մագնիսական շղթայի հագեցում և մագնիսացնող հոսանքի մեծացում, իսկ հոսքի փոքրացումը՝ մեքենայի հնարավորությունների ոչ լրիվ օգտագործում:

Այդ իսկ պատճառով, հաճախության փոփոխման հետ միասին անհրաժեշտ է փոփոխել նաև լարումն այնպես, որ լարման և հաճախության հարաբերությունը

$$\text{մնա հաստատուն, նկ. 3.27՝ } \frac{U_1}{f_1} = const :$$



**Նկ.3.36. Բևեռների թվի փոխարկման սկզբունքային սխեմաները**

Արագության կարգավորումը ռոտորի կողմից կատարվում է ռոտորի շրթայի ակտիվ դիմադրության փոփոխման միջոցով և կիրառվում է ֆազային ռոտորով ասինխրոն շարժիչներում: Այս դեպքում ռոտորի շրթա է մտցվում կարգավորող ռեոստատ, որի դիմադրության փոփոխությամբ էլ իրագործվում է շարժիչի արագության կարգավորումը: Ընդ որում, դիմադրության մեծացումը բերում է ռոտորի պտտման արագության փոքրացմանը:

Կարգավորող ռեոստատը պետք է հաշվարկված լինի աշխատանքային երկարատև ռեժիմի համար, այդ իսկ պատճառով թողարկման ռեոստատները, որոնք հաշվարկվում են կարճատև ռեժիմի համար, չեն կարող ծառայել որպես կարգավորող ռեոստատներ:

Նշենք նաև, որ արագության կարգավորման այդ եղանակը կապված է ռոտորի շրթայում էլեկտրական կորուստների զգալի մեծացման հետ:

---

---

**4. ԱՍԻՆԽՐՈՆ ՄԵՔԵՆԱՆԵՐՈՒՄ ԵՎ  
ՏՐԱՆՍՖՈՐՄԱՏՈՐՆԵՐՈՒՄ ՀԱՃԱԽԱԿԻ ՀԱՆԴԻՊՈՂ  
ԱՆՍԱՐՔՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ, ԴՐԱՆՑ ՀԱՅՏՆԱԲԵՐՍԱՆ ԵՎ  
ՎԵՐԱՑՄԱՆ ԵՂԱՆԱԿՆԵՐԸ**

**4.1 Ասինխրոն մեքենաների հաճախակի հանդիպող անսարքությունները  
և դրանց վերացման եղանակները**

1. Ստատորի միջուկը հավասարաչափ բոլոր կողմերից գերտաքանում է, թեև շարժիչի բեռնվածքը անվանականից չի մեծանում:

- Սնող ցանցի լարումը անվանականից մեծ է.

• իջեցնել լարումը մինչև անվանական արժեքի թույլատրելի սահման, եթե դա հնարավոր չէ, ապա ուժեղացնել շարժիչի հովացումը, եթե դրանից հետո էլ գերտաքացումը չի նվազում և առաջանում է վտանգ շարժիչի անխափան աշխատանքի համար փոխել շարժիչը համանուն տիպի այլ շարժիչով կատարել այդ շարժիչի թերությունների հայտնաբերում և վերանորոգում:

2. Ասինխրոն շարժիչի ռոտորի միջուկի առանձին տեղամասում (տեղամասերում) նկատվում է գերտաքացում, ինչպես անվանական բեռնվածքի, այնպես էլ պարապ ընթացքի ռեժիմում:

- Միջուկի առանձին թիթեղների միջև առաջանում է տեղային կարճ միակցում, որը պայմանավորված է կամ ռոտորի արտաքին մակերևույթի մշակումից առաջացած ցլեպների առկայությունից կամ էլ մեքենայի աշխատանքի, հավաքման, մոնտաժման ժամանակ ռոտորի և ստատորի միջուկների հպումով.

• հեռացնել ցլեպները, կարճ միացման տեղը մշակել սուր գործիքներով, հեռացնել հպվող (մոտ գտնվող) թիթեղները և արանքը մեկուսիչ լաքով լաքապատել և չորացնել:

- Միջուկի ակտիվ մասը ձգող հեղյուսների (ձողերի, մանեկների և այլ ձգող կառուցվածքների) և միջուկի միջև առաջացել է միակցում:

• փոխել ձգող դետալների մեկուսացման ներդիրները և հեղյուսները նորով: Այս աշխատանքը կատարելու համար հաճախ անհրաժեշտություն է առաջանում մեքենայի ստատորի փաթույթի մասնակի կամ ամբողջ փաթույթի վերափաթաթում:

- Միջուկի ատամնային մասի թիթեղները առանձին տեղամասերում (տեղամասում) վառվել հալվել են, ստատոր փաթույթի կամ փաթույթի և իրանի միջև առաջացած կարճ միացման պատճառով:

---

---

• Հատել կամ կտրել փչացված մասը, այդ տեղամասի առանձին թիթեղների միջև տեղադրել բարակ էլեկտրաստվարաթուղթ կամ այլ մեկուսիչ նյութի թիթեղ և մեկուսիչ լաքով լաքապատել: Այսպիսի վերանորոգումը լավ արդյունք է տալիս, եթե կատարված է թիթեղների մեկը մյուսից լավ մեկուսացումը, որը հնարավորություն չի տալիս հետագայում նոր ներքին միակցումից, իսկ եթե այդպիսի տեղերը շատ են, ապա անհրաժեշտ է միջուկը նորից հավաքել, որ կապված է նաև ստատորի փաթույթի վերափաթաթմամբ, նոր պատրաստված միջուկը փորձարկել թիթեղների միացումների բացահայտման նպատակով, փորձարկումը կատարել պողպատում ինդուկցիան հասցնելով մինչև 10000 գաուս: Տեղային գերտաքացումներ չհայտնաբերելը պայմանավորում է լավ վերանորոգման արդյունքը:

3. Տեղի է ունենում ընդհանուր հավասարաչափ գերտաքացում ստատորի փաթույթում:

-Ստատորը գերբեռնված է, կամ խափանված է հովացման համակարգը:

• Եթե գեր բեռնավորվածության իջեցումը արդյունք չի տալիս, և հնարավորություն չկա բեռն իջեցնել կամ էլ այդ աշխատանքները կատարելուց հետո իրավիճակը չի փոխվում, հնարավոր է, որ շարժիչը նախատեսված լինի կարճատև աշխատանքային ռեժիմների համար:

- Ապահովել նախատեսված աշխատանքային ռեժիմ:

- Շարժիչի օդափոխման ճանապարհը խցանված է, մեքենայի միջուկը և փաթույթները ծածկված են ջերմամեկուսիչ նյութերով և փոշով: Այս երևույթը հաճախ հանդիպում է մանվածքի, կարի, ցեմենտի, թղթի, փայտամշակման արտադրամասերում և գործարաններում:

• Մեքենան մանրամասնորեն մաքրել և փչել խցանված տեղը ոչ մեծ ճնշման օդով: Փչելուց առաջ համոզվել, որ փչվող օդը մաքուր է, խոնավ և յուղոտ չէ: Փչման և մաքրման ժամանակ չօգտագործել սուր, ծակող, կտրող գործիքներ (հատկապես մետաղական) փաթույթի մեկուսացումը չվնասելու համար: Փչման ժամանակ հետևել, որ փոշին և կեղտը մեքենայից դուրս փչվի, այլ ոչ թե մեքենայի մի տեղամասից փչվի մեկ այլ տեղամաս:

-Մեքենայի պտտման ուղղությամբ թեք թևերով տեղադրված օդափոխիչն ընտրված կամ տեղադրված է ոչ ճիշտ դիրքով, որը տալիս է հովացնող օդի քանակի զգալի կրճատում:

• Փոխել շարժիչի պտտման ուղղությունը կամ էլ փոխել օդափոխիչի դիրքը լիսեռի վրա:

4. Շարժիչի ներանցիչների վրա լարումը ցածր է անվանականից, որի պատճառով շարժիչն անվանական հզորությամբ աշխատելու ժամանակ առաջանում է հոսանքի գերբեռնավորվածություն:

-Բարձրացնել լարումը մինչև անվանական կամ էլ փոքրացնել բեռը այնքան մինչև հոսանքը հավասարվի իր անվանական արժեքին:

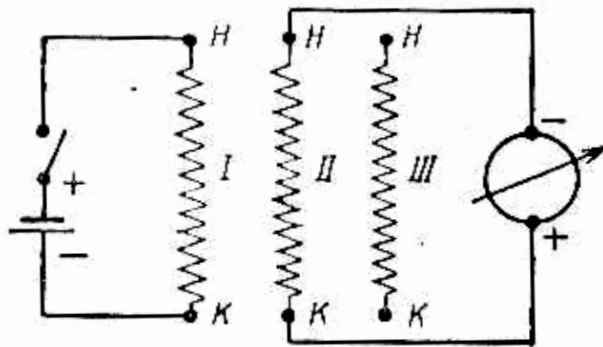
5. Շարժիչի փաթույթները միացված են աստղաձև, ստատորի փաթույթը տեղ-տեղ ուժեղ տաքանում է, հոսանքի ուժը տարբեր է փաթույթներում, շարժիչն ուժեղ աղմկում է և առաջացնում է ցածր պտտման մոմենտ:

-Ստատորի փաթույթներում կա միջգալարային կարճ միացում:

• Գտնել միջգալարային կարճ միացման տեղը և վերացնել թերությունը կատարելով փաթույթի տվյալ տեղամասի կամ, եթե հնարավոր չէ ամբողջ փաթույթի վերափաթաթում:

Մեկ ֆազային կոճերը կամ կոճը ճիշտ չէ միացված շրջված է: Այս երևույթը հաճախ հանդիպում է այն շարժիչների մոտ, որոնց 6 ներանցիչներն էլ հանված են ծայրերի միացման տուփ, պատճառը ծայրերի սկզբների և վերջերի սխալ միացումն է:

Ըստ սխեմայի կատարել ճիշտ միացում: Սովորաբար ներանցիչների ծայրերը համարակալված են (A.X, B.Y, C.Z) կամ  $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6$ , իսկ եթե այս նշագրումները չեն երևում կամ պատահաբար պոկվել են, ապա պետք է փորձնական եղանակով որոշել փաթույթների սկիզբը և վերջը: Փաթույթի ֆազաների սկիզբը և վերջը կարելի է որոշել միլիվոլտմետրի օգնությամբ: Դրա համար սկզբից մեզամետրով կամ այլ չափիչ սարքերով որոշվում է փաթույթների և ֆազաների պատկանող ծայրերը, այնուհետև մեկի ծայրերը անջատիչի միջոցով միացնում են հաստատուն հոսանքի աղբյուրին



Նկ. 4.1 Եռաֆազ փաթույթների միացման սխեմայի ստուգումը

---

---

որն ընտրում են այնպես, որպեսզի փաթույթով չհոսի մեծ հոսանք անջատիչի միացման պահին մյուս փաթույթներում կինդուկցվի էլշա, որի ուղղությունը կախված կլինի փաթույթի ծայրերի բևեռականությունից, որին միացված է հաստատուն հոսանքի աղբյուրը: Եթե պայմանականորեն ընդունել մի որևիցե փաթույթի ծայր որպես դրական և նրան միացնել հոսանքի աղբյուրի դրական բևեռը, իսկ պայմանական՝ վերջին բացասական բևեռը, ապա անջատիչի անջատման պահին մյուս ֆազաներում կլինի՝ + սկիբը և - վերջը, որը կարելի է որոշել ըստ միլիվոլտմետրի սլաքի շեղման, որը հերթականությամբ միացվում է մյուս 2 ֆազաների ծայրերին: Իսկ երբ անջատիչը միացվում է բևեռականությանը մյուս ֆազաների ծայրերին՝ կլինի հակառակը:

Այն դեպքում, երբ մեքենան ունի 3 ներանցիչ՝ ֆազային փաթույթների ճիշտ միացումը կարելի է ստուգել, եթե 2 ներանցիչները սնել ցածր լարման փոփոխական հոսանքով և վոլտմետրով չափել երրորդ ֆազայի ծայրի և ամեն մի սնող ծայրերի միջև, եթե միացումը ճիշտ է՝ այդ չափվող միացումները պետք է լինեն ցանցին միացված ծայրերի լարման կեսը և այս հարաբերությունը կպահպանվի ցանկացած մյուս ծայրերը ցանցին միացվածության դեպքում: Փորձը պետք է կատարել 3 անգամ, ամեն անգամ լարում տալով տարբեր զույգ ծայրերին: Եթե ֆազաներից մեկը սխալ է միացված, ապա երկրորդ փորձից հետո լարումը երրորդ ծայրի և ցանցին միացված ծայրերի միջև կլինի տարբեր: Կարճ միացված ռոտորով ասինխրոն շարժիչների փորձարկման դեպքում անհրաժեշտ է, որ փորձարկման լարման մեծությունը լինի անվանական լարան և  $\frac{1}{5}-\frac{1}{6}$  մասը, որպեսզի փորձի ժամանակ փաթույթները չտաքանան, իսկ ֆազային ռոտորով ասինխրոն շարժիչների փորձարկման ժամանակ պետք է ռոտորի փաթույթի ծայրերը իրարից անջատված լինի:

Ֆազային փաթույթներից մեկը հողակցված է 2 տեղով՝ գտնել հողակցման տեղը չափիչ սարքերի օգնությամբ: Բայց անհրաժեշտ է նշել այսպիսի կարճ միացումները մեծամասամբ ավարտվում են փաթույթների գերակշիռ մասի մեկուսացման շարքից դուրս գալուն (այրվել, հալվել և այլն) հիմնականում անհրաժեշտ է լինում վերափաթաթել ամբողջ փաթույթը, բացառիկ դեպքերում, երբ կարճ միացումը տեղի է ունենում փաթույթի ճակատային մասերում, ապա հնարավոր է, որ առանց ամբողջ փաթույթը քանդելու կատարել վերանորոգում:

---

---

- Կարճ միացում է կատարվել 2 ֆազաների միջև:

- Գտնել կարճ միացման տեղը, եթե ենթակա է վերանորոգման՝ վերանորոգել, եթե ոչ՝ վերափաթաթել ամբողջ փաթույթը կամ կոճային խումբը:

6. Ամբողջ փաթույթը հավասարաչափ տաքանում է՝ շարժիչի արագությունը ցածր է.

- մեքենան գերբեռնված է՝

կարգավորել բեռնվածքը, իջեցնել մինչև անվանական բեռնվածքի: Սնող ցանցի լարումը ցածր է անվանականից՝ կարգավորել սնուցման լարումը:

7. Ռոտորը, իսկ որոշ դեպքերում նաև ստատորը՝ գերտաքանում է, շարժիչը աղմկում է, ստատորի փաթույթի հոսանքները տատանվում են: Շարժիչը բեռի տակ հագիվ է թողարկվում և արագությունը չի հասնում անվանականին, պատման մոմենտը փոքր է անվանականից: Անսարքությունը պայմանավորված է շարժիչի փաթույթների միացման տեղերի անսարքություններով, իսկ ֆազային ռոտորով շարժիչներում նաև կոնտակտային օղակներով և խոզանակային հանգույցով, ինչպես նաև թողարկման ռեոստատի սխեմայով: Ստուգել ռոտորի փաթույթի բոլոր միացումները ըստ կարճ փակված օղակի՝ ձողերի և կարճ փակված օղակների միջև, ստուգել ձողերի ամբողջականությունը և այլն: Եթե արտաքին զննումով չի հայտնաբերվում՝ կատարել ռոտորի փաթույթների ստուգում՝ լաբորատոր պայմաններում:

Ֆազային ռոտորով ասինխրոն շարժիչների դեպքում անհրաժեշտ է ստուգել ներանցիչների փաթույթին միացման հանգույցները և կոնտակտային օղակները, անսարքությունները կարող են պայմանավորված լինի խոզանակային սարքվածքում կարճ միացումներից, խոզանակի և կոնտակտային օղակների միջև ոչ բավարար կոնտակտով, կոնտակտային ուժի թուլացմամբ կոնտակտային օղակի մակերևույթի աղտոտումով և այլն: Ոչ բավարար միացում կոնտակտային օղակների և թողարկման ռեոստատների միջև, ոչ բավարար կոնտակտ թողարկման ռեոստատի միացման սխեմայում և այլն:

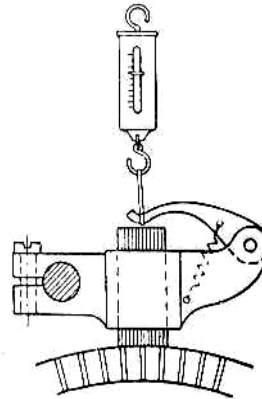
8. Ֆազային ռոտորով ասինխրոն շարժիչը առանց բեռի բաց ռոտորի փաթույթների դեպքում թողարկվում է: Բեռնավորվածության դեպքում շարժիչը թողարկվում է շատ դանդաղ և ռոտորը ուժեղ տաքանում է:

Անսարքությունը պայմանավորված է փաթույթի ճակատային մասերի կարճ միացումով (կալանդի տակ) կամ ռոտորի փաթույթը հողակցված է 2 տեղով: Ուշադիր զննել փաթույթի ճակատային մասերը, հայտնաբերման դեպքում հեռացնել հաղորդալարերն իրարից և կարճ միացման տեղը (տեղերը) մեկուսացնել, հողակցման տեղի ստուգում կատարել մեզամետրական չափումներով: Հայտնաբերված հողակցված կոճը փոխել կամ վերափաթաթել: Հողակցման տեղի մասնակի մեկուսացում ցանկալի արդյունք չի տա, քանի որ կարճ միացված փաթույթի մեկուսացումը կարճ միացումից հետո կորցնում է իր մեկուսիչ և մեխանիկական ամրության հատկությունները (ջերմային ազդեցության շնորհիվ), որը հղի է նոր կարճ միացումների առաջացմամբ:

9. Կոնտակտային օղակները և խոզանակը գերտաքանում է, պատճառները.

- 1) խոզանակների կայծարձակումը մեծ է թույլատրելի սահմանից,
- 2) խոզանակները կոնտակտային օղակներին սեղմվում են մեծ ուժով:

Անհրաժեշտ է կարգավորել սեղմող ուժի մեծությունը ըստ խոզանակների մակնիշի և տեխնիկական բնութագրերի



Նկ. 4.2

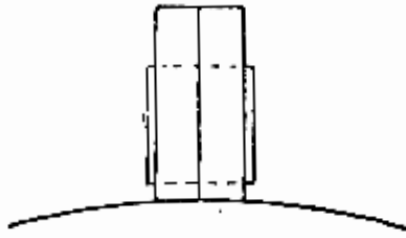
Կոնտակտային օղակների և խոզանակների գերտաքացումը կարող է առաջանալ նաև խոզանակների հանգույցի ոչ բավարար հովացման պատճառով: Սովորաբար գերտաքացումն ուղեկցվում է կայծարձակման մեծացմամբ, խոզանակների և կոնտակտային օղակների արագ մաշմամբ:

Մեծացնել օդափոխման ինտենսիվությունը տեղադրելով լրացուցիչ օդափոխիչ կամ եղած օդափոխիչը վերակառուցել (մեծացնել թևերը, կատարել փչվող օդի ուղղորդում և այլն), իսկ որոշ դեպքերում, երբ մեքենան հզոր է և, որի խոզանակների կտրվածքի մակերեսը մեծ է խոզանակների սահող մակերևույթի վրա՝ կատարվում

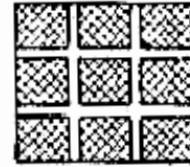
---

---

է ընդերկայնական և ընդլայնական ակոսներ 3 մմ խորությամբ և 1 մմ լայնությամբ կամ տեղադրել կրկնակի խոզանակներ: Ակոսների քանակը պայմանավորված է խոզանակի չափերից:



**Նկ. 4.3 Կրկնակի խոզանակներ**



**Նկ. 4.4 Ակոսներով խոզանակներ**

Կատարված ակոսները կուծեղացնեն օդափոխությունը, ինչպես նաև կհեռացնեն խոզանակների տակ առաջացած գազերը և վակումի առաջացումը: Այդպիսով նաև կմեծանա խոզանակների և օղակների մաշակայունությունը:

10. Շարժիչը չի թողարկվում՝ պատճառը կարող է լինել ստատորի փաթույթում հոսանքի բացակայությունը, որի պատճառը կարող է լինել ապահովիչների այրվելը կամ թողարկվող ապարատի անսարքությունը: Անհրաժեշտ է փոխել ապահովիչը (ապահովիչները) և վերանորոգել կամ փոխել թողարկման սարքը:

11. Շարժիչը չի թողարկվում, իսկ ձեռքով պտտեցնելուց հետո սկսում է աշխատել տատանումներով և աղմկում է:

Ֆազաներից մեկով հոսանք չի հոսում, որի պատճառը կարող է լինել սնող ցանցում կամ շարժիչի ներսում ֆազաներից մեկի կտրման (անջատվածության) պատճառով, եթե շարժիչի ծայրերը միացված են աստղային սխեմայով: Եթե ֆազաներից մեկը անջատվում է շարժիչի աշխատանքի ընթացքում, ապա շարժիչը շարունակում է աշխատել անվանական պտտման մոմենտով, բայց պտտման արագությունը զգալի ընկնում է, իսկ հոսանքներն այնքան են բարձրանում, որ համապատասխան պաշտպանիչ սարքավորումների բացակայության կամ նրանց անաշխատունականության դեպքում ստատորի փաթույթը կարող է վառվել: Այս անսարքության հայտնաբերման համար անհրաժեշտ է վոլտմետրով չափել ստատորի ելուստների վրա լարումը, եթե կտրված է ֆազաներից մեկը շարժիչում կամ սնող ցանցի

---

---

Ֆազաներից մեկը, ապա բոլոր 3 ֆազաներում լարումները կլինեն ոչ սիստեմատիկ, վերականգնել 3 ֆազ սնուցումը կամ վերանորոգել շարժիչի մեջ կտրված ֆազը:

12. Ֆազային ռոտորով ասինխրոն շարժիչը թողարկվում է ռոտորի փաթույթների անջատված (բաց) վիճակում.

- պատճառը կարող է լինել կարճ միացումը ռոտորում:

Անհրաժեշտ է նշել, որ հաճախ շարժիչները թողարկվում են նաև սարքին ռոտորի փաթույթների դեպքում, այդ պատման մոմենտը առաջանում է հիստերիզիսային կամ մրրկային հոսանքներից, ինչպես նաև ռոտորի փաթույթները ամրացնող հաղորդալարային լայն կալանդներից: Այդ դեպքում պտտող մոմենտը շատ փոքր է և այս դեպքում անհրաժեշտ չէ այլ թերություններ փնտրել, քանի որ շարժիչը լիովին սարքին է:

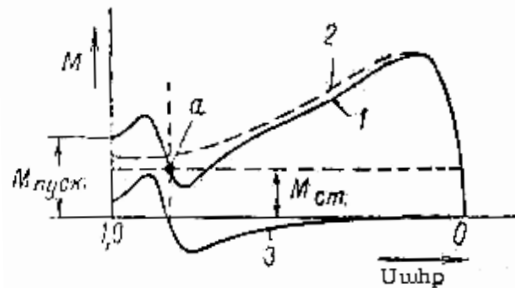
13. Կարճ միացված ռոտորով շարժիչը լավ է թողարկվում պարապ ընթացքի ռեժիմում, իսկ բեռնավորված վիճակում չի թողարկվում, պատճառը՝ թողարկման ժամանակ ստատիկ բեռի մեծությունն է, փոքրացնել ստատիկ բեռնվածքը թողարկման ընթացքում:

14. Կարճ միացված ռոտորով ասինխրոն շարժիչը թողարկումից հետո, պտտման արագությունը չի հասնում նոմինալին, այլ նոմինալից փոքր, ինչ որ արագությամբ կայուն աշխատում է՝ այդ արագությունը մի քանի անգամ փոքր է նոմինալից: Եթե այդ արագությունը կազմում է նոմինալի  $\frac{1}{7}$ ,  $\frac{1}{11}$ ,  $\frac{1}{13}$  մասը և այնպիսի կոտորակային

թիվ է, որ չի բաժանվում 3-ի ամբողջ թվով (հաճախակի այդ թիվը լինում է  $\frac{1}{7}$ ) և, եթե

ռոտորը ինչ որ այլ մեխանիզմի միջոցով ստիպողական պտտեցվի քիչ ավելի արագությամբ, ապա ռոտորը սկսում է արագությունը զարգացնել մինչև նոմինալ և այդ արագությամբ նորմալ աշխատում է, պատճառը օդային բացակում մագնիսական ինդուկցիայի բաշխվածության սինուսոիդալ կորի շեղվածությունն է սինուսոիդալից: Այդ շեղվածության հիմնական պատճառը կարող է հանդիսանալ ռոտորի և ստատորի փորակների թվի անհամաչափությունը տվյալ բևեռներով մեքենայի համար: Այդ դեպքում մագնիսական ինդուկցիայի կորում հայտնվում են ինդուկցիայի բարձր հարմոնիկաներ՝ 5, 7, 9, 13 կարգի: Այս հարմոնիկաները ստեղծում է տարածական պտտվող մագնիսական դաշտ, որոնց պտտման արագությունը

համապատասխանաբար 5, 7, 11, 13 անգամ մեծ է հիմնական հարմոնիկայի կողմից ստեղծած պտտման մոմենտից, բարձր հարմոնիկաների կողմից ստեղծած պտտող մոմենտները, շեղում են մոմենտի կորը և շարժիչի թողարկման ընթացքում կարող են ռոտորի վրա արգելակող մոմենտ առաջացնել:



**Նկ. 4.5 Ասինխրոն մեքենայի մոմենտի կորը բարձր հարմոնիկաների առկայությամբ**

Նկար 4.5-ում ցույց է տրված թե 7-րդ հարմոնիկան ինչպես է շեղում հիմնական պտտման մոմենտի կորը (1): Այս կորի թողարկման տիրույթում առաջանում է անկում, եթե այդ անկումը այնքան մեծ է, որ թողարկման մոմենտը կոր 2, որը զարգացնում է շարժիչը լինի ոչ բավարար ( $M_{\text{ճ.ճ.}}$ ) բեռի ստատիկ մոմենտը հաղթահարելու, ապա շարժիչի թափառքի ընթացքում, երբ հասնի  $a$  կետին կսկսի կայուն աշխատել  $\frac{1}{7}$ -րդ անգամ նոմինալ արագությունից փոքր արագությամբ: Այս նկարում 2-րդ կորը շարժիչի պտտման նորմալ կոր է, երբ բացակայում են բարձր կարգի հարմոնիկաները: Այս թերությունը (անսարքությունը) վերացնելու համար կամ պետք է վերափաթաթել ստատորի փաթույթն այնպես, որպեսզի վերանա ինդուկցիայի 7-րդ հարմոնիկան, որի համար պետք է կիրառել երկշերտ փաթույթ քայլի կարճեցումով մոտ  $\frac{6}{7}$ -ի չափով:

3 բնութագիր նկ. 4.5 ինդուկցիայի 7-րդ հարմոնիկայի կողմից ստեղծած մոմենտի կորն է:

15. Անվանական բեռնվածքով շարժիչը պտտվում է անվանական պտտման արագությունից ցածր արագությամբ:

- 1) Պատճառները կարող են լինել սնող ցանցի ցածր լարումը:
- 2) Չկա լիարժեք կոնտակտ ռոտորի շղթայում:

---

---

3) Մեծ է ռոտորի շրթայի դիմադրությունը:

4) Ստատորի փաթույթը միացված է ոչ թե եռանկյունաձև այլ աստղաձև սխեմայով:

Առաջին հերթին ստուգել սնող ցանցի լարումը, եթե ցածր է վերականգնել մինչև անվանական լարումը: Ստուգել փաթույթների միացման սխեման, եթե միացումը աստղային է, իսկ շարժիչի նոմինալ լարումը օրինակ տրված է 220/380, բայց ցանցի լարումը՝ 220 է, ապա կատարել փաթույթի սխեմայի վերամիացում աստղայինից եռանկյունաձևի: Ստուգել ռոտորի թողարկման ռեոստատ գնացող հաղորդալարերի (մալուխի) ջիդի կտրվածքը և հարաբերել ռոտորի հոսանքի հետ ելնելով հոսանքի  $\left(\frac{U}{\Delta d^2}\right)$  խտության  $J = \frac{I}{S}$  թույլատրելի միջակայքից ըստ նյութի (պղինձ, ալյումին և այլն), ստուգել նաև հաղորդալարի (մալուխի) երկարության վրա լարման անկման մեծությունը, անհրաժեշտության դեպքում կամ մեծացնել հաղորդալարի (մալուխի) ջիդի կտրվածքի մակերեսը կամ էլ մոտեցնել թողարկման ռեոստատը շարժիչին, կտրելով ավելորդ միջանկյալ հաղորդալարը (կատարել շարժիչ թողարկման ռեոստատ միացման հաղորդալարի կարճեցում):

16. Շարժիչը պտտման անվանական արագության կեսով կայուն աշխատում է և բարձր աղմկում (սուլում) առանձնապես թողարկման ժամանակ, եթե նա պտտվում էր նոմինալ արագությամբ, ապա այդ արագությամբ շարունակում է կայուն աշխատել, բայց երբ բեռը մեծանում է՝ արագությունը նորից ընկնում է մինչև անվանական արագության կեսը:

Պատճառը կարող է լինել ռոտորի ֆազաներից մեկի խզումը: Խզումը կարող է լինել ռոտորի փաթույթում, խոզանակային հանգույցում, թողարկման ռեոստատում: Անհրաժեշտ է գտնել խզման տեղը, վերանորոգել և միացնել:

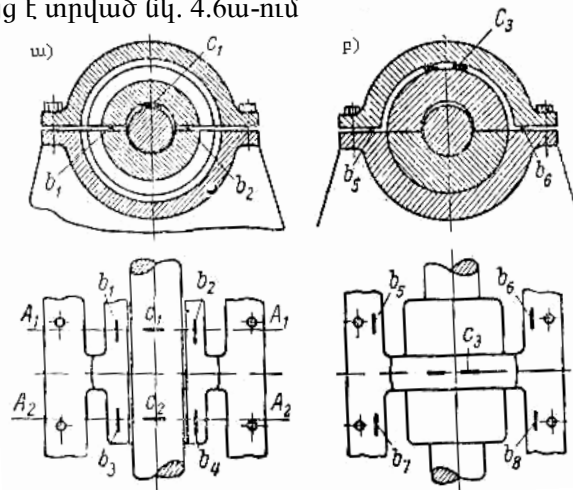
17. Շարժիչը լավ թողարկվում է և աշխատում է անվանական բեռնվածքով, բայց հոսանքը ֆազերում տարբեր են (մի ֆազայում 73% մեծ է, քան մյուս 2 ֆազերի հոսանքները) և շարժիչի արագությունը փոքր է անվանականից, ֆազաներից մեկը մնում է սառը: Պատճառը՝ ստատորի փաթույթների ֆազաներից մեկի խզումն է: Եռանկյունաձև միացման դեպքում ստացվում է բաց եռանկյունի և շարժիչը լավ է թողարկվում, բայց քանի որ աշխատում է միայն 2 ֆազայի փաթույթները՝ մեքենայի

հզորությունը փոքրանում է մինչև անվանական հզորության  $\frac{1}{3}$ -ը:

Շարժիչի տաքացումն այս դեպքում պայմանավորված է բեռնվածքով և անվանականից փոքր բեռնվածքների դեպքում ջերմաստիճանը չի բարձրանա: Գտնել խզման տեղը, եթե դա մեքենայի ներսում փաթույթի կոճի մեջ է, ապա կամ փոխել կորճը կամ վերափաթաթել մեքենայի փաթույթները:

18. Աշխատանքի ժամանակ շարժիչի ռոտորը և ստատորը հավում են իրար:

Այս անսարքության պատճառներ կարող են լինել ստատորի և ռոտորի միջև օդային բացակի խախտվածությունը, որը կարող է առայանալ առանցքակալների մաշվածության, առանցքակալային վահանների տեղաշարժի պատճառներով, առանցքակալային հենարանների ոչ ճիշտ տեղադրման, ռոտորի կամ ստատորի միջուկի դեֆորմացիայով կամ լիսեռի ծռմամբ: Ստուգել առանցքակալները, կատարել առանցքակալների և նրանց նստեցման տեղամասերի բացակների ստուգում: Մահրի առանցքակալների վերին ներդիրի և լիսեռի վզիկի միջև, բացակի ստուգումը սովորաբար կատարվում է կապարի 1,0 մմ տրամագծով և 40-50 մմ երկարության լարերի կտորներով: Լարի կտորները տեղադրվում է սահրի առանցքակալների ներդիրի 2 եզրային հարթությունների մեջ, ինչպես նաև լիսեռի վրա, ինչպես ցույց է տրված նկ. 4.6ա-ում



**Նկ. 4.6 Բացակի չափում.**  
*ա) լիսեռի վզիկի առանցքակալային ներդիրի միջև,*  
*բ) առանցքակալային կափարիչի և ներդիրի միջև*

---

---

Այնուհետև տեղադրում են վերևի ներդիրը և առանցքակալի կափարիչը և կատարում հեղյուսների ձգում, արդյունքում կապարի լարերը սեղմվում են և նրանց հաստությամբ որոշվում է լիսեռի և վերևի ներդիրի միջև բացակի չափը (տափակած կապարի հաստությունը չափվում է միկրոմետրով): Այդ բացակները  $a_1$  և  $a_2$ ;  $A_1A_1$  և  $A_2A_2$  հարթության մեջ կարելի է որոշել.

$$a_1 = c_1 - \frac{b_1 + b_2}{2}; \quad a_2 = c_2 - \frac{b_3 + b_4}{2}$$

որտեղ  $c_1$ ;  $c_2$ ;  $b_1$ ;  $b_2$  և  $b_4$  - համապատասխան հաղորդալարերի հաստությունն է,  $a_1$  և  $a_2$  տարբերությունը չափաք է գերազանցի 10%-ը: Կափարիչի և վերին ներդիրի միջև բացակը պետք է լինի ոչ ավել 0,05 մմ: Այս բացակը կարելի է որոշել նմանատիպ ձևով, կապարե հաղորդալարերի կտորները տեղադրելով, ինչպես պատկերված է

նկ. 4.6բ-ում: Բացակի մեծությունը կորոշվի. 
$$a_3 = c_3 - \frac{b_5 + b_6 + b_7 + b_8}{4}$$

որտեղ  $c_3$ ;  $b_5$ ;  $b_6$ ;  $b_7$ ;  $b_8$  - համապատասխան հաղորդալարերի հաստությունն է: Առանցքակալների ճակատային մասերի և լիսեռի թռիչքի ճակատային մասի միջև բացակը չափվում է արանքաչափիչով: Բացակի անհրաժեշտ չափը որոշելիս պետք է հաշվի առնել, որ ըստ յուղման հիդրոդինամիկական տեսական օրենքների, բացակի մեծացումը աշխատանքային պահանջներով պայմանավորված բացակից մեծ լինելու դեպքում, փոքրանում է յուղային սեպի կողմից առաջացրած բարձրացնող ուժը, միաժամանակ փոքրանում է նաև յուղման շերտը, որ փոքրացնում է առանցքակալի բեռնավորման հնարավորությունը և մեծացնում շփման կորուստները: Այդ պատճառով ոչ մեծ արագությունների ժամանակ, այսինքն դանդաղաշարժ մեքենաներում բացակը փոքր են անում, քան արագաշարժ մեքենաներինը, քանի որ այդ դեպքում յուղային սեպի կողմից առաջացրած անհրաժեշտ բարձրացնող ուժի համար անհրաժեշտ է փոքր բացակ և ինչքան մեծ է բեռնվածքը, այնքան պետք է փոքր լինի բացակը:

Չբանդվող առանցքակալների դեպքում (վռանային) ըստ լիսեռի տրամագծի և պտտման արագության աղյուսակ 2 տրված են անհրաժեշտ օդային բացակների չափերը:

Բացակր առանցքակալային վռանի և լիսեռի միջև

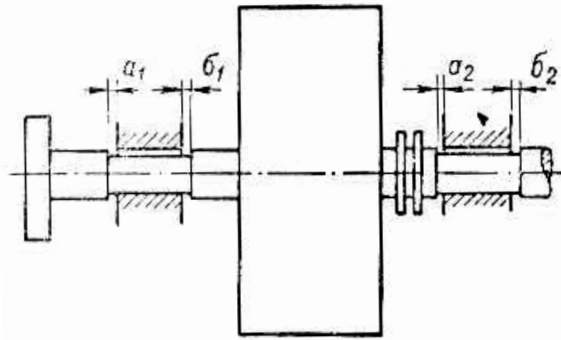
Լիսեռի տրամագիծը, մմ	Պտտման արագությունը		
	մինչև 1000	1000-1500	1500-ից բարձր
	Վերին բացակի տիրույթը		
18-30	0,04-0,093	0,060-0,130	0,14-0,280
30-50	0,05-0,112	0,075-0,160	0,170-0,340
50-80	0,065-0,135	0,095-0,195	0,200-0,400
80-120	0,080-0,160	0,120-0,235	0,230-0,460
120-180	0,100-0,195	0,150-0,285	0,260-0,530

Գնդիկային և հողվակային առանցքակալների բացակները չափվում են արանքաչափիչներով, չափումները պետք է կատարել չբեռնավորված տեղամասերում: Բացակները մինչև 25 մմ, 25-100 մմ և 100 մմ-ից մեծ տրամագծով լիսեռների դեպքում համապատասխանաբար չափետք է գերազանցի 0,1, 0,2 և 0,3 մմ-ից:

Նոր առանցքակալների օդային բացակը չափետք է գերազանցի համապատասխանաբար 0,01-0,1 մմ և 0,06-0,3 մմ:

Մեքենայի աշխատանքի ժամանակ մագնիսական ուժի ազդեցության տակ ռոտորը ձգում է ստատորի նկատմամբ և կազմում է այնպիսի դիրք, որպեսզի լինի ամենամեծ մագնիսական դաշտի թափանցելիության շղթան: Այդ կլինի այն դեպքում, երբ ստատորի և ռոտորի ակտիվ երկարությունները գրավեն հավասար դիրք, եթե այս պայմանը խախտված է ապա մեքենայի աշխատանքի ընթացքում ռոտորը կփորձի գրավել այդ դիրքը և, եթե բավարար բացակ ապահովված չէ, ապա առանցքակալի վրա կառաջանա առանցքային ուղղվածության ուժ, որը կարող է բերել ոչ միայն առացքակալների արագամաշման այլ նաև կառուցվածքային խախտումների: Այդ իսկ պատճառով առանցքակալների երկու ճակատային կողմերի բացակի մեծությունը պետք է որոշել ռոտորի համակենտրոն հավաքման ճշտությունից և ջերմային ընդարձակման պայմաններից ելնելով:

Մեքենայի սառը ժամանակ հավաքումը կատարում են այնպես, որպեսզի բացակը  $a_1$  և  $\delta_1$  լինեն մոտավորապես նույնը:

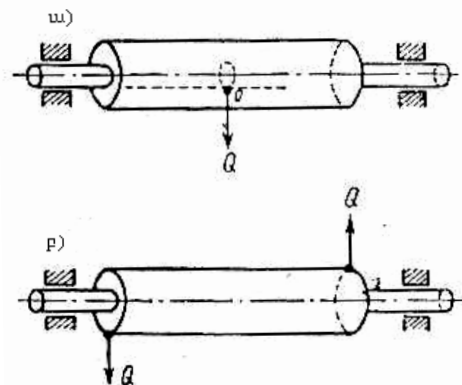


**Նկ. 4.7** *Լիսեռի առանցքային ուղղությամբ առանցքակալների և լիսեռի թռիչքի ճակատային մասի միջև բացակը*

Իսկ  $a_2$ -ը լինի մեծ  $b_2$ -ից, որպեսզի աշխատանքի ժամանակ մեքենայի տաքացումից առաջացած լիսեռի երկարացումից հետո  $a_2$  և  $b_2$  բացակները իրար հավասարվեն:

Լիսեռի և ռոտորի միջև հպումը, եթե կատարվել է այլ պատճառներով, օրինակ՝ բացակայում է հենոցի առանցքակալային վահանակի մեջ սևեռակը, ապա անհրաժեշտ է թուլացնել (հանել) առանցքակալային վահանը, օդային բացակը հավասարաչափ հավասարեցնել, ամրացնել ժամանակավոր ամրակներով, տեղադրել վահանը և սևեռակները, ձգել հեղյուսները և հանել ժամանակավոր ամրակները: Եթե ռոտորը հավասարակշռված չէ, որը ևս կբերի ռոտորի և ստատորի հպման աշխատանքի ժամանակ, ապա անհրաժեշտ է կատարել ռոտորի հավասարակշռում, որը կատարվում է երկու եղանակով՝ ստատիկ և դինամիկ:

Ստատիկ անհավասարակշռություն տեղի է ունենում այն ժամանակ, երբ մարմնի ծանրության կենտրոնը շեղված է պտտման առանցքից:



**Նկ. 4.8** *Լիսեռների անհավասարակշռվածությունը*  
*ա) ստատիկ, բ) դինամիկ*

---

---

Այս դեպքում պատվող ռոտորի վրա ազդում է Q անհավասարակշռված մի ուժ, որի պատճառով առանցքակալների վրա ազդում է 2 զուգահեռ շառավղային ուժեր: Եթե այսպիսի ռոտորը տեղադրվի հորիզոնական ամուր 2 հենարանների վրա, ապա նա կպտտվի և կգրավի այնպիսի դիրք, որի դեպքում ծանրության կենտրոնը կգտնվի պտտման առանցքից ներգև: Այսպիսով այս անհավասարակշռությունը կարելի է հայտնաբերել ստառիկ փորձարկումներով:

Դինամիկ անհավասարակշռությունը պայմանավորված է պտտվող մարմնի վրա առաջացած շառավղային իրար հակառակ ուղղված ուժերով նկ. 4.8բ, որի պատճառով առանձգակալների վրա ազդում է 2 պտտվող ուժեր մեծությամբ հավասար, իսկ ուղղությամբ՝ հակառակ ուղղված: Ծանրության կենտրոնը դինամիկ անհավասարակշռված մարմնի գտնվում է պտտման առանցքի վրա, այդ պատճառով անհավասարակշռությունը չի երևում պտտվող լիսեռի ստատիկ հավասարակշռման ժամանակ, այլ երևում է միայն պտտման ժամանակ, այդ պատճառով էլ կոչվում է դինամիկ անհավասարակշռություն:

Պրակտիկայում հաճախ այս 2 անհավասարակշռությունները հանդիպում են միաժամանակ: Դինամիկ անհավասարակշռումը ավելի ճշգրիտ է և բացահայտում է բոլոր տեսակի անհավասարակշռությունները, որ կատարվում է հատուկ հավասարակշռող սարքավորումների միջոցով: Էլեկտրական մեքենաների ռոտորների վրա նախատեսված են հատուկ տեղեր, որտեղ հավասարակշռման ժամանակ տեղադրվում են հակակշիռները (որոշ դեպքերում կատարում են նյութահանում):

Ոչ մի ռոտոր չի հանդիսանում բացարձակ պինդ մարմին և ծռվում է նրա վրա գործադրված չհավասարակշռված ուժից, եթե ռոտորի պտտման ժամանակ ազդող չհավասարակշռված ուժի հաճախականությունը համընկնում է ռոտորի սեփական տատանումների հետ, որը առաջացնում է ձգում, այդ արագությունը կոչվում է ռոտորի առաջին կրիտիկական արագություն: Երկար ռոտորների համար բացի առաջի կրիտիկական արագությունից գոյություն ունի նաև երկրորդ կրիտիկական արագություն՝ ռոտորի ավելի մեծ կրիտիկական արագություն, որը մեծ արագությունների ժամանակ առաջանում է ռոտորի ավելի բարդ տեսքի ծռվածքներ:

Եթե ռոտորի անվանական պտտման արագությունը փոքր է առաջին կրիտիկական արագությունից՝ ռոտորը կոչվում է չոր, իսկ հակառակ դեպքում՝ ճկուն:

Ճկուն ռոտորները պետք է հավասարակշռել առնվազն 3 հարթություններում: Միայն շատ կարճ ռոտորները, որոնց երկարությունը համեմատած տրամա-

---

---

գծին փոքր է, կարելի է հավասարակշռման հակակշիռները տեղադրել մեկ հարթության մեջ:

Միակողմանի ձգողական ուժ կառաջանա նաև, եթե ստատորի փաթույթում կա միջգալարային կարճ միացում կամ ճիշտ չեն միացված ստատորի ֆազաները:

Այս դեպքում կիսախտվի մեքենայի մագնիսական դաշտի սիմետրիկությունը և կառաջանա ռոտորի ձգող միակողմանի ուժ, որի պատճառով ռոտորը կձգվի խափանված տեղամասի հակառակ ուղղությամբ, քանի որ այդ տեղամասում մագնիսական դաշտը թուլացած է:

Անհրաժեշտ է վերը նշված մեթոդներով գտնել անսարք փաթույթը և վերանորոգել:

## 4.2 Առանցքակալների անսարքությունները

### 1. Առանցքակալների գերտաքացում.

ա) յուղի մատուցումը անբավարար է,

բ) յուղը կեղտոտված է,

գ) յուղի մեջ ջուր է լցվել,

դ) յուղը վատ է հովացվում,

ե) լիսեռի և առանցքակալային ներդիրի մեջ բացակը փոքր է,

զ) յուղը ճիշտ մակնիշի չի ընտրված,

է) լիսեռի վզիկի մակերեսը խորթուրդ է դարձել կամ այնտեղով հոսող հոսանքի կամ էլ աղտոտված յուղի պատճառով,

ը) առանցքակալի ձուլանյութը ճիշտ մակնիշի չի ընտրվել ըստ աշխատանքի պայմանների կամ խախտված է առանցքակալի ձուլման տեխնոլոգիան:

թ) առանցքակալների վրա բեռը հավասարաչափ չի բաշխված (միահեծան լիսեռների դեպքում),

ժ) շառավղային ուժը ասառանցքակալի վրա շատ մեծ է,

ի) առաջացել է առանցքային ուժ լիսեռի վրա կամ էլ առանցքակալի և լիսեռի թռիչքի ճակատային մասերի մեջ բացակը փոքր է,

լ) լիսեռը կամ լիսեռի ազատ ծայրը ծռվել է:

Վերը նշված այս բոլոր անսարքությունները բերում են առանցքակալների գերտաքացման, որն էլ իր հերթին բերում է առանցքակալների մաշակայունության փոքրացման: Այս անսարքությունների չվերացումը մեքենայի աշխատանքի ընթացքում կարող է առաջացնել.

- 
- 
1. մեքենայի գերտաքացման ,
  2. առանցքակալային հանգույցի խափանման,
  3. մեծ տատանումների առաջացման,
  4. մեքենայի և շարժաբեռի կցահանգույցի անսարքության,
  5. աղմուկի մեծացման և այլն:

Այս անսարքություններից խուսափելու համար անհրաժեշտ է ճիշտ կատարել մեքենաների շահագործման սպասարկման մոնտաժման և վերանորոգման աշխատանքները:

Եթե արհեստական եղանակով է կատարվում առանցքակալների յուղումը, ապա ժամանակ առ ժամանակ պետք է ստուգել յուղիչ մեքենայի (սարքավորման) աշխատանքը, հիմնականում յուղի ճնշումը առանցքակալի մուտքի մոտ, յուղման մեքենայում եղած յուղի որակը և մակնիշը (աղտոտվածությունը, ջրի պարունակությունը, յուղի մածուցիկությունը), իսկ եթե յուղման մեքենան ունի յուղի հովացման սարք, ապա նաև չափել սառեցնող սարքից դուրս եկող յուղի ջերմաստիճանը: Եթե ստուգումից պարզվում է, որ այս համակարգը աշխատում է նախատեսված պարամետրերի շրջանակում, ապա պետք է մանրամասն ուսումնասիրել առանցքակալային հանգույցը, որտեղ կարող են հանդիպել հետևյալ թերությունները՝ մաշված ներդիրների պատճառով յուղի արտահոսք, առանցքակալների մաշվածության և ախտոտվածության պատճառով առաջացած յուղի ճանապարհի փակվածություն: Այնուհետև պետք է ստուգել առանցքակալներով հոսանքի փակման շղթայի առկայությունը, առանցքակալների և լիսեռի վզիկի միջև բացակի թույլատրելի չափերի առկայությունը, լիսեռի տրամագծի չափերը, ըստ արտաքին շրջանագծի 4-6 հավասարաչափ բաշխված տրամագծերում, առանցքակալների և լիսեռի թռիչքի ճակատային մասերի բացակները, եթե վերը նշված այս բոլոր անսարքություններից ոչ մեկը չի բացահայտվում և չկա յուղի արտահոսք առանցքակալային հանգույցից, ապա թերությունը պետք է փնտրել մեքենայի տեղադրման և այլ մեխանիզմների հետ կցման, լիսեռների համակենտրոնացման (փոկային շղթայական գոտի) փոխանցումների դեպքում նրանց ձգվածության ուժը: Այս թերությունները ոչ միայն գերտաքացնում են առանցքակալային հանգույցը և փոքրացնում բոլոր շփվող մասերի մաշակայունությունը այլ նաև ծռում լիսեռները, կցորդիչային միացման ժամանակ կտրում միացման մատերը, իսկ շղթա-գոտի փոկ ձգվածությունը բերում է նաև արագ մաշմանը: Արդյունքում մեքենան աշխատում է մեծ թռթոցներով և անհամաչափ ձայնով:

Այս նշանների առկայության դեպքում պետք է առաջին հերթին ստուգել մեքենայի և բեռի լիսեռների համակենտրոնացումը, իրար միացված մեքենաները ճիշտ կաշխատեն այն դեպքում, եթե նրանց լիսեռները տեղադրված լինեն մեկը մյուսի նկատմամբ այնպես, որպեսզի նրանց կիսաշուրթերի ճակատային մասերը լինեն իրար զուգահեռ, իսկ լիսեռների առանցքները համընկնեն իրար և լինեն մեկը մյուսի շարունակությունը: Այս պահանջներից ելնելով լիսեռների տեղադրումը անվանում են լիսեռների համակենտրոնացում:

Լիսեռների բնական ծռումը անհրաժեշտություն է առաջացնում նրանց տեղակայել հորիզոնի նկատմամբ՝ ինչ որ թեքությամբ: Լիսեռների տեղակայումը կարելի է կատարել 2 եղանակով՝ առաջին դեպքում առանցքակալները պետք է տեղակայվեն այնպես, որպեսզի լիսեռի վզիկները կցորդիչի երկու կողմերում լինեն հորիզոնական (նկ. 4.9ա) և մակարդակը առանցքակալային վզիկների 2 և 3 տեղադրման կետերում ցույց տա զրոյական ցուցանիշ, այսինքն  $a_2 - a_3 = 0$  այս դեպքում 1 և 4 վզիկները կունենան որոշակի թեքություն, որի մեծությունը կախված կլինի լիսեռի կոշտության բնութագրով:

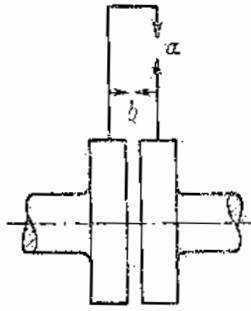


**Նկ. 4.9 Լիսեռների համակենտրոնացման սխեման**

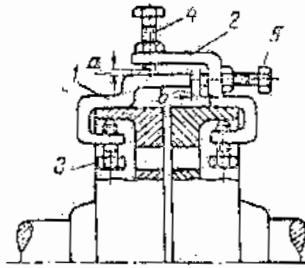
Երկրորդ եղանակը, երբ մեքենաներից մեկի լիսեռը (նկ. 4.9բ) I-ը տեղադրվում է հորիզոնական և այդ դեպքում 1 և 2 վզիկների մակարդակի ցուցանիշը ( $a_1$  և  $a_2$ ) միևնույնն է ըստ մեծության, բայց հակառակ ըստ նշանի, իսկ II լիսեռի վզիկի  $a_3$  մակարդակը պետք է լինի նույնը ինչ  $a_2$ -ը  $a_2 = Q_3$ , իսկ  $a_4$  ունի որոշակի թեքություն:

Երկու լիսեռների այսպիսի կցորդումը մեքենաների աշխատանքի ընթացքում առաջացնում է II լիսեռի կողմից ճնշում I մեքենայի լիսեռի վրա և համապատասխանաբար I մեքենայի առանցքակալների վրա: Այդ իսկ պատճառով պետք է ձգտել լիսեռների կցորդումը կատարել առաջին եղանակով:

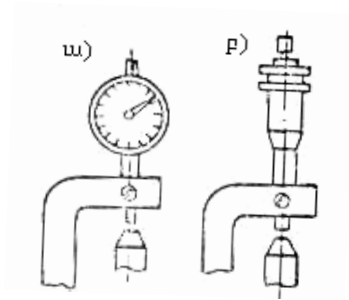
Լիսեռների համակենտրոնացման ստուգումը կատարվում է կցորդիչների կցաշուրթերին տեղադրելով երկաթակապեր, որոնք պատրաստվում են այնպես, որպեսզի հնարավոր լինի չափել կցաշուրթերի հավանական շեղածությունների բացակները ( $a_1$ ,  $b_1$ ) ուղղություններով: Հաճախ երկաթակապերի վրա տեղադրվում են չափիչ գործիքներ (միկրոմետր, ինդիկատորներ):



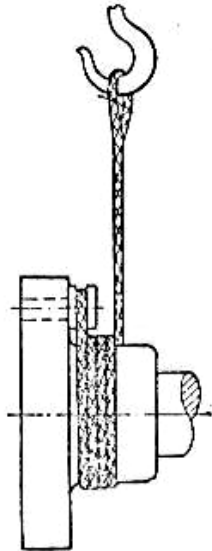
**Նկ. 4.10** Կիսաշուրթի վրա երկաթակապի տեղադրման սխեման



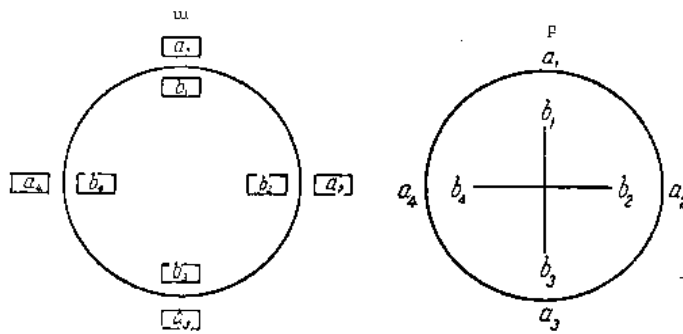
**Նկ. 4.11** Երկաթակապի տեղադրումը կիսաշուրթերի վրա



**Նկ. 4.12** Բացակի ստուգումը չափիչ սարքերով  
ա) ինդիկատորով,  
բ) միկրոմետրով



**Նկ. 4.13** Լիսեռի պատումն ամբարձիչ մեխանիզմով



**Նկ. 4.14** *Լիսենի համակենտրոնացման ժամանակ կատարված չափումների գրանցման սխեման*

Բացակի ճիշտ չափման չափորոշիչը հանդիսանում է հետևյալ հավասարությունները, կայացումը, նկ. (նկ. 4.14 ա, բ)

$$a_1 + a_3 = a_2 + a_4$$

$$b_1 + b_3 = b_2 + b_4$$

այսինքն շառավղային և առանցքային բացակների երկու իրար ուղղահայաց տրամագծերում պետք է լինեն իրար հավասար:

Մեքենաների լիսենների համակենտրոնացման ժամանակ կատարված չափումների արդյունքով (առանցքային և շառավղային) առանցքակալների տեղաշարժը պետք է կատարել ըստ հետևյալ հաշվարկի արդյունքների,

$$y_1 = \frac{a_1 - a_3}{2} + \frac{b_1 - b_3}{2} \cdot \frac{l_1}{r}$$

$$y_2 = \frac{a_1 - a_3}{2} + \frac{b_1 - b_3}{2} \cdot \frac{l_2}{r}$$

$$x_1 = \frac{a_2 - a_4}{2} + \frac{b_2 - b_4}{2} \cdot \frac{l_1}{r}$$

$$x_2 = \frac{a_2 - a_4}{2} + \frac{b_2 + b_4}{2} \cdot \frac{l_2}{r}$$

որտեղ.

$x_1$  և  $y_1$  - կցորդիչին մոտ գտնվող առանցքակալի հորիզոնական և ուղղահայաց տեղաշարժման չափն է

$x_2$   $y_2$  - երկրորդ առանցքակալի հորիզոնական և ուղղահայաց տեղաշարժման չափն է:

---

---

Եթե համակենտրոնացումը կատարվում է երկաթակապերով, ապա երկու լիսեռների համատեղ պտտման ( $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  և  $270^\circ$  կամ էլ  $0^\circ$ ,  $120^\circ$ ,  $240^\circ$ ) ժամանակ, եթե առանցքային շառավիղը կազմում է 250-300 մմ, ապա շառավիղային, ինչպես նաև առանցքային բացակների տարբերությունը մեկը մյուսի նկատմամբ չպետք է գերազանցի 0,03 մմ:

### 4.3 Տրանսֆորմատորի անսարքությունները

#### 1. *Տրանսֆորմատորը գերբեռված է:*

I ստուգել գերբեռնածության ռեժիմը: Տրանսֆորմատորն աշխատում է մշտական բեռնավորվածության ռեժիմում, գերբեռնավորումը կարելի է որոշել ամպերմետրով, իսկ այն տրանսֆորմատորները, որոնք աշխատում են անհավասարաչափ բեռնավորման գրաֆիկով, հանելով հոսանքի շուրջօրյա գրաֆիկը:

Տրանսֆորմատորները թույլատրվում են նորմալ գերբեռնավորման, կախված բեռի գրաֆիկից, միջավայրի ջերմաստիճանից և թերբեռնավորվածությունից (ամառվա ամիսներին): Բացի դրանից, բացառիկ դեպքերում (պահեստային տրանսֆորմատորի բացակայություն) թույլատրում է տրանսֆորմատորի վթարային բեռնվածքներով աշխատել անկախ միջայդ տրանսֆորմատորի ռեժիմների և միջավայրի ջերմաստիճանի: Անհրաժեշտ է բեռնաթափել տրանսֆորմատորը, զուգահեռ միացնել այլ տրանսֆորմատոր կամ անջատել քիչ պատասխանատու սպառիչներին:

#### II շատ բարձր տրանսֆորմատորային շինության ջերմաստիճանը:

Չափել տրանսֆորմատորային շինության ներսի օդի ջերմաստիճանը տրանսֆորմատորի բաքից 1,5-2 մ հեռավորության վրա տրանսֆորմատորի միջնամասում: Եթե այդ ջերմաստիճանը  $8-10^\circ\text{C}$ -ով բարձր է դրսի օդի ջերմաստիճանից, ապա ուժեղացնել տրանսֆորմատորային շինության օդափոխումը: Տրանսֆորմատորային շինության օդափոխումն ուժեղացնելու համար, որտեղ տեղադրված է 1000 ԿՎա և ավելի բարձր հզորության տրանսֆորմատոր, օգտագործում են օդը քաշող հատուկ խողովակներ: Սովորաբար տրանսֆորմատորային շինությունները հաշվարկում և կառուցում են այնպես, որպեսզի քաշող խողովակների և վերևի օդի ջերմաստիճանների տարբերությունը չգերազանցի  $15^\circ\text{C}$ :

III բավականին ցածր է տրանսֆորմատորի յուղի մակարդակը: Այս դեպքում յուղից դուրս գտնվող փաթույթի և միջուկի մասերն ուժեղ տաքանում են:

Համոզվել, որ տրանսֆորմատորից յուղի արտահոսք չկա, ավելացնել յուղը մինչև անվանական մակարդակ:

---

---

IV տրանսֆորմատորում կա ներքին անսարքություն: Միջգալարային կարճ միացում, միջֆազային կարճ միացում, առաջացել է կարճ միացված շղթաներ, միջուկը ձգող հեղուսների մեկուսացման անսարքություն, կարճ միացումներ ակտիվ մասի թիթեղների միջև:

Այս բոլոր թերությունները չէին կարող բերել տրանսֆորմատորի յուղի զգալի գերտաքացման, թեկուզ նրանք կարող են տրանսֆորմատորի առանձին տեղամասերի ջերմաստիճանը շատ ավելի բարձրացնել: Բայց նրանց հետագա զարգացումը կրերի տրանսֆորմատորային յուղի ջերմաստիճանի արագ բարձրացմանը: Ջերմաստիճանի այս բարձացումները կբերեն պաշտպանիչ գազային համակարգի աշխատանքի, որը կամ ազդանշան կտա, կամ էլ, եթե շարունակվի ջերմաստիճանի աճը, կանջատվի տրանսֆորմատորը:

*2. Տրանսֆորմատորից լսվում է ոչ նորմալ ձայն::*

I Մագնիսալարի մամլված թիթեղները թուլացել են:

Չզել մամլիչ հեղուսները:

II Խախտվել է մագնիսայուղերի կցատեղերի մամլվածությունը (թուլացել է):

Ժամանակի ընթացքում, մագնիսալարի թրթռոցի պատճառով թուլացել են սեղմիչ (հեղուսները, ձողերը, մանեկները և այլն), որի պատճառով մեծացել է կցատեղերի բացակը և թուլացել է թիթեղների սեղմող ուժը կամ ընդհանրապես այդ ուժը չկա, որը բերել է ձայնի ուժեղացմանը:

Մագնիսալարը վերամամլել, ձգել բոլոր ձգող դետալները փոփոխելով վերևի և ներքևի կցատեղի միջնադիրները:

III Եզրային թիթեղները թրթռում են:

Էլեկտրաստվարաթղթի միջոցով ամրացնել թիթեղները (խրելով միջթիթեղային տարածքը էլեկտրաստվարաթուղթ):

IV Թուլացել են տրանսֆորմատորի կափարիչի ամրացման հեղուսները և այլ դետալները (մասերը):

V Տրանսֆորմատորը գերբեռնած է կամ էլ ֆազային բեռնվածքները զգալի տարբերվում են (սիմետրիկ չէ):

Կարգավորել բեռնվածքը կամ էլ փոքրացնել սիմետրիկ բեռը:

VI Տրանսֆորմատորում կա միջֆազային և միջգալարային կարճ միացում:

Վերանորոգել փաթույթը:

VII Տրանսֆորմատորն աշխատում է բարձր լարումով:

Լարման կարգավորիչի միջոցով կարգավորել լարումը:

---

---

3. Տրանսֆորմատորի մեջից ճաթոցի ձայն է լսվում:

I Գերլարումից առաջացել է վերածածկում փաթույթների մեջ կամ ելուստների և իրանի միջև:

Կատարել զննում, հայտնաբերել թերությունը և վերանորոգել:

II Հողանցումը կտրվել է:

Տրանսֆորմատորի ակտիվ մասը և մագնիսալարի բոլոր մասերը հողակցվում են, այսինքն՝ միակցում են հողին տրանսֆորմատորի կափարիչի և բաքի միջոցով, որպեսզի առաջացած էլեկտրաստատիկ լիցքերն սցնեն հողին: Հողանցման կտրման դեպքում կարող է առաջանալ լիցքեր, որոնք մի մետաղական մասից անցնելով մեկ այլ տեղամաս, առաջացնում են ճաթոց:

Վերականգնել հողակցումը բոլոր տեղամասերում, ոչ ճիշտ միացման դեպքում կարող է առաջանալ շղթա, որում կառաջանա հոսանք:

4. Փաթույթի մեկուսացման ծակում և խզում:

I Փաթույթի և իրանի միջև մեկուսացման ծակում բարձր և ցածր լարման փաթույթների միջև կամ էլ ֆազաների միջև:

ա) առաջացել է գերլարածություն, պայմանավորված կայծակի, վթարի կամ էլ կոմուտացիոն պրոցեսների ժամանակ,

բ) կտրուկ իջել է տրանսֆորմատորային յուղի որակը,

գ) իջել է յուղի մակարդակը,

դ) մեկուսացումը ենթարկել է բնական մաշվածության,

ե) արտաքին կարճ միացումների ժամանակ, ինչպես նաև տրանսֆորմատորի ներսում եղած կարճ միացումներից առաջացել է էլեկտրադինամիկական լարվածություն:

Անհրաժեշտ է նշել, որ գերլարումների ժամանակ կարող է ոչ թե մեկուսացման ծակում առաջանալ, այլ միայն առաջանա վերածածկում ֆազաների կամ էլ փաթույթի և իրանի միջև:

Վերածածկման պատճառով սովորաբար առաջանում է միայն մի քանի գալարների արտաքին մասի հալում և առաջանում է մրոտում հարևան գալարների վրա, փաթույթների, ֆազերի և փաթույթների իրանի տեղամասերում լավ կոնտակտային միացում չի առաջանում:

Փաթույթի մեկուսացման ծակում կարելի է հայտնաբերել մեզամետրի միջոցով: Բայց որոշ դեպքերում այդ տեղամասերը չի երևում, այդ իսկ պատճառով անսարքության տեղը կարելի է հայտնաբերել, կատարելով տրանսֆորմատորի փորձարկում՝ բարձր լարումով:

Վերանորոգել փաթույթը, իսկ անհրաժեշտության դեպքում նաև փոխել տրանսֆորմատորային յուղը:

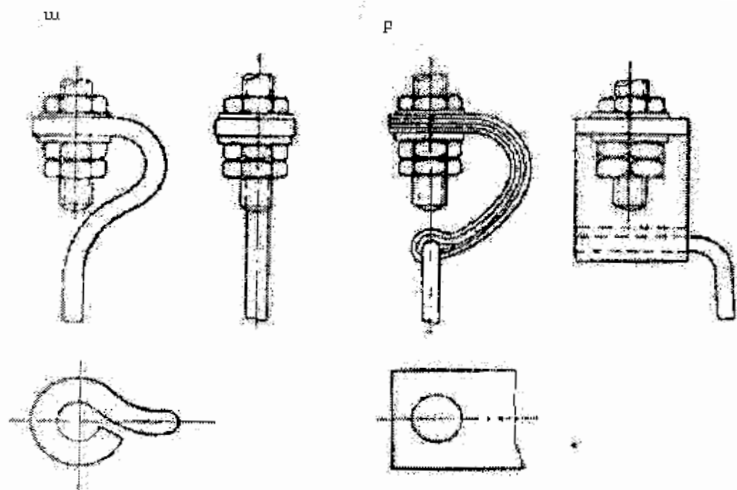
II Փաթույթներում կա խզում:

Խզման կամ վատ կոնտակտի դեպքում հաղորդալարերի մի մաս հալվում կամ վառվում են, անսարքությունը հայտնաբերվում է գազերի առաջացմամբ կամ գազային ռելեի գործարկմամբ, կամ նրա ազդանշանով ու տրանսֆորմատորի անջատումով:

ա) փաթույթների միացման գոդումները վատ են կատարված,

բ) հաղորդալարերում կա վնասված տեղամաս (տեղամասեր) փաթույթի ծայրերի և ելուստների միջև,

գ) ինչպես տրանսֆորմատորի ներսում, այնպես էլ դրսում կատարված կարճ միացումներից առաջացած էլեկտրողինամիկական ուժերից, խզումը կարելի է հայտնաբերել ամպերմետրի կամ մեգամետրի միջոցով, որոշ դեպքերում անհրաժեշտ է փաթույթը բաժանել մասերի: Շատ հաճախ խզումը հայտնաբերվում է փաթույթների միացման հեղյուսների տակ, որտեղ հաղորդալարերի ծայրերը կլորացվել է նկ. 4.15ա-ում:



Նկ. 4.15 Ներանցիչներ.

ա - կլոր հաղորդալարերից, բ - պղնձյա ժապավեններից

Վերանորոգել փաթույթը, որպեսզի բացառվի նոր խզումներ, անհրաժեշտ է հոծ հաղորդալարերի կլորացման տեղամասերը փոխարինել ճկուն հաղորդալարերով (փոխարինել պղնձյա բազմաժապավենային հաղորդալարերով) նույն կտրվածքի մակերեսի օղակային կամ հարթ ծայրակալներով (նկ. 4.15բ):

---

---

*5. Գազային պաշտպանիչի աշխատանքը:*

Գազային պաշտպանիչն իրենից ներկայացնում է շատ զգայուն պաշտպանիչ սարք, որը պաշտպանում է տրանսֆորմատորային ներքին անսարքություններից և ոչ նորմալ աշխատանքային ռեժիմներից: Այս պաշտպանիչը կախված տրանսֆորմատորի մեջ առաջացող գազի ինտենսիվությունից գործարկվում է՝ տալով կամ ձայնային ազդանշան, կամ էլ անջատման որոշ դեպքերում երկուսը միասին:

I Գազային պաշտպանիչը գործարկվել է և տալիս է ազդանշան.

ա) տրանսֆորմատորի ներում առաջացած անսարքության պատճառով տեղի է ունեցել թեթև գազանջատում,

բ) գազի մաքրման կամ լվացման ժամանակ տրանսֆորմատորի մեջ օդ է մտել,

գ) յուղի ցուցիչի մակադակը կամաց ընկնում է ջերմաստիճանի ցածրցմանը զուգընթաց կամ էլ տրանսֆորմատորի բաքից յուղ է թողնում:

II Գազային պաշտպանիչը գործարկվել է, տալիս է ձայնային և անջատման ազդանշան, պատճառը կարող է լինել տրանսֆորմատորի ներքին անսարքությունը, որն ուղեկցում է ուժեղ գազանջատումով.

ա) կարճ միացում է առաջացել առաջնային կամ երկրորդային փաթույթների գալարների միջև:

Այս վթարը կարող է առաջանալ տրանսֆորմատորների ներանցիչների և ներքին փաթույթների միացման տեղերի ոչ բավարար մեկուսացումից կամ մեկուսացման մեխանիկական վնասվածքից, բնական մաշվածությունից, յուղի մակարդակի իջեցման պատճառով փաթույթները յուղի շերտից դուրս մնալու պատճառով:

Կարճ միացված գալարներով հոսում է մեծ հոսանքներ (այս դեպքում ֆազային հոսանքները կարող է նաև աննշան մեծանալ), գալարների մեկուսացումն արագ վառվում է, շատ դեպքերում գալարներն էլ են վառվում, փչացնելով հարևան գալարների մեկուսացումը: Այս վթարի զարգացումը կարող է բերել միջֆազային կարճ միացման, եթե կարճ միացված գալարների թիվը շատ է, ապա կարճ ժամանակահատվածում տրանսֆորմատորային յուղն ուժեղ տաքանում է, անգամ կարող է հասնել եռման ջերմաստիճանի:

Եթե բազային պաշտպանիչ ռելե չլինի կամ նա չաշխատի (ինչ-ինչ պատճառով), ապա տեղի կունենա յուղի մեծ արտահոսք, ընդարձակիչի պաշտպանիչ խցանով, ուղեկցող յուղային գոլորշիներով:

Միջգալարային կարճ միացումը ոչ միայն գերտաքացնում է յուղը և մեծացնում ֆազային հոսանքը, այլ նաև փոքրացնում է ֆազային հոսանքը (ակտիվ) դիմադրությունը:

---

---

բ) Առաջացել է միջֆազային կարճ միացում և արագ զարգանում է: Այս դեպքում կարող է առաջանալ յուղի արտահոսք՝ ընդարձակելով կամ էլ յուղի հովացման խողովակների հովացման խողովակների վրա տեղադրված պաշտպանիչ խողովակի դիաֆրագմայից:

գ) Առաջացել է կարճ միացված շղթա՝ տրանսֆորմատորի միջուկը ձգող հեղյուսների մեկուսացման անսարքության պատճառով, հեղյուսները և նրան կից ակտիվ մասի միջուկի թիթեղները կարող են վնասվել:

դ) Մագնիսալարի թիթեղների միջև առաջացել է միացումներ, որի պատճառը կարող է լինել միջթիթեղային մեկուսիչի վնասվածքը, բնական մաշվածությունը, մեկուսացման ծեղացումը և այլն: Այս անսարքության պատճառով առաջանում են զգալի մեծ մրրկային հոսանքեր, որոնք առաջացնում են զգալի մեծ տեղային գերտաքացում, մագնիսալարում, որը ժամանակի ընթացքում կրեթի պողպատի տեղային այրման կամ հրդեհի:

Անհրաժեշտ է նշել, որ պրակտիկայում հանդիպում են դեպքեր, երբ գազային պաշտպանիչ կեղծ ազդանշան է տալիս որի պատճառը կարող է հանդիսանալ երկրորդային կոմուտացիոն շղթային անսարքությունը:

Քանի որ ֆազային պաշտպանիչ գործարկումը կարող է լինել բազմաբնույթ և բազմատեսակ գործոնների ազդեցությունից, ապա մինչև անսարքությունների վերացման աշխատանքներին անցնելն անհրաժեշտ է ճշտել գազային ռելեի գործարկման պատճառը, որի համար անհրաժեշտ է պարզել, թե էլ որ պաշտպանիչ սարքերն են աշխատել, կատարել գազի հետազոտում, որը կուտակվել է գազային ռելեում, որոշել նրա գույնը, քանակը և քիմիական բաղադրությունը:

Որպեսզի որոշել գազի վառվելաունակությունը, անհրաժեշտ է գազային ռելեի վերևի փականին մոտեցնել վառվող լուցկի և բացել փականը: Գազի վառման ունակությունը պայմանավորում է տրանսֆորմատորի ներքին անսարքությունը:

Եթե գազն անգույն է և չի վառվում, ապա գազային ռելեի գործարկումը պայմանավորված է յուղից անջատված օդով:

Անջատված գազի գույնից կարելի է որոշել առաջացած անսարքության բնույթը. գորշ գույնը վկայում է էլեկտրաստվարաթղթի և թղթյա մեկուսիչների անսարքությունը, դեղին գույնը՝ փայտյա ամրակների, միջնորմների հենարանների անսարքությունը, սև գույնը՝ յուղի: Քանի որ անջատված գազը կարճ ժամանակաընթացքում կորցնում է գույնը, ապա անհրաժեշտ է այս դիտարկումները կատարել վթարից անմիջապես հետո: Անջատված գազի քանակով կարելի է որոշել անսարքության չափերը:

---

---

Եթե գազային ռելեի գործարկման պատճառը հանդիսացել է օդը, ապա անհրաժեշտ է այդ օդը գազային ռելեից բաց թողնել: Եթե յուրի մակարդակն ընկել է, ապա անհրաժեշտ է վերալցնել պաշտպանիչ սարքը՝ անջատելով, երբ յուրի լցումն ավարտված է և այլևս օդ չի անջատվում, միացնել պաշտպանիչ գազային ռելեին:

Եթե վնասված են տրանսֆորմատորի փաթույթները, անհրաժեշտ է գտնել վնասվածքի տեղը և կատարել փաթույթի վերանորոգում, դրա համար անհրաժեշտ է տրանսֆորմատորը բացել և ակտիվ մասը հանել: Փաթույթներում կարճ փակված գալարների տեղը գտնելու համար կարելի է տրանսֆորմատորի ցածր լարման փաթույթներին տալ իջեցված լարում, կարճ միացված փակ շղթան կտաքանա և կծխի, այս ընթացքում կգտնվեն նաև կարճ միացված այլ տեղամասեր, եթե դրանք կային, անգամ թույլ արտահայտված ձևով:

Մագնիսալարի վնասվածքի տեղը գտնելու համար անհրաժեշտ է տրանսֆորմատորի ակտիվ մասը հանել և պարապ ընթացքի ռեժիմում, ցածր լարման փաթույթները միացնել կարգավորվող լարման աղբյուրին և լարումը սկսել բարձրացնել 0-ից սկսած, միջուկի թիթեղների միացման տեղերում առաջացած հալվածքի հետքերից կորոշվի վնասվածքի տեղերը: Այս վնասվածքները վերացնելու համար անհրաժեշտ է կազմատել միջուկը կամ նրա մի մասը և վերականգնել թիթեղների միջև մեկուսացում:

*6. Երկրորդային փաթույթի լարումները համաչափ չեն:*

I Առաջնային լարումները հավասար են, երկրորդային լարումները հավասար և համաչափ են պարապ ընթացքի ռեժիմում, բայց բեռի առկայության դեպքում խիստ տարբերվում են.

ա) կա անբավարար (թույլ) միացում սեղմակներում կամ փաթույթի ֆազաների միացման տեղերում,

բ) ձողային տիպի միջուկով տրանսֆորմատորները, որոնց փաթույթները միացված են եռանկյունաձև-աստղաձև կամ եռանկյունաձև-եռանկյունաձև սխեմաներով, առաջնային փաթույթներում կա կարճ միացում:

II Առաջնային լարումները հավասար են, իսկ երկրորդային փաթույթի լարումները տարբեր են պարապ ընթացքի և բեռնավորված ռեժիմներում.

ա) աստղաձև միացված երկրորդային փաթույթներից մեկի սկիզբը և վերջը ճիշտ միացված չէ, կատարել ճիշտ վերամիացում,

բ) աստղ-աստղ միացված սխեմայով տրանսֆորմատորի առաջնային փաթույթներից մեկը խզված է,

գ) տրանսֆորմատորի երկրորդային փաթույթում կա խզում, որոնք միացված են աստղ-աստղ կամ եռանկյունի-աստղ միացման սխեմաներով: Այս դեպքում

---

---

միայն մեկ գծային լարումը չէ գրո, մյուս երկու գծային լարումները հավասար են գրոյի, երբ միացման սխեման եռանկյունի-եռանկյունի է երկրորդային փաթույթների շղթայում խզումը կարելի է որոշել միայն փաթույթների դիմադրությունները չափելով կամ էլ ըստ փաթույթների տաքացման, հոսանքի բացակայության պատճառով խզված փաթույթը կլինի սառը:

Այս թերությունները վերացնելու համար անհրաժեշտ է կատարել փաթույթների վերանորոգում:

*7. Չուզահեռ աշխատող տրանսֆորմատորի անհավասարաչափ բեռնվածքը:*

I Չուզահեռ միացված տրանսֆորմատորները չունեն նույն տրանսֆորմացիայի գործակիցը: Այս դեպքում նրանց միջով հոսում է հավասարիչ հոսանք, տրանսֆորմատորների բեռնավորման ժամանակ երկրորդային փաթույթներում ավելի մեծ լարում (պարապ ընթացքում) ունեցող տրանսֆորմատորը իր վրա կվերցնի ավելի մեծ բեռ:

II Չուզահեռ միացված տրանսֆորմատորներն ունեն տարբեր միացման լարումներ: Այս դեպքում բեռը նրանց մեջ կբաշխվի ուղիղ համեմատական նրանց անվանական հզորություններին և հակառակ համեմատական՝ նրանց կարճ միացման լարումներին: Ոչ համանույն միացման խմբեր ունեցող տրանսֆորմատորների զուգահեռ միացումը հավասարազոր է նրանց փաթույթների կարճ միացմանը:

Այս պայմանների բավարարումը պրակտիկորեն ապահովում է տրանսֆորմատորի զուգահեռ միացման ժամանակ բեռի հավասարաչափ բաշխվածությունը:

Այս հավասարաչափ բաշխվածությունը կպահպանվի, եթե.

1. տրանսֆորմացիայի գործակիցների տարբերությունը կազմում է  $\pm 1\%$  մինչև 3 տրանսֆորմացիայի գործակից ունեցող տրանսֆորմատորի զուգահեռ միացման ժամանակ և  $\pm 5\%$  այլ տրանսֆորմացիայի գործակից ունեցող տրանսֆորմատորի համար,

2. կարճ միացման լարումների տարբերությունը  $\pm 10\%$  բոլոր տրանսֆորմատորների համար,

3. տրանսֆորմատորի փաթույթների միացման խմբերը նույնն են, խորհուրդ է տրվում նաև, որ զուգահեռ աշխատանքի միացվող տրանսֆորմատորների հզորությունների տարբերությունը չզերազանցի 1:3 հարաբերությունը:

Տրանսֆորմատորները, որոնք նոր են մոնտաժված, ենթարկվել են վերանորոգման, փոխվել կամ վերանորոգվել է նրանց հաղորդազածերը զուգահեռ աշխատանքի միացում պետք է կատարել միայն նրանց ֆազավորումից հետո, այսինքն՝ համանույն ֆազերի միջև լարումը պետք է հավասար լինի գրոյի:

---

---

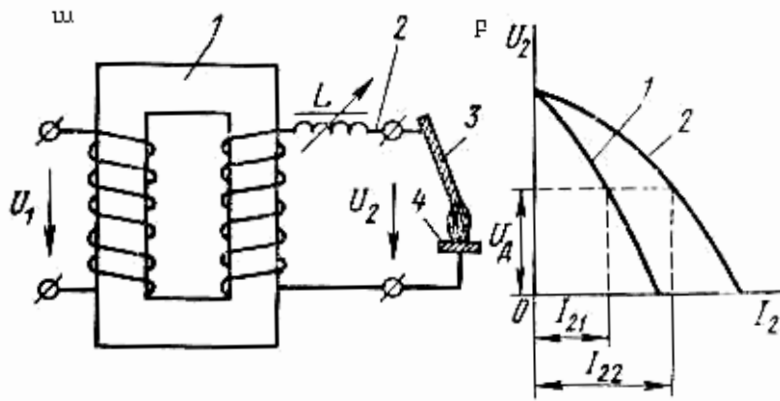
## 5. ԱՍԻՆԽՐՈՆ ՄԵՔԵՆԱՆԵՐԻ ԵՎ ՏՐԱՆՍՖՈՐՄԱՏՈՐՆԵՐԻ ՏԱՐԱՏԵՍԱԿՆԵՐԸ

### 5.1. Էլեկտրաաղեղնային եռակցման տրանսֆորմատորներ

Եռակցման տրանսֆորմատորներն իրենցից ներկայացնում են միաֆազ ցածրացնող չոր տրանսֆորմատորներ, որոնց երկրորդային փաթույթի լարումը պարապ ընթացքի ռեժիմում կազմում է 60-75 Վ: Այդպիսի մեծության լարումը անհրաժեշտ է էլեկտրական աղեղի հուսալի վառման համար, անվանական բեռնվածքի դեպքում երկրորդային փաթույթի լարումը փոքրանում է մինչև 30 Վ:

Եռակցման տրանսֆորմատորները հիմնականում աշխատում են կարճ միացման ռեժիմում, որը նրանց համար համարվում է նորմալ շահագործման ռեժիմ: Այդ պատճառով կարճ միացման հոսանքների սահմանափակման և կայուն եռակցման աղեղը պահելու համար տրանսֆորմատորը պետք է ունենա արագ ընկնող արտաքին բնութագիր, իսկ եռակցման հոսանքի շղթան ունենա բավականին մեծ ինդուկտիվություն: Այդ պատճառով եռակցման տրանսֆորմատորների փաթույթները տեղադրում են միջուկի տարբեր ձողերի վրա և նրանց միացնում են հաջորդաբար, դրա հետևանքով կարճ միացման դիմադրությունը՝  $Z_K$  և լարումը՝  $U_K$ , կլինեն մի քանի անգամ մեծ, քան սովորական ուժային տրանսֆորմատորներինը: Փաթույթների արանքում տեղադրում են շարժական մագնիսական շունտեր, որոնք հնարավորություն են ստեղծում փոխել ցրման մագնիսական հոսքը և դրանով կարգավորել եռակցման հոսանքը:

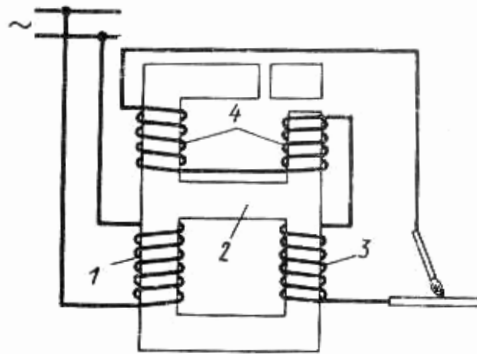
Որոշ եռակցման տրանսֆորմատորներում երկրորդային փաթույթին հաջորդաբար միացնում են ռեակտոր և փոփոխական ինդուկտիվությամբ (նկ. 5.1ա), կարգավորելով ինդուկտիվության մեծությունը (փոխելով օղային բացակը մագնիսալարում) փոխում են արտաքին տրանսֆորմատորի բնութագրի տեսքը 1 և 2 նկ. 5.16 և աղեղի  $I_{21}$  կամ  $I_{22}$  հոսանքը, համապատասխան աղեղի այրման  $U_D$  լարման:



**Նկ. 5.1. Եռակցման տրանսֆորմատորի էլեկտրական սխեմա (ա) և արտաքին բնութագիր (բ).**

1-տրանսֆորմատոր, 2-փոփոխական ինդուկտիվությամբ ռեակտոր, 3-էլեկտրոդ, 4-եռակցվող մաս:

Որոշ եռակցման տրանսֆորմատորներում ռեակտորը տեղադրվում է անմիջապես տրանսֆորմատորի մեջ, այդպիսի տրանսֆորմատորն ունի 3 փաթույթ, առաջնային 1 (նկ. 5.2 երկրորդային 3 և ռեակտորի փաթույթը, որը տեղադրված է ընդհանուր մագնիսալարի վրա, լուծի միջուկը (2) հանդիսանում է ընդհանուր տրանսֆորմատորի և ռեակտորի շղթային համար: 3 և 4 փաթույթները միացվում են այնպես, որպեսզի մագնիսական հոսքը որն ստեղծում է ռեակտորի փաթույթը (4) լուծում (2) ուղղված լինի հիմնական հոսքին հակառակ, որն ստեղծում է առաջնային փաթույթը (1): Այդ պատճառով զգալի մեծանում է մագնիսական ցրման հոսքերը տրանսֆորմատորում, համեմատաբար ոչ մեծ լուծի կտրվածքի (2) դեպքում: Քանի որ եռակցման (բեռի) շղթայում կա մեծ ինդուկտիվ դիմադրություն, էլեկտրաաղեղնային եռակցման տրանսֆորմատորը աշխատում է ցածր հզորության գործակցով՝  $\cos \alpha = 0,4 \div 0,5$ :

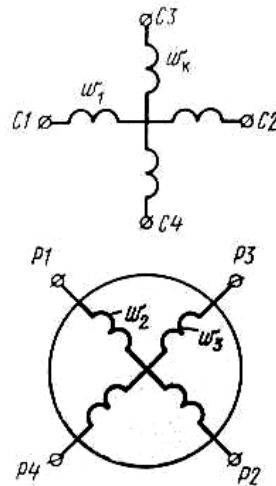


**Նկ. 5.2 Եռակցման տրանսֆորմատոր՝ մեջը տեղակայված ռեակտորով**

## 5.2. Պտտվող տրանսֆորմատորներ

Պտտվող տրանսֆորմատորները նախատեսված են ռոտորի պտտման անկյունից կախված ստանալ փոփոխական լարում: Ըստ նշանակության նրանք դասվում են տեղեկատվական էլեկտրական մեքենաների (տախտոգեներատոր) դասին և օգտագործվում են ավտոմատ կարգավորման համակարգերում որպես չափիչ էլեմենտներ (անկյան տվիչ), երկու պտտվող լիսեռների (ռոտորների) արագությունների չափման և հավասարեցման, ինչպես նաև տարբեր տեխնիկական և տեխնոլոգիական համակարգերում:

Պտտվող տրանսֆորմատորն ըստ կառուցվածքի իրենից ներկայացնում է որպես փոքր հզորության ինդուկցիոն էլեկտրական մեքենա: Ամենաշատ օգտագործվողը երկբևեռանի պտտվող տրանսֆորմատորներն են, որոնք բաղկացած են 2 զույգ միանման, իրար նկատմամբ ուղղահայաց փաթույթներից: Փաթույթները  $W_1$  և  $W_2$  համապատասխանաբար ( $C_1 - C_2$  և  $C_3 - C_4$ ) փաթույթի ծայրերի նշագրումով տեղակայված են ստատորում, փաթույթները  $W_2$  և  $W_3$  ( $P_1 - P_2$  և  $P_3 - P_4$ ) ռոտորի վրա (նկ. 5.3):



**Նկ. 5.3 Պտտվող տրանսֆորմատորի սկզբունքային սխեման**

Գրգռման փաթույթը ( $C_1 - C_2$ ) միացվում է փոփոխական հոսանքի ցանցին, կոմպենսացիոն փաթույթը  $C_3 - C_4$  կամ կարճ է փակվում, կամ էլ փակվում է դիմադրության վրա:

Ռոտորի փաթույթները կոչվում են *երկրորդային փաթույթներ*, որոնցից  $P_1 - P_2$  սինուսային, իսկ  $P_3 - P_4$  կոսինուսային:

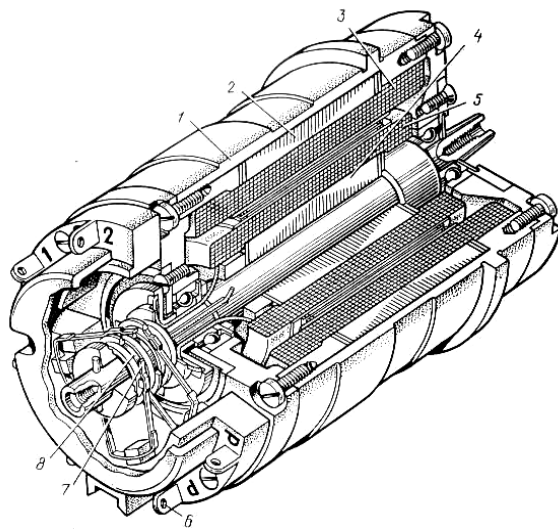
Ռոտորի փաթույթի հետ էլեկտրական կոնտակտն իրականացվում է կոնտակտային օղակների և խոզանակների միջոցով, կամ էլ նախատեսվում է զսպանակային կամ ճկուն հաղորդալարերից պատրաստված ներանցիչներ:

Պտտվող տրանսֆորմատորների աշխատանքի սկզբունքը հիմնված է ստատորի և ռոտորի փաթույթների փոխհնդուկտիվության վրա, որը փոփոխվում է և ունի ֆունկցիոնալ կախվածություն՝ ռոտորի պտտման անկյունից:

Եթե պտտվող տրանսֆորմատորն օգտագործվում է որպես չափիչ էլեմենտ, ապա ռոտորի պտտումը ինչ-որ անկյան տակ կատարվում է բարձր ճշտության ռեդուկցիոն մեխանիզմների միջոցով: Եթե պտտվող տրանսֆորմատորը նախատեսված է ռոտորի պտտման սահմանափակ անկյունով, ապա այս դեպքում որպես գրգռման և կոմպենսացիոն փաթույթ օգտագործվում է ստատորի փաթույթը, իսկ ռոտորի փաթույթը որպես երկրորդային փաթույթ: Եթե պտտվող տրանսֆորմատորն աշխատում է անընդհատ պտտման ռեժիմում, այս դեպքում փաթույթներն օգտագործվում են հակառակ եղանակով:

Ըստ ռոտորի պտտման անկյան և էլեկտրաշարժ ուժի ֆունկցիոնալ կախվածության գրաֆիկայից պտտվող տրանսֆորմատորները բաժանվում են հետևյալ տեսակների. սինուս-կոսինուսային պտտվող տրանսֆորմատոր, որոնցում  $W_2$  փաթույթի ելքում առաջանում է  $U_2$  լարում, որը ռոտորի պտտման անկյան ( $\alpha$ ) հետ ունի սինուսային կախվածություն և  $U_3$  լարման  $W_3$  փաթույթի ելքի  $\alpha$  հետ ունի կոսինուսային կախվածություն և գծային պտտվող տրանսֆորմատորները, որոնց ելքային լարումը  $U_2$  գտնվում է ուղղագծային կախվածության մեջ  $\alpha$  անկյան հետ:

Պտտվող տրանսֆորմատորներն օգտագործվում են նաև որպես ավտոմատ տարբեր համակարգերի լարման կարգավորիչներ, ֆազավորիչներ, որպես սինխրոն կապի միջոցներ, անկյան չափի տարածական փոխանցման համակարգերում և այլն:

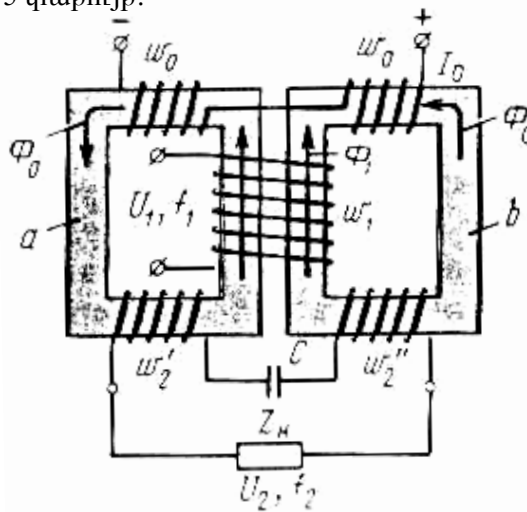


Նկ. 5.4. Պտտվող տրանսֆորմատորի կառուցվածքը

Նկ. 5.4-ում պատկերված է պտտվող տրանսֆորմատորի կառուցվածքը, որտեղ 1-իրան, 2-թերթավոր պողպատից պատրաստված միջուկ (մագնիսամիջուկ), 3-փորակ, որտեղ տեղակայված է բաշխված փաթույթ, 4-ռոտորի միջուկ, 5-բաշխված փաթույթ, 6-ռոտորի փաթույթի ներանցիչներ, 7-խոզանակներ, 8-կոնտակտային օղակներ:

### 5.3. Հաճախականությունը փոփոխող տրանսֆորմատորներ

Տրանսֆորմատորային սարքվածքները, բաղկացած մագնիսական միջուկից և փաթույթներից, կարելի է օգտագործել որպես փոփոխական հոսանքի հաճախականության փոփոխման սարք (հաճախականային բազմապատկիչ), որը մեծացնում է հաճախականությունը ամբողջ թիվ անգամ, պրակտիկ կիրառում է ստացել հաճախականության կրկնապատկիչ կամ եռապատկիչ տրանսֆորմատորները: Հաճախականության կրկնապատկիչներն իրենցից ներկայացնում են 2 փակ մագնիսամիջուկ, որոնք ունեն 5 փաթույթ:



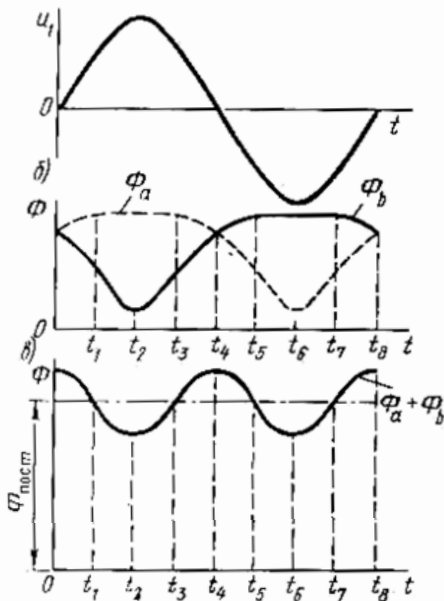
Նկ. 5.5. Հաճախականային կրկնապատկիչի էլեկտրամագնիսական սխեման

Առաջնային փաթույթը, որն ունի  $W_1$  գալաների թիվ, պատրաստված է այնպես, որպեսզի նա միանգամից փաթաթվի երկու մագնիսամիջուկների հարակից ձողերի վրա, երբ փաթույթը միացվում է փոփոխական հոսանքի սինուսոիդալ լարման  $f_1$  հաճախականության ցանցին, նա ամեն մի մագնիսամիջուկում ստեղծում է փոփոխական  $F_1$  մշու: Երկրորդային փաթույթը բաժանված է 2 մասի, որոնցից մեկը  $W_1$  գալաների թվով փաթաթվում է մի մագնիսամիջուկին, իսկ մյուսը  $W_2$  մագնիսամիջուկին և իրար միացվում են հաջորդաբար համաձայնեցված սխեմայով, այնպես,

որպեսզի արդյունաբար մագնիսական հոսքը կցված այդ փաթույթներին հավասար լինի այդ 2 հոսքերի գումարին  $\Phi_a + \Phi_b$ , բացի այդ ամեն մի մագնիսալարի վրա կա մեկ այլ փաթույթ  $W_0$  գալարների թվով, որոնք միացված են իրար հաջորդաբար համաձայնեցված:

Երբ այդ փաթույթները միացվում են  $U_0$  հաստատուն լարմանը, ամեն մի մագնիսալարում առաջանում է մագնիսացնող մշու  $F_0 = I_0 W_0$ , իսկ երբ միացվում է  $f_1$  հաճախականության սինուսոիդալ  $U_1$  լարման աղբյուրին (նկ. 5.6ա)  $W_1$  փաթույթը  $U_1$  լարման առաջին պարբերության ընթացքում ստեղծում է a մագնիսալարում  $F_1 = I_1 W_1$  մշու, որն ուղղված է հաստատուն հոսքնի կողմից ստեղծված  $F_0$  մշուի ուղղությամբ: Այդ 2 մագնիսական հոսքը a մագնիսալարում գումարվում են և ստեղծում արդյունաբար հոսքը  $\Phi_a = \Phi_0 + \Phi_1$ :

a մագնիսալարի հագեցման պատճառով  $\Phi_a = f(t)$  բնութագիրն ունենում է նկ. 2.6բ-ում պատկերված գրաֆիկի տեսքը (նստեցված տեսք), իսկ b մագնիսալարում այդ նույն կիսապարբերության ժամանակ,  $\Phi_0$  և  $\Phi_1$  հոսքերը հակառակ են ուղղված, որոնց ստեղծած արդյունաբար հոսքը b մագնիսալարում  $\Phi_b = \Phi_0 - \Phi_1$ , որն առաջին կիսապարբերության միջնամասում ունենում է բավականին անկում:  $U_1$  լարման երկրորդ կիսապարբերության ժամանակ a մագնիսալարում ստեղծում է հոսք  $\Phi_a = \Phi_0 - \Phi_1$ , իսկ b մագնիսալարում՝ հոսքը  $\Phi_b = \Phi_0 + \Phi_1$  երկրորդային փաթույթը, որը բաղկացած է 2 մասից  $W_2 = W_2' + W_2''$  ընդգրկում է գումարային հոսքը  $\Phi_a + \Phi_b$ , որի բնութագիրը  $\Phi_a + \Phi_b = f(t)$  կառուցվում է  $\Phi_a$  և  $\Phi_b$  հոսքերի գումարով (նկ. 5.6բ):

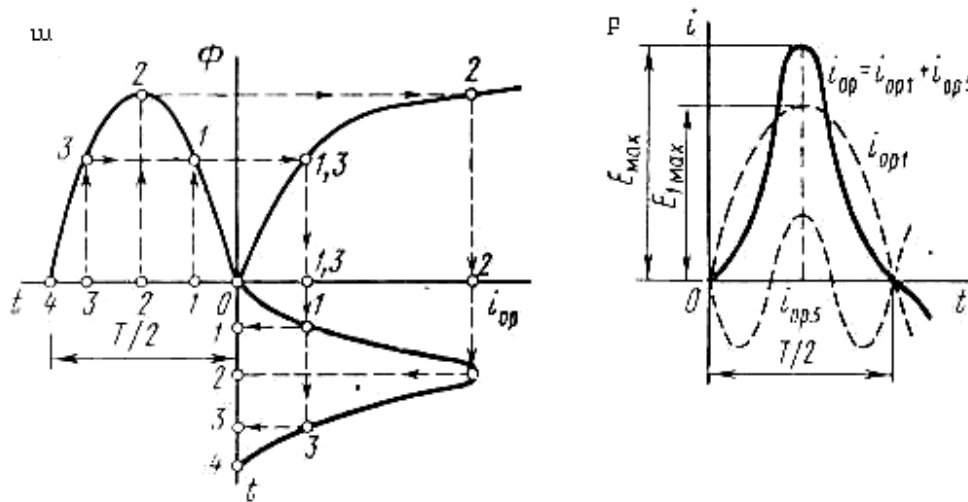


Նկ. 5.6 բ. Հաճախականության կրկնապատիչի մագնիսական հոսքերի և լարման գրաֆիկները

Այդ հոսքն ունի հաստատուն բաղադրիչ  $\Phi_{\text{ноет}}$ , որը չի մասնակցում երկրորդային էլշուի ստեղծմանը և փոփոխական բաղադրիչ՝ պայմանավորված երկրորդ հարմոնիկայով, որը երկրորդային փաթույթներում ինդուկցվում է  $E_2$  էլշու կրկնակի հաճախականությամբ  $f_2=2f_1$  առաջնային փաթույթի էլեկտրաշարժ ուժը՝  $E$ , ինչպես նաև առաջնային լարումը՝  $U_1$ , ունեն  $f_1$  հաճախականություն:

Ինդուկտիվության պատճառով երկրորդային փաթույթում լարման անկման կոմպենսացման համար հաճախականության կրկնապատկիչի երկրորդային փաթույթների միջև հաջորդաբար միացվում է  $C$  ունակությամբ կոնդենսատոր, որը բարձրացնում է կրկնապատկիչի հզորության գործակիցը ( $\cos \varphi$ ) և փոքրացնում է արտաքին բնութագրի անկումը  $U_2=f(I_2)$ :

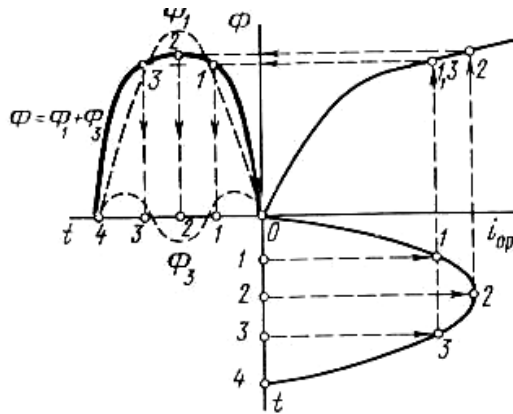
Հաճախականային եռապատկիչի աշխատանքը հիմնված է փոփոխական մագնիսական հոսքի սինուսիդալ գրաֆիկի շեղման երևույթի հիման վրա: Ընդունենք, որ տրանսֆորմատորի  $W_1$  առաջնային փաթույթին տրված է սինուսիդալ լարում, այս դեպքում, մագնիսական հոսքը մագնիսալարում ևս սինուսիդալ է  $\Phi=\Phi_{\text{max}}\sin \omega t$ : Հազեցման պատճառով միջուկում մագնիսական հոսքը դառնում է անհամաչափ մագնիսացման  $i_{\text{ոբ}}$  հոսանքի նկատմամբ: Այդ պատճառով սինուսիդալ մագնիսական հոսքի  $\Phi$  դեպքում  $i_{\text{ոբ}}$  հոսանքն է դառնում ոչ սինուսիդալ: Այս երևույթի հաստատման համար կատարում են (նկ. 2.7) գրաֆիկական պատկերի կառուցումը ( $i_{\text{ոբ}}=f(t)$ ), օգտագործելով մագնիսալարի մագնիսացման կորը ( $\Phi=i_{\text{ոբ}}$ ) և մագնիսական հոսքի գրաֆիկը  $\Phi=f(t)$ :



Նկ. 5.7. Մագնիսական հոսքի գրաֆիկի կառուցումը (ա) և նրա վերածումը բաղադրիչների (բ):

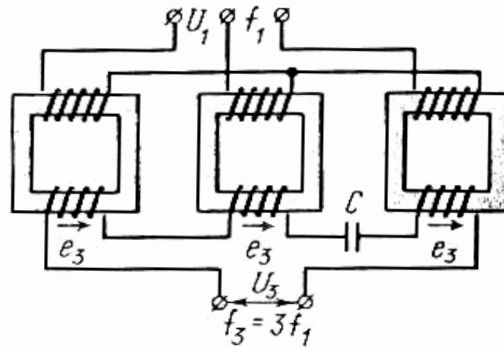
Կառուցված գրաֆիկական պատկերից երևում է, որ սինուսոիդալ  $\Phi=f(t)$  գրաֆիկի դեպքում, մագնիսական հոսքի կորն ունի իմպուլսային կորի ձև:  $i_{op}$  հոսանքի ոչ սինուսոիդալ կորի բաշխումից (նկ. 5.7բ) երևում է, որ այդ հոսանքի մեջ բացի հիմնական առաջին հարմոնիկայից ( $i_{op1}$ ) կա նաև բացահայտ արտահայտված երրորդ հարմոնիկան  $i_{op3}$ , որի հաճախականությունը  $b_3=3f$ :

Եթե երեք միաֆազ տրանսֆորմատորներ միացնենք մեկ տրասֆորմատորային խմբում, ապա փաթույթներում երրորդ հարմոնիկայի հոսանքը փաթույթների աստղաձև միացման դեպքում ըստ ֆազայի կհամընկնեն և իրար կհավասարակշռեն, միաժամանակ մագնիսացնող հոսանքները բոլոր երեք տրանսֆորմատորներում կդառնան սինուսոիդալ, բայց այդ դեպքում մագնիսական հոսքերն ամեն մի մագնիսալարում կլինեն ոչ սինուսոիդալ, բացահայտ արտահայտված երրորդ հարմոնիկայով  $\Phi_3$  (նկ.5.8):



**Նկ 5.8. Մագնիսական հոսքի գրաֆիկի կառուցումը սինուսոիդալ մագնիսացման հոսանքի դեպքում**

Հաճախականության եռապատկիչները կազմված են երեք միաֆազ տրանսֆորմատորներից, որոնք աշխատում են ուժեղ հագեցված մագնիսալարով: Տրանսֆորմատորի առաջնային փաթույթը միացվում է աստղային, իսկ երկրորդը՝ հաջորդաբար (նկ. 5.9):



**Նկ. 5.9. Հաճախականային եռապատկիչի էլեկտրամագնիսական սխեման**

Մագնիսական հոսքի եռապատկիչում հոսքի հաճախականության երրորդ հարմոնիկան փակվելով անկախ մագնիսալարով, նրանցում հասնում է մեծ արժեքների և ինդուկցվում է նրանց երկրորդային փաթույթներում երրորդ հարմոնիկայի էլշու  $e_3$ : Եթե երկրորդային փաթույթներում ինդուկցված այդ բոլոր էլշուները համընկնում են ըստ ֆազայի, ապա հաճախականային եռապատկիչի ելքում կունենանք փոփոխական լարում  $U_3$ , որը հավասար կլինի բոլոր երեք փաթույթներում ինդուկցված  $e_3$  էլշուների գումարին  $f_3=3f_1$  հաճախականությամբ:

Առաջին հարմոնիկայի էլեկտրաշարժ ուժը թեկուզ և ինդուկցվում է եռապատկիչի փաթույթներում համապատասխան լարում, որը ելքում չի առաջանում, քանի որ էլշուների միջև ֆազային  $120^\circ$  շեղվածության գումարը հավասար է 0-ի:

Ինդուկտիվության պատճառով լարման անկման (որն առաջանում է երկրորդային փաթույթներում բեռնավորվածության պատճառով) փոքրացման նպատակով, հաճախականային եռապատկիչների երկրորդային փաթույթների միացման սխեմայում ավելացնում են  $C$  ունակությամբ կոնդենսատոր, որը կոմպենսացնում է երկրորդային փաթույթների ինդուկտիվությունը:

#### 4.4. Լարման կայունացուցիչ

Լարման կայունացուցիչները նախատեսված են էլեկտրասարքավորումների մուտքային լարումներն անփոփոխ պահելու համար, որոնք շատ զգայուն են մուտքային լարման (սնող ցանցի) փոփոխման նկատմամբ:

Լարման կայունացուցիչի աշխատանքի հիմնական ցուցանիշը դա ելքային լարումն է, որը բնորոշվում է լարման կայունացման գործակցով, որը ցույց է տալիս,

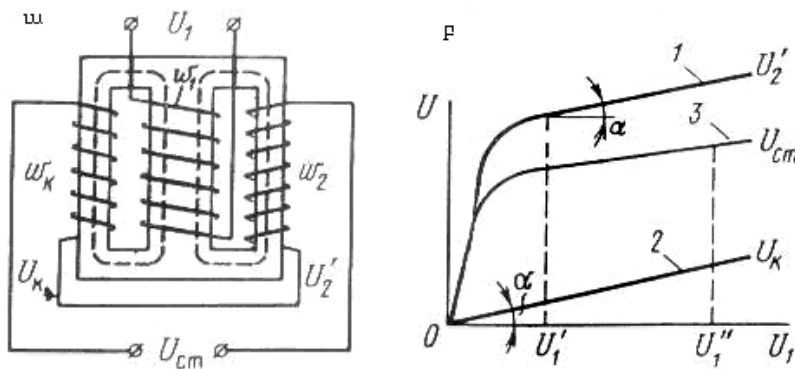
թե կայունացուցիչի ելքի լարման փոփոխությունը  $\frac{\Delta U_{CT}}{U_{CT}}$ , որքան փոքր է կայու-

նացուցիչի մուտքի լարման փոփոխությունից՝  $K_{CT} = \frac{\Delta U}{U_1} : \frac{\Delta U_{CT}}{U_{CT}}$ ,

որտեղ՝  $\Delta U = U_{1max} - U_{1min}$ ,  $\Delta U_{CT} = U_{CTmax} - U_{CTmin}$ :

Լարման կայունացուցիչները լինում են ֆերոմագնիսական հագեցված միջուկով և ֆերոռեզոնանսային, որոնց սխեմայում միացված է  $C$  ունակությամբ կոնդենսատոր:

Ֆերոմագնիսական լարման կայունացուցիչն իրենից ներկայացնում է եռացող մագնիսամիջուկ, որի միջին ձողի վրա տեղադրված է առաջնային փաթույթը  $W_1$  (նկ. 5.10 ա): Աջ ձողը, որն աշխատում է գերհագեցած, նրա վրա դրված է երկրորդային փաթույթը  $W_2$ , ձախ ձողը, որը չհագեցած է, վրան դրվում է կոմպենսացիոն փաթույթը  $W_K$ : Երբ  $U_1$  լարումը տատանվում է (որը կիրառված է կայունացուցիչի մուտքին), փոփոխվում է մագնիսական հոսքը միջին ձողի վրա, հոսքն աջ ձողում կրում է չնչին փոփոխություն, քանի որ ձողը հագեցած է: Այդ պատճառով կայունացուցիչի ելքի լարման, ( $U_2'$ ) տատանումը շատ փոքր է (նկ. 5.10բ, 1 կոր) և կոմպենսացվում է կոմպենսացնող փաթույթի  $U_K$  լարումով, որի կախվածությունը (քննութագիծը) լարումից  $U_1$  ունի ուղղազնային տեսք (ուղիղ գիծ է), քանի որ ձախ ձողը չհագեցած է (նկ. 5.10 բ, 2 կոր):



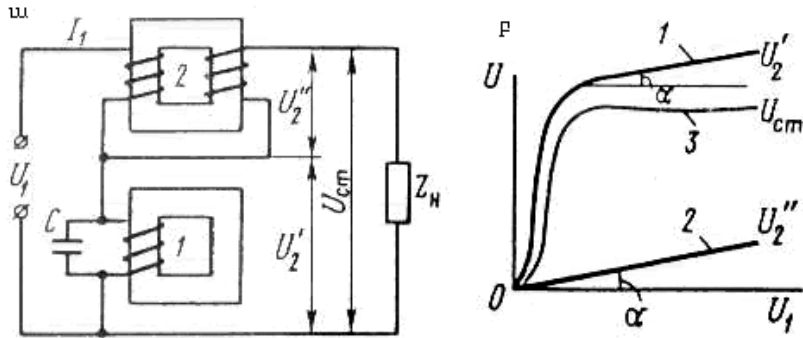
**Նկ. 5.10. Ֆերոմագնիսական լարման կայունացուցիչի էլեկտրամագնիսական սխեման և լարման գրաֆիկները**

Կայունացուցիչի փաթույթի պարամետրերի և մագնիսամիջուկի պարամետրերի ճիշտ ընտրության դեպքում 1 կորի կորագծային մասի թեքման  $\alpha$  անկյունը հավասար է 2 կորի թեքման անկյանը: Այդ դեպքում կայունացուցիչի ելքում լարումը լինում է կայունացված՝  $U_G = U_2' - U_K$ :

Այսպիսով, երբ  $U_1$  լարումը տատանվում է  $\pm 20\%$ -ով անվանական լարումի համեմատ, բեռի դեպքում և հաճախականության չփոփոխման դեպքում ելքային լարումը տատանվում է  $\pm 3\%$ -ով, այսինքն՝ լարման կայունացման գործակիցը  $K_{CT} \approx 7$ -ի: Սովորաբար ֆերոմագնիսական լարման կայունացուցիչների  $K_{CT}$  չի գերազանցում 10-ը: Ֆերոմագնիսական լարման կայունացուցիչների հիմնական

թերությունը լարման կայունացման ոչ մեծ գործակիցն է, փոքր օգտակար գործողության գործակիցը (չի գերազանցում 40-60%), հզորության փոքր գործակիցը (մինչև 0,4), ելքի լարման ոչ սինուսոիդալությունը, այս թերությունները սահմանափակում են ֆերոմագնիսական լարման կայունացուցիչների օգտագործման շրջանակները:

Ֆերոռեզոնանսային լարման կայունացուցիչներն ունեն ավելի լավ հատկություններ (նկ. 5.11 ա):



**Նկ. 5.11ա, բ. Ֆերոռեզոնանսային լարման կայունացուցիչի էլեկտրամագնիսական սխեման և լարման գրաֆիկները**

Կայունացուցիչը բաղկացած է ռեակտորից 1, որի մագնիսալարը տրված  $U_1$  լարման սահմաններում հագեցված է, C ունակության կոնդենսատորից, ավտոտրանսֆորմատորից 2, որի մագնիսալարը չհագեցած է: Ավտոտրանսֆորմատորի փաթույթը (2) միացված է այնպես, որպեսզի կայունացուցիչի ելքի լարումը լինի

$$U_{CT} = U_2' - U_2'',$$

որտեղ  $U_2'$  - ռեակտորի ելքի լարումն է,

$U_2''$  - ավտոտրանսֆորմատորի ելքի լարումն է (նկ. 5.11ա):

$U_2'$  լարումը շնորհիվ  $L_1 C$  շրթայի հոսանքի ռեզոնանսի, որտեղ  $L_1$ -ը ռեակտորի ինտենսիվությունն է, ունի կտրուկ ոչ գծային կախվածություն  $U_1$  լարումից (նկ. 5.11բ, 1 կոր):

---

---

$U_2''$  լարումը համեմատական է  $U_1$  -ին (2 բնութագրիծը) և կոմպենսացնում է  $U_2'$  լարման փոփոխությունը կորի ուղղագծային մասում՝ 1: Այդ դեպքում կայունացուցիչի ելքի լարումը  $U_{CT}$  չի փոփոխվում նախատեսված սահմաններից ավելին՝ 3:

Ֆերոռեզոնանսային կայունացուցիչի օգտակար գործողության գործակիցը բավականին բարձր է 80-85%, իսկ լարման կայունացման գործակիցը  $K_U = 20 \div 40$ :

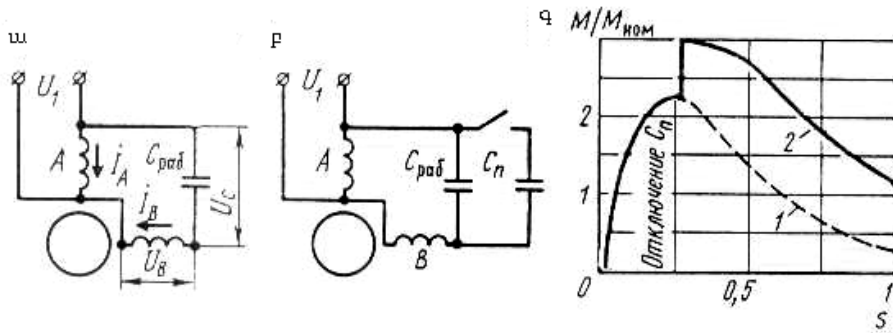
*Հիմնական թերություններից է* - կայունացման գործակիցը զգալի կախվածություն ունի ցանցի հաճախականության և բեռի հզորության գործակիցից, այս թերությունները ֆերոռեզոնանսային լարման կարգավորիչներում զգալի փոքր են, քան ֆերոմագնիսական կայունացուցիչներում: Ինչպես ֆերոմագնիսական, այնպես էլ ֆերոռեզոնանսային լարման կայունացուցիչների ելքային լարումների ոչ սինուսիդալությունը փոքրացնելու (ճնշելու) համար կայունացուցիչների սխեմաներում միացնում են կոմպենսացնող շղթաներ:

### 5.5. Կոնդենսատորային ասինխրոն շարժիչ

Կոնդենսատորային ասինխրոն շարժիչները լայն կիրառություն ունեն կենցաղային տեխնիկայում և տարբեր էլեկտրասարքավորումներում:

Այս շարժիչներին հաճախ անվանում են երկֆազ շարժիչներ, որոնց ստատորի վրա տեղադրված է (բաշխված է) երկու ֆազային փաթույթ, որոնք զբաղեցնում են նույն թվով փորակներ, այդ փաթույթներն իրար նկատմամբ ունեն 90 էլեկտրական աստիճան շեղվածություն՝ տարածության մեջ: Շարժիչի սնուցումը կատարվում է միաֆազ ցանցից և A ֆազային փաթույթն անմիջականորեն միացվում է ցանցին, իսկ B ֆազային փաթույթը ցանցին միացվում է աշխատանքային կոնդենսատորի ( $C_{\text{раб.}}$ ) միջոցով: Աշխատանքի ընթացքում երկու փաթույթներն էլ մնում են ցանցին միացված: Այսպիսով, եթե միաֆազ ասինխրոն շարժիչը թողարկումից հետո աշխատում է բաբախող մագնիսական դաշտով, ապա կոնդենսատորային շարժիչներն աշխատում են պտտվող մագնիսական դաշտով:

Կոնդենսատորային ասինխրոն շարժիչների ցանցին միացման սխեման պատկերված է նկ. 5.12ա-ում: Տրված  $U_1$  լարման ցանցով աշխատանքային կոնդենսատորով, որն անհրաժեշտ է պտտվող մագնիսական դաշտ ( $\Phi$ ) ստանալու համար:



**Նկ. 5.12. Ասինխրոն կոնդենսատորային շարժիչ.**

ա - աշխատանքային կոնդենսատորով, բ - թողարկման և աշխատանքային կոնդենսատորով, գ - մեխանիկական բնութագիր:  
 1 - աշխատանքային կոնդենսատորը միացված է 2 - աշխատանքային և թողարկման կոնդենսատորները միացված են

Աշխատանքային կոնդենսատորի ունակությունը  $C_{\text{pasd}}$ -ը որոշվում է.

$$C_{\text{pasd}} = \frac{I_A \cos \varphi_A}{U_1 f K},$$

որտեղ  $\varphi_A$ -ն  $I_A$  հոսանքի և  $U_1$  լարման միջև ֆազային շեղման անկյունն է, պտտվող մագնիսա կան դաշտի դեպքում,

$K$ -ն գործակից է, որը որոշվում է  $A$  և  $B$  ֆազաների փաթույթների էֆեկտիվ գալարների թվի հարաբերությամբ.  $K = W_B K_{06B} / W_A K_{06A}$ ,

որտեղ  $K_{06B}$  և  $K_{06A}$   $A$  և  $B$  ֆազաների փաթույթների փաթաթման (փաթույթի) գործակիցն է:

Սովորաբար կոնդենսատորային ասինխրոն շարժիչը նախագծվում է այնպես, որպեսզի պտտվող մագնիսական դաշտը համապատասխանի անվանական կամ նրան մոտ բեռնվածքին: Այստեղից հետևում է, որ  $C_{\text{pasd}}$  հակադարձ համեմատական է ցանցի  $U_1$  լարմանը, ցանցի լարումն ինչքան մեծ է, այնքան  $C_{\text{pasd}}$  ունակություն է պահանջվում:

Կոնդենսատորի ընտրության ժամանակ պետք է հաշվի առնել աշխատանքային կոնդենսատորի ( $C_{\text{pasd}}$ ) լարումը, որի վրա ընկնում է  $U_C$  լարման սինուսոիդալ ամպլիտուդան, որը պտտվող մագնիսական դաշտի ժամանակ գերազանցում է ցանցի  $U_1$  լարումը.  $U_C = U_1 \sqrt{1 + K^2}$  :

---

---

Կոնդենսատորային աշխատանքային շարժիչն (ԿԱՇ) ունի համեմատաբար մեծ օգտակար գործողության գործակից ( $\eta$ ) և հզորության գործակից

$$(\cos \varphi_1 = 0,80 \div 0,95):$$

Կոնդենսատորային շարժիչների կողմից ստեղծած թողարկման մոմենտի սլա-ցիկությունը հասնում է  $M = (0,3 \div 0,5)$ : Թողարկման մոմենտը մեծացնելու համար աշխատանքային կոնդենսատորին ( $C_{\text{pa6.}}$ ) զուգահեռ միացվում է թողարկման կոն-դենսատոր ( $C_n$ ), (նկ. 5.12բ): Թողարկման կոնդենսատորի ունակությունը մի քանի անգամ բարձր է աշխատանքային կոնդենսատորի ունակությունից:

Նկ. 5.12բ-ում պատկերված է  $C_{\text{pa6.}}$  աշխատանքային կոնդենսատորով կոնդեն-սատորային շարժիչի մեխանիկական բնութագիրը (1) և ( $C_{\text{pa6.}} + C_n$ ) թողարկման ու աշխատանքային կոնդենսատորներին միացված շարժիչի մեխանիկական բնու-թագիրը (2):

Թողարկման ու աշխատանքային կոնդենսատորը միացված է միայն թողարկ-ման ժամանակ, թողարկման ավարտից անմիջապես հետո պետք է այն անջատել, քանի որ  $B$  փաթույթի շղթայի ամենաչնչին սահքը ( $C_{\text{pa6.}} + C_n$ ) ունակության և  $L$  ինդուկտիվության պատճառով հնարավոր է առաջանա լարման ռեզոնանս կամ էլ նրան մոտ վիճակ, որի պատճառով կոնդենսատորի վրա և ստատորի փաթույթում լարումները կարող են 2-3 անգամ մեծանան ցանցի լարումից, որը կարող է պատ-ճառ հանդիսանա կոնդենսատորների էլեկտրական դիմադրության ծակման կամ էլ շարժիչը խափանվի:

Աշխատանքային և թողարկման կոնդենսատորներով ասինխրոն շարժիչներն օգտագործվում են մեծ (ծանր) թողարկման մոմենտ ունեցող (պահանջող) շարժա-բերներում:

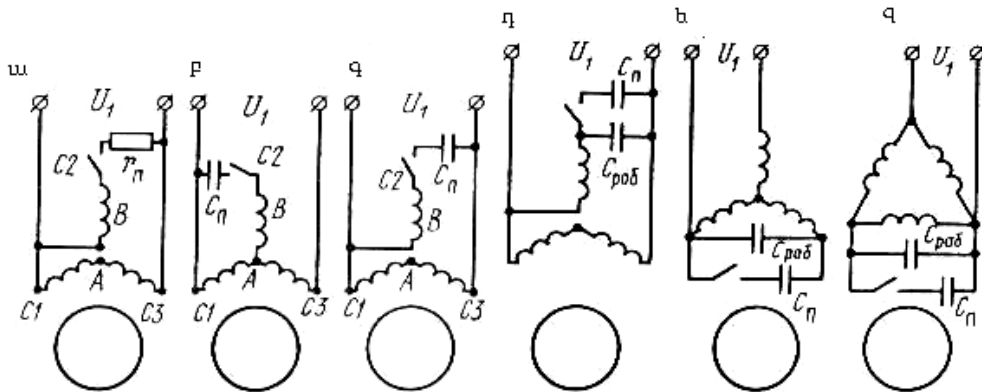
Կոնդենսատորային ասինխրոն շարժիչները (երկֆազ) կարող են աշխատել նաև առանց կոնդենսատորների և այլ ֆազաշեղիչ էլեմենտների, բայց այս դեպքում անհրաժեշտ է ստատորի փաթույթներին միացնել  $U_A$  և  $U_B$  այնպիսի լարումներ, որ նրանց միջև ֆազային շեղումը լինի  $90^\circ$ : Այդպիսի լարում ստանալ հնարավոր է, եթե օգտագործենք (ունենանք) եռաֆազ լարման աղբյուր գրոյական հաղորդա-լարով՝ մի ֆազային փաթույթը միացնելով  $U_{AB}$  գծային լարմանը, իսկ մյուսը  $U_C$  ֆազային լարմանը ավտոտրանսֆորմատորների միջոցով, որպեսզի հնարավոր լինի կատարել ֆազային լարումների հավասարեցում:

Հնարավոր է նաև շարժիչը միացնել եռաֆազ ցանցին, առանց զրոյական հաղորդալարի, բայց այս դեպքում A և B ֆազաների լարումները շեղված կլինեն ( $\varphi = 120^\circ$ ) մեկը մյուսից  $120^\circ$ -ով, որը կբերի շարժիչի թողարկման և աշխատանքային հատկությունների վատացման, բայց շարժիչի միացման սխեման բավականին պարզ է:

Կոնդենսատորային ասինխրոն շարժիչի ռոտորի պտտման ուղղությունը փոխելու համար անհրաժեշտ է փաթույթների միացման հաղորդալարերի մեկի, օրինակ, (A) ցանցին միացման ծայրերի տեղը փոխել:

#### 4.6. Եռաֆազ ասինխրոն շարժիչի միացումը միաֆազ ցանցին

Փոքր հզորության եռաֆազ ասինխրոն շարժիչները կարող են աշխատել միաֆազ ցանցից միացնելով, այս դեպքում շարժիչները կարող են օգտագործել որպես միաֆազ թողարկման կոնդենսատորով  $C_n$  կամ մշտական միացված աշխատանքային  $C_{\text{բաժ}}$  կոնդենսատորով (նկ. 5.13բ) և ժամանակավոր միայն թողարկման ժամանակ միացվող թողարկման կոնդենսատորով  $C_n$ :



Նկ. 5.13

Կոնդենսատորների ունակության նախնական ընտրությունը (երբ ցանցի հաճախականությունը  $f=50$ Հց) կարելի է կատարել օգտվելով հետևյալ մոտավոր բանաձևերից.

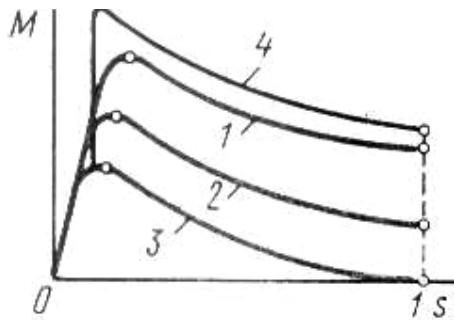
$$C_{\text{բաժ}} \approx 2700 \frac{I_{\text{HOM}}}{U_1}, \text{ ըստ նկ. 5.13գ միացման սխեմայի,}$$

$$C_{\text{pa6.}} \approx 2800 \frac{I_{\text{HOM}}}{U_1}, \text{ ըստ նկ. 5.13դ միացման սխեմայի,}$$

$$C_{\text{pa6.}} \approx 4800 \frac{I_{\text{HOM}}}{U_1}, \text{ ըստ նկ. 5.13ե միացման սխեմայի,}$$

որտեղ  $I_{\text{HOM}}$  եռաֆազ ասինխրոն շարժիչի A ֆազայի անվանական հոսանքն է,  $U_1$ -ը միաֆազ ցանցի լարումն է:

Կոնդենսատորի ունակության ( $C_{\text{pa6.}}$ ) վերջնական արժեքը որոշվում է փորձական եղանակով, հաշվի առնելով, որ ֆազային հոսանքները աշխատանքային ռեժիմներում չպետք է գերազանցեն անվանական հոսանքի մեծությունը:



Նկ. 5.14

Նկ. 5.14-ում բերված է եռաֆազ ասինխրոն շարժիչի մեխանիկական բնութագրերը, երբ շարժիչները միացված են եռաֆազ ցանցին (1) միաֆազ ցանցի (2) և առանց ֆազային շեղման էլեմենտի (3), աշխատանքային և թողարկման կոնդենսատորներով (4):

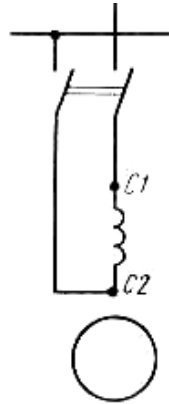
Եռաֆազ ասինխրոն շարժիչը, երբ միացված է միաֆազ սնող ցանցին առանց աշխատանքային կոնդենսատորի օգտագործվում է նրա անվանական հզորության 40÷50%-ը, իսկ միացված աշխատանքային կոնդենսատորի դեպքում՝ 75÷80%-ը:

#### 4.7. Միաֆազ կոնդենսատորային ասինխրոն շարժիչներ

Միաֆազ ասինխրոն շարժիչները (ՄԱՇ), փոքր հզորության շարժիչներ են, որոնք հիմնականում օգտագործվում են ավտոմատ սաքրավորումներում և կենցաղային էլեկտրասարքերում: Ըստ կառուցվածքի նրանք համարյա չեն տարբերվում եռաֆազ կարճ միացված ռոտորով ԱՇ-ից: Տարբերությունը կայանում է նրանում, որ միաֆազ շարժիչի ստատորի միջուկի վրա տեղադրված է միաֆազ փաթույթ, որն զբաղեցնում է միջուկի փորակների 2/3 մասը:

Ստատորի միաֆազ փաթույթի C1-C2 ծայրերը փոփոխական հոսանքի ցանցին միացման ժամանակ (նկ. 5.15), հոսում է փոփոխական հոսանք, որն ստեղծում է

բաբախող մագնիսական հոսք, անշարժ է տարածության մեջ, բայց ըստ մեծության փոփոխվում է  $+\Phi_{\max}$  մինչև  $-\Phi_{\max}$ : Որպեսզի բացատրենք ՄԱՇ-ի աշխատանքի սկզբունքը, օգտվենք գրաֆիկական մեթոդից, բաբախող մագնիսական հոսքը բաժանելով երկու ( $\Phi_{\max}/2$ ) հավասար մագնիսական հոսքերի՝  $\Phi_{np}$  և  $\Phi_{odp}$ , որոնք պտտվում են իրար հակառակ ուղղություններով, միևնույն հաճախականությամբ (պտույտ/րոպե), (նկ. 5.15):

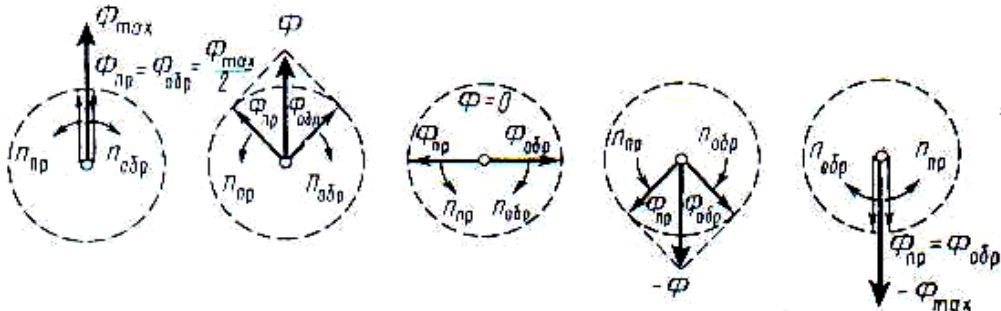


Նկ. 5.15.

$$n_{np} = n_{odp} = f_1 \cdot \frac{60}{P} = n :$$

Ընդունենք, որ  $n_{np}$  հոսքը պտտվում է ռոտորի ուղղությամբ, իսկ  $n_{odp}$  հոսքը՝ ռոտորի պտտման ուղղությանը հակառակ:

Ընդունենք, որ ռոտորը պտտվում է ժամսլաքի հակառակ ուղղությամբ, այսինքն՝  $\Phi_{np}$  հոսքի ուղղությամբ:



Նկ. 5.16. Բաբախող մագնիսական հոսքի վերածումը 2 պտտող մագնիսական դաշտի

Ռոտորի պտտման հաճախականությունը  $n_2$  փոքր է մագնիսական դաշտի պտտման  $n_1$  արագությունից:

Այդ պատճառով ռոտորի սահքը համեմատած  $\Phi_{np}$  հոսքին, կարելի է որոշել.

$$S_{np} = \frac{(n_1 - n_2)}{n_1} = S :$$

$\Phi_{o6p}$  մագնիսական հոսքը պատվում է ռոտորին հակառակ, այդ պատճառով, ռոտորի պտտման արագությունը՝  $n_2$ -ը  $\Phi_{o6p}$  հոսքի նկատմամբ բացասական է, իսկ ռոտորի սահքը  $\Phi_{o6p}$  հոսքի նկատմամբ կլինի.

$$S_{o6} = \frac{n_1 - (-n_2)}{n_1} = \frac{n_1 + n_2}{n_1} = \frac{n_1 + n_2 - n_1 + n_2}{n_1} = 2 - S_{np} :$$

$\Phi_{np}$  և  $\Phi_{o6p}$  մագնիսական հոսքերը ռոտորի փաթույթում ինդուկցում են  $E_{2nl}$  և  $E_{2hwl}$  էլշուներ, որոնք ռոտորի կարճ միացված փաթույթներում համապատասխանաբար  $I_{2np}$  և  $I_{2o6}$  հոսանքներ, քանի որ ռոտորի հոսանքի հաճախականությունը համեմատական է սահքին, ապա հետևում է

$$f_{2np} = f_1 S_{np}, \quad f_{2o6} = f_1 S_{o6} = f_1 (2 - S_{o6}) :$$

Այսպիսով,  $I_{2hwl}$  հոսանքը, որն ինդուկցված է հակառակ մագնիսական հոսքի կողմից, ունի  $f_{2hwl}$  հաճախականություն, որը բավականին մեծ է  $I_{2o6}$  հոսանքի  $f_{2nl}$  հաճախականությունից: Օրինակ, միաֆազ ասինխրոն շարժիչի համար, որը միացված է  $f_1 = 50$  Հց ցանցին  $n_1 = 1500$ ,  $n_2 = 1440$  :

$$S_{np} = \frac{1500 - 1440}{1500} = 0,04 ,$$

$$f_{2np} = 50 \cdot 0,04 = 2 \text{ Հց},$$

$$S_{o6} = 2 - S_{nl} = 2 - 0,04 = 1,96 ,$$

$$f_{2o6} = 50 \cdot 1,96 = 98 \text{ Հց} :$$

$I_{2o6}$  հոսանքի և  $\Phi_{np}$  մագնիսական հոսքի փոխազդեցության շնորհիվ առաջանում է էլեկտրամագնիսական մոմենտ.

$$M_{np} C_M \Phi_{nl} I_{2np} \cos \varphi_{2np} ,$$

որտեղ  $C_M$  - հաստատուն գործակից է, որը որոշվում է մեքենայի կառուցվածքով:

$I_{2o6}$  հոսանքը փոխազդելով  $\Phi_{o6p}$  մագնիսական դաշտի հետ, ստեղծում է  $M_{o6p}$  էլեկտրամագնիսական մոմենտ, որը հակառակ է ուղղված  $M_{np}$  մոմենտին, այսինքն՝ հակառակ է ուղղված ռոտորի պտտման ուղղությանը.

$$M_{o6p} = C_M \Phi_{o6p} I_{2o6} \cos \varphi_{2o6} :$$

Արդյունաբար էլեկտրամագնիսական մոմենտը, որն ազդում է ասինխրոն շարժիչի ռոտորի վրա, կորոշվի

$$M = M_{np} - M_{o6p},$$

երբ սահքը զգալի մեծ չէ  $S = S_{np}$ , այսինքն, երբ շարժիչն աշխատում է անվանական բեռնվածքով, էլեկտրամագնիսական մոմենտն առաջանում է ի հաշիվ  $M_{np}$  մոմենտի: Հակառակ դաշտի կողմից առաջացրած  $M_{np}$  բավականին փոքր է: Դ-ն բացատրվում է նրանով, որ  $f_{2o6p} \gg f_{2np}$ , հետևաբար ռոտորի փաթույթի ցրման ինդուկտիվ դիմադրությունը  $X_{2o6p} = X_{2S_{o6p}}$  ( $I_{2 o6p}$ -հոսանքի), բավականին մեծ է ակտիվ դիմադրությունից:

Այդ պատճառով  $I_{2 o6p}$ , որն ունի մեծ ինդուկտիվ բաղադրիչ, ցուցաբերում է ուժեղ ասպամագնիսացնող ազդեցություն  $\Phi_{o6p}$  մագնիսական հոսքի վրա բավականաչափ փոքրացնելով նրան: Եթե հաշվի առնենք, որ հզորության գործակիցը մեծ չէ  $\cos \varphi_{2 o6p} = \sqrt{r_2^2 + X_{2o6p}^2}$ , պարզ կդառնա ինչու  $M_{o6p}$  շարժիչի բեռնավորման ռեժիմում չի ցուցաբերում զգալի արգելակող ազդեցություն միաֆազ շարժիչի ռոտորի վրա:

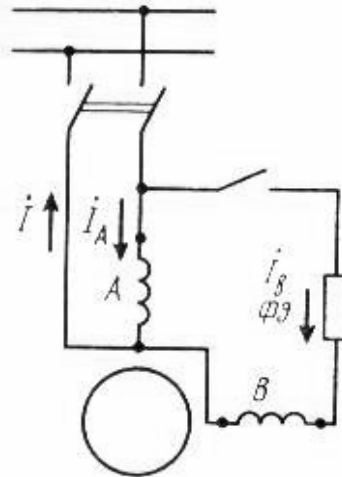
Նկ. 5.14-ում պատկերված է շարժիչի սահքի և էլեկտրամագնիսական մոմենտների կախվածության գրաֆիկական պատկերը, արդյունատար մոմենտի  $M = f(S_{np})$  հաշվարկումը կատարում ենք  $M_{np}$  և  $M_{o6p}$  մոմենտների կորոդինատների տարբերությամբ: Երբ ռոտորն անշարժ է ( $n_2 = 0$ ) սահքը  $S_{np} = S_{o6p}$  և  $M_{np} = M_{o6p}$ , այդ պատճառով միաֆազ ասինխրոն մեքենայի թողարկման մոմենտը ( $M_n$ )  $M_n = 0$ :

Թողարկման մոմենտ ստեղծելու համար անհրաժեշտ է ռոտորը պտտեցնել այս կամ այն կողմ, այդ դեպքում  $S \neq 1$  մոմենտների  $M_{np}$  և  $M_{o6p}$  հավասարակշռվածությունը խախտվում է և արդյունաբար պտտող մոմենտն սկսում է աճել  $M = M_{np} - M_{o6p} \neq 0$ :

### 5.8. Միաֆազ ասինխրոն շարժիչների թողարկումը

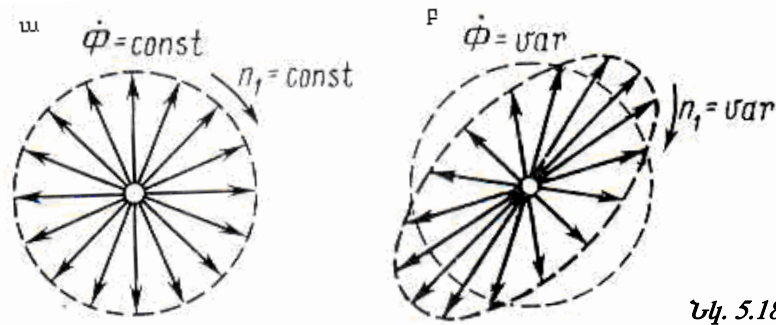
Միաֆազ ասինխրոն շարժիչներում (ՄԱՇ) թողարկման մոմենտ ստեղծելու համար անհրաժեշտ է, որ ստատորի փաթույթն ստեղծի պտտվող մագնիսական դաշտ, որը հնարավոր է ստանալ, եթե շարժիչի ստատորի վրա հիմնական փաթույթից (A) (աշխատանքային) բացի (որն զբաղեցնում է միջուկի փորակի 2/3 մասը) տեղադրվի թողարկման փաթույթ (B) (մնացած 1/3 փորակներում): Միաժամանակ անհրաժեշտ է, որ այդ 2 փաթույթներն ունենան տարածության մեջ 90

Էլեկտրական աստիճան շեղում մեկը մյուսից (նկ. 5.17), իսկ հոսանքները  $I_A$  և  $I_B$  փաթույթներում պետք է լինեն մեկը մյուսից ֆազայով շեղված: Քանի որ 2 փաթույթները միաժամանակ սնվում են միաֆազ ցանցից զուգահեռ, ապա ֆազային շեղում ստանալու համար  $I_A$  և  $I_B$  հոսանքների միջև անհրաժեշտ է աշխատանքային և թողարկման փաթույթների միացման շքթայում միացնել ֆազաշեղող մաս, որը կարող է լինել ակտիվ դիմադրություն, ինդուկտիվ կոճ կամ էլ կոնդենսատոր: Թողարկումից հետո, երբ ռոտորն արագանում է, և նրա պտտման արագությունը մոտենում է անվանական արագությանը, թողարկման փաթույթն (B) անջատվում է ցանցից, այսպիսով թողարկման սկզբում եռաֆազ շարժիչ է ավարտից հետո միաֆազ շարժիչ:



Նկ. 5.17.

Որպեսզի ստանանք շրջանային պտտվող մագնիսական դաշտ, օգտագործելով ստատորի 2 փաթույթներն անհրաժեշտ է, որ փաթույթների նշանները լինեն իրար հավասար ( $F_A=F_B$ ), իսկ փաթույթների հոսանքներն ըստ ֆազայի իրարից շեղված լինեն  $\varphi = 90^\circ$ -ով: Շրջանաձև դաշտը բնութագրվում է նրանով, որ տարածության մեջ նրա  $\Phi$  մագնիսական հոսքը պտտվում է հավասարաչափ ( $n_1=\text{const}$ ) և նրա մեծությունը ժամանակի ցանկացած պահին հաստատուն է  $\Phi=\text{const}$  (նկ. 5.18ա): Այսպիսի դաշտն ապահովում է ստանալ ամենամեծ թողարկման մոմենտ ( $M_n$ ), քանի որ չունի հակառակ բաղադրիչ:



Նկ. 5.18.

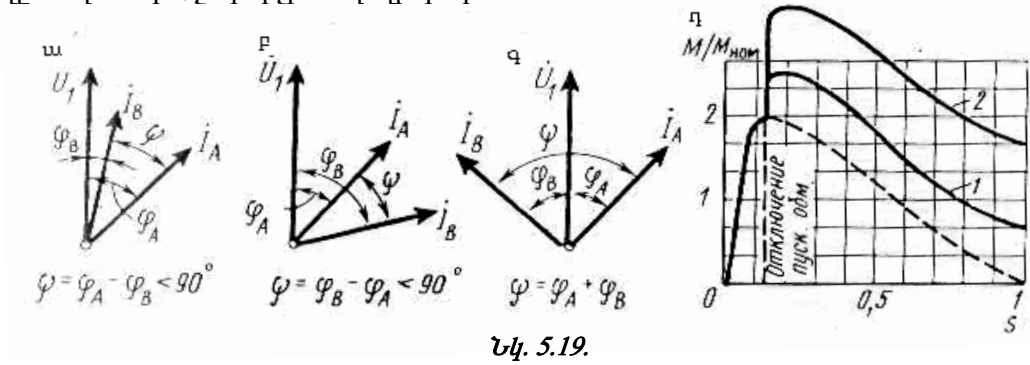
Ինչ-որ մի պայմանի մասնակի խախտման դեպքում, օրինակ,  $F_A \neq F_B$  կամ, երբ  $I_A$  և  $I_B$  ըստ ֆազայի շեղված են  $\varphi \neq 90^\circ$ , ստատորի փաթույթն ստեղծում է էլիպտիկ ձևով պտտվող դաշտ մագնիսական հոսքի տարածական վեկտորն այդ մագնիսական դաշտը պտտվում է անհավասարաչափ ( $n_1 = \text{var}$ ) և գտնվում է տարբեր տարածական դիրքերում ( $\Phi = \text{var}$ ):

Էլիպտիկ պտտվող դաշտը կազմված է 2 տարբեր ուղղություններով պտտվող և ըստ մեծությամբ տարբեր, ուղիղ դաշտ (մեծ), իսկ հակառակը (փոքր) շրջանաձև դաշտերից: Հակառակ պտտվող դաշտն ստեղծում է արգելակող մոմենտ և վատացնում է միաֆազ շարժիչի հատկությունները: Իսկ եթե  $F_B = 0$  կամ  $I_A$  և  $I_B$  հոսանքները համընկնում են ըստ ֆազի  $A = 0$ , ապա ստատորի մագնիսական դաշտը դառնում է բաբախող, որի ուղիղ և հակադարձ բաղադրիչներն իրար հավասար են, այս դեպքում շարժիչը թողարկման մոմենտ չի ստեղծում:

Նկ. 4.19ա, բ-ում վեկտորական դիագրամներից երևում է, որ B փաթույթի շղթային r ինդուկտություն կամ L ինդուկտիվություն չի ապահովում  $I_A$  և  $I_B$  հոսանքների  $90^\circ$  ֆազային շեղումը, միայն C ունակության կոնդենսատորի միացումն է ապահովում  $I_A$  և  $I_B$  հոսանքների միջև  $\varphi = 90^\circ$  ֆազային շեղում (նկ. 4.6բ): Միևնույն ժամանակ կոնդենսատորի ունակությունն ընտրվում է այնպես, որպեսզի  $I_B$  հոսանքները թողարկման պահին ( $S=1$ ) ցանցի  $U_1$  լարումից ֆազայով առաջ ընկած լինի  $\varphi_B$  անկյունով, որը կլրացնի  $\varphi_A$  անկյունը մինչև  $90^\circ$   $\varphi = \varphi_A + \varphi_B$ , եթե այդ դեպքում երկու փաթույթներն ստեղծեն նույնանման մշու, ապա ստատորի դաշտի պտտման արագությունը կլինի շրջանաձև պտտվող:

Այսպիսով միայն կոնդենսատորի օգտագործումը որպես ֆազաշեղիչ էլեմենտ ապահովում է միաֆազ ասինխրոն շարժիչի ամենալավ թողարկման մոմենտը, բայց կոնդենսատորների օգտագործումը ոչ միշտ է արդարացված, քանի որ նրանք ունեն մեծ չափեր: Օրինակ, 40 Վտ միաֆազ ասինխրոն շարժիչի համար, որը միացվում է 220 Վ միաֆազ, 50 Հց հաճախականության ցանցին անհրաժեշտ է 20 մկֆ ունակու-

թյամբ կոնդենսատոր 400Վ աշխատանքային լարմամբ: Այս կոնդենսատորի ծավալը հավասար է շարժիչի ծավալի կեսին:



Երբ շարժիչի աշխատանքային պայմանները չեն պահանջում մեծ թողարկման մոմենտ, օգտագործվում են միաֆազ ասինխրոն շարժիչներ, որոնց որպես ֆազաշեղիչ էլեմենտ միացված է ակտիվ դիմադրություն:

Այս դեպքում անհրաժեշտություն չկա միացնել լրացուցիչ դիմադրություն, քանի որ թողարկման փաթույթի ակտիվ դիմադրությունը մեծանում է ի հաշիվ այդ փաթույթի հաղորդալարի կտրվածքի մակերեսի, որը փոքր է աշխատանքային փաթույթի հաղորդալարի կտրվածքից: Այսպիսի շարժիչների թողարկման փաթույթը միացվում է միայն թողարկման ժամանակ, որի տևողությունը չի գերազանցում մի քանի վայրկյանը: Այսպիսի շարժիչների թողարկման մոմենտը չի գերազանցում անվանական թողարկման մոմենտը, բայց դա բավարար է, որպեսզի այդ շարժիչներն ունենան անհրաժեշտ պահանջարկ:

Ունակային ֆազաշեղիչ էլեմենտով միաֆազ ասինխրոն շարժիչների թողարկման մոմենտի սլացիկությունը կարող է լինել  $M_n = (1,6 \div 2,0) M_{\text{HOM}}$ , եթե կոնդենսատորի ունակությունը ճիշտ է ընտրված:

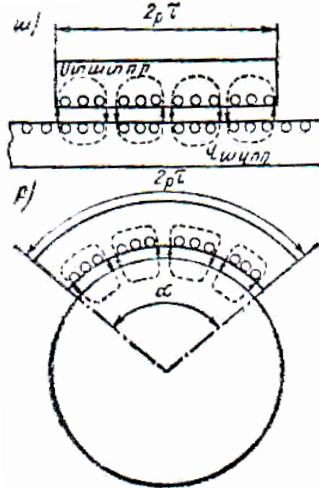
Միաֆազ ասինխրոն շարժիչի մեխանիկական բնութագրերը տարբեր ֆազաշեղիչ էլեմենտներով պատկերված է նկ. 5.19 գ-ում.

- 1 - ֆազաշեղիչ էլեմենտն ակտիվ դիմադրություն է,
- 2 - ֆազաշեղիչ էլեմենտը կոնդենսատորի ունակությունն է,
- 3 - պատկերված է կետագծերով, ֆազաշեղիչ էլեմենտ միացված չէ:

Միևնույն գաբարիտային չափերի դեպքում միաֆազ ասինխրոն շարժիչի հզորությունը, եռաֆազ ասինխրոն շարժիչի համեմատ կազմում է 40÷50%:

## 5.9. Գծային և աղեղային ասինխրոն մեքենաներ

Եթե պատկերացնենք, որ ասինխրոն շարժիչի սովորական կլոր ստատորը հատված է առանցքային հարթությամբ և ուղղված է կամ բացված է ավելի մեծ շառավղի աղեղով, քան էլման կլոր ստատորի շառավիղը, ապա կստացվի գծային (նկ. 5.19 ա) կամ աղեղային (նկ. 5.20 բ) ասինխրոն մեքենայի ստատոր: Այդպիսի ստատորի եռաֆազ փաթույթը օդային բացակում ստեղծում է համապատասխանաբար վազող կամ պտտվող մագնիսական դաշտ՝ ստատորի միջուկի ասինաններում:



Նկ. 5.20. Գծային (ա) և աղեղային (բ) ասինխրոն մեքենաներ

Գծային մեքենայի շարժվող մասը կոչվում է *վազող*, իսկ աղեղային մեքենայի շարժվող մասը՝ *ռոտոր*:

Վազողը և ռոտորը կարող են ունենալ նորմալ կարճ միացված ասինխրոն մեքենաների ռոտորներին յուրահատուկ կառուցվածք, այսինքն ունենալ թիթեղյա էլեկտրատեխնիկական պողպատից միջուկներ և սկյուռի վանդակի տեսքով փաթույթ, որը տեղադրված է վազողի և ռոտորի միջուկի փորակներում: Նրանք կարող են պատրաստված լինել նաև զանգվածային՝ պողպատից կամ թուջից, և այդ դեպքում երկրորդային փաթույթի դերը կատարում է ինքը մարմինը՝ վազողը կամ ռոտորը: Գծային ասինխրոն մեքենան կարելի է սարքել նաև երկու ստատորների տեսքով, որոնք տեղադրված են հանդիպակաց, և որպես վազող այս դեպքում ծառայում է հաղորդիչ մարմինը, որը գտնվում է ստատորների միջուկների միջև եղած բացակում: Երկրորդային հաղորդիչ մարմինը կարող է լինել նաև անշարժ դողի ձևով, իսկ «ստատորը» կարող է գտնվել շարժվող մասի վրա:

Դիտարկված մեքենաների գործողության սկզբունքը նման է նորմալ ասինխրոն մեքենաների գործողության սկզբունքին. ստատորի վազող կամ պտտվող դաշտը

վագողի, կամ ռոտորի փաթույթներում ինդուկտում է հոսանքներ, որոնք փոխազդեցության մեջ են մտնում մագնիսական դաշտի հետ և առաջացնում էլեկտրամագնիսական ուժեր, որոնք ազդում են վագողի և ռոտորի վրա: Հաստատված ռեժիմում վագողի և ռոտորի սահքը մագնիսական դաշտի նկատմամբ, սովորաբար մեծ չէ:

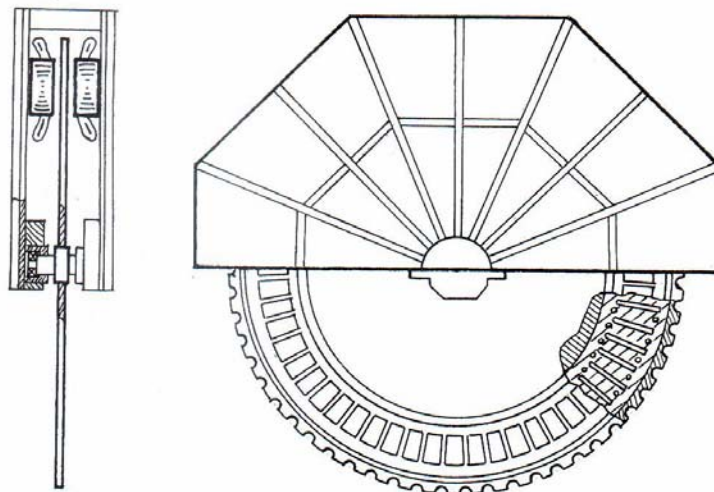
Աղեղային մեքենայի առանձնահատկությունն այն է, որ նրա պտտման արագությունն այնքան էլ կոշտ կապված չէ  $P$  զույգ բևեռների թվի և  $f_1$  հաճախության հետ, ինչպես նորմալ ասինխրոն մեքենայում: Դիցուք մեքենայի ստատորն (նկ. 5.20 ք) ունի  $P$  զույգ բևեռներ և զբաղեցնում է  $\alpha$  կենտրոնական անկյունով աղեղ: Հոսանքի մեկ պարբերության ընթացքում պտտվող տեղաշարժվում է  $2r$  կամ  $\alpha/P$  անկյունով, իսկ  $1$  վրկ ընթացքում դաշտը կատարում է

$$n_1 = \frac{\alpha}{2\pi} \cdot \frac{f_1}{P}$$

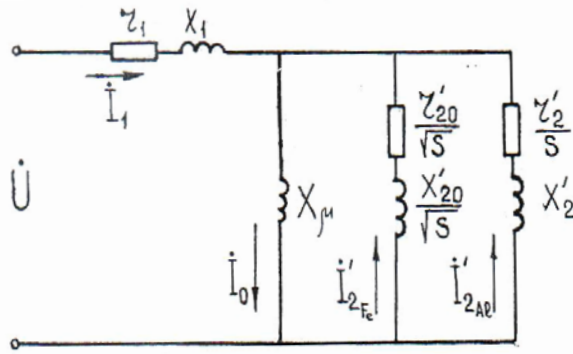
պտույտներ: Ընտրելով տարբեր  $\alpha$ -ներ, ստանում ենք տարբեր պտտման արագություններ:  $\alpha = 2\pi$  դեպքում, ունենք նորմալ ասինխրոն մեքենա

$$n_1 = f_1 P,$$

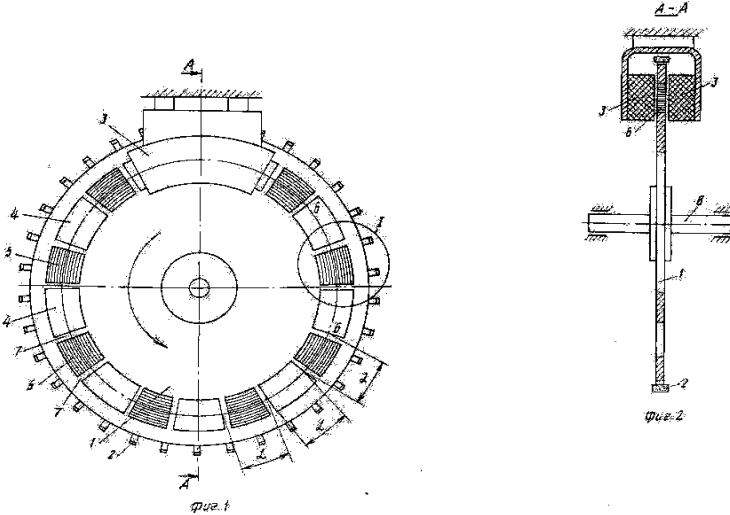
որտեղ  $n_1$ -ը պտույտների թիվն է վայրկյանում: Նկ. 5.21, 5.22 և 5.23-ում պատկերված են ասինխրոն և ինդուկտորային աղեղնաստատորային մեքենաների կառուցվածքային տարատեսակները և փոխարինման սխեման:



*Նկ. 5.21 Աղեղնաստատորային ասինխրոն մեքենա*



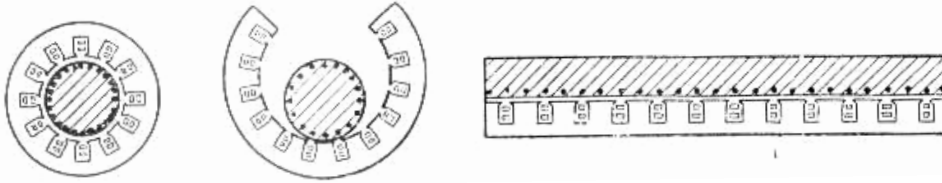
Նկ. 4.22 Աղեղնաստատորային ասինխրոն մեքենայի փոխարհման սխեման



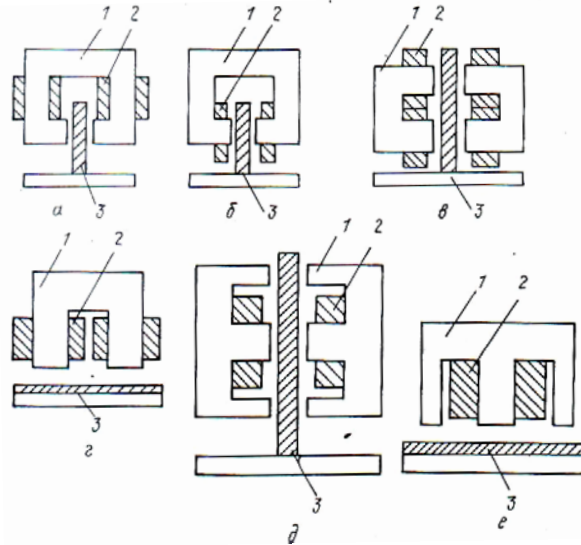
Նկ. 5.23 Աղեղնաստատորային ինդակտորային մեքենա

Գծային ասինխրոն մեքենաները կարելի է օգտագործել հետադարձ-առաջ-ընթաց շարժման ստացման համար: Այդ դեպքում կատարվում է ստատորի փաթույթի պարբերական փոխանջատում (ֆազերի հաջորդականության փոփոխություն), և մեքենան աշխատում է արագացման, շարժման և արգելակման ցիկլիկ ռեժիմում: Այդպիսի ռեժիմը էներգետիկական տեսակետից ձեռնառու չէ, քանի որ աշխատանքի յուրաքանչյուր ցիկլի ընթացքում, վազողի արագացման և արգելակման ընթացքում անօգուտ կորչում է փաթույթներում ջերմության ձևով անջատվող էներգիայի, համեմատաբար, մեծ քանակություն: Կորցրած էներգիայի քանակությունն այնքան մեծ է, որքան մեծ է վազողի զանգվածը և նրա առավելագույն

արագությունը: Դրա հետ կապված հետադարձ-առաջընթաց շարժման շարժիչները զգալի տարածում չեն ստացել: Ընդլայնվում է գծային և աղեղնային ասինխրոն մեքենաների և դրանց ազգակից մագնիսահիդրոդինամիկական մեքենաների կիրառումը՝ որպես հատուկ նշանակում ունեցող էլեկտրական մեքենաներ:



**Նկ. 5.24 Պտտվող մեքենայից գծային մեքենայի անցման սխեման**



**Նկ. 5.25 Գծային ասինխրոն մեքենաների հնարավոր կառուցվածքային տարբերակները**

Գծային և աղեղնային ասինխրոն մեքենաներում ծագում են եզրային էֆեկտներ, որոնց առաջացումը պայմանավորված է նրանով, որ դրանց ստատորները փակված չեն, չեն կազմում փակ օղակ և ունեն վերջնական երկարություն: Դրա հետևանքով գծային և աղեղնային ասինխրոն մեքենաների էներգետիկական ցուցանիշներն ավելի վատ են, քան նորմալ ասինխրոն մեքենաներում:

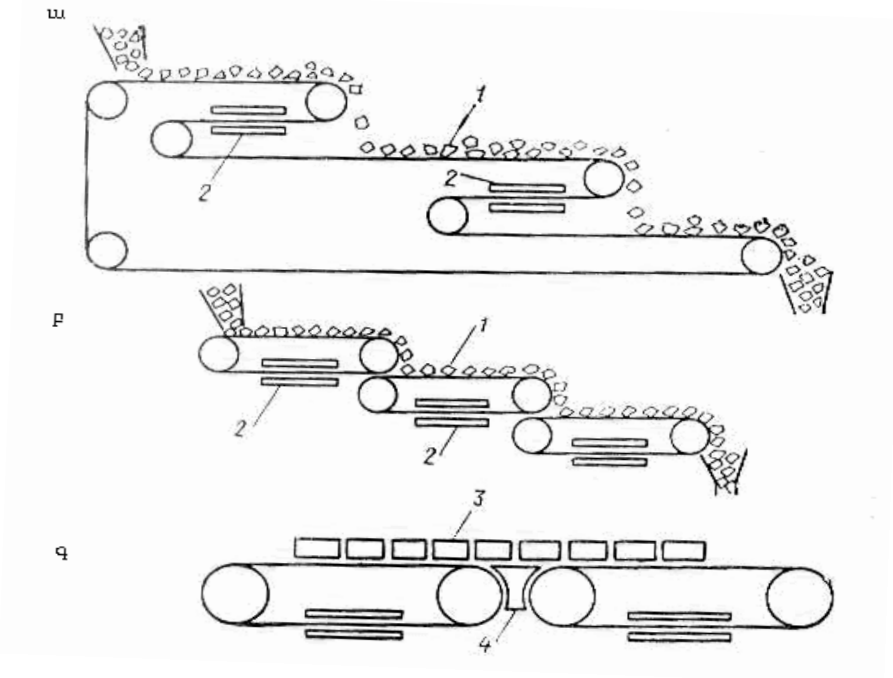
## 5.10. Փոփոխական հոսանքի մագնիսահիդրոդինամիկական մեքենաներ

Փոփոխական հոսանքի մագնիսահիդրոդինամիկական մեքենաների տարատեսակներից են ինդուկցիոն պոմպերը հեղուկ մետաղների համար, որոնք ստորաբաժանվում են գծայինի և պտուտակայինի:

*Գծային ինդուկցիոն պոմպերը* նման են գծային ասինխրոն մեքենաներին և բաժանվում են հարթ և գլանայինի:

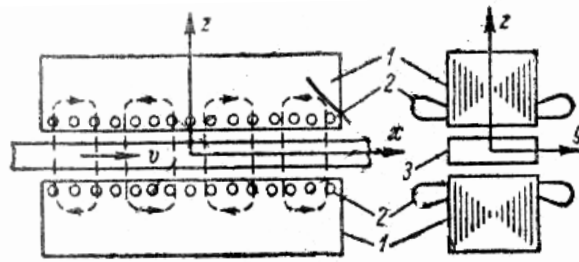
Հարթ պոմպերն (նկ. 5.27) ունենում են սովորաբար, երկու ինդուկտոր, որոնցից յուրաքանչյուրը կազմված է միջուկից (1) և բազմաֆազ (սովորաբար եռաֆազ) փաթույթից (2): Ինդուկտորների միջև գտնվում է ուղղանկյուն կտրվածքի հարթ ակոս (3) հեղուկ մետաղով: Հեղուկ մետաղի առանձնահատկություններից կախված ակոսի պատերը կարող են լինել ինչպես մետաղական, այնպես էլ կերամիկական:

Երկկողմանի ասինխրոն գծային շարժիչները պրակտիկ կիրառություն ունեն հանքանյութի տեղափոխման հոսքագծերում:



Նկ. 5.26

1 – հոսքանյութ, 2 - գծային շարժիչ, 3 - փաթեթավորված բեռ, 4 - անշարժ մաս



**Նկ. 5.27. Հարթ զծային ինդուկցիոն պոմպի կառուցվածքը հեղուկ մետաղների համար**

Մեծ մասամբ ակոսի պատերի և ինդուկտորների միջև գտնվում է ջերմային մեկուսացման շերտ: Ինդուկտորների վազող մագնիսական դաշտը հեղուկ մետաղում առաջացնում է հոսանքներ. այդ հոսանքների, և մագնիսական դաշտի փոխազդեցությունից ծագում են էլեկտրամագնիսական ուժեր, որոնք ազդում են հեղուկ մետաղի մասնիկների վրա: Արդյունքում զարգանում է ճնշում, և հեղուկ մետաղն սկսում է շարվել դաշտի շարժման ուղղությամբ՝ նրա նկատմամբ որոշ սահքով:

Գլանային պոմպերն ունեն օղակաձև կտրվածքի ակոս, որի ներսում տեղադրված է առանց փաթույթի միջուկ, իսկ արտաքինից՝ միջուկ փաթույթով: Փաթույթն ստեղծում է մագնիսական դաշտ, որը վազում է խողովակի առանցքի երկայնքով:

*Պտուտակային ինդուկցիոն պոմպի* մասին կարելի է պատկերացում կազմել, եթե ենթադրենք, որ ասինխրոն շարժիչի ռոտորը արգելակված է, ռոտորի ատամները փաթույթի հետ միասին կտրված են և բացակում են՝ արտաքին և ներքին միջուկների միջև, ոլորված է պտուտակային ակոս:

Ինդուկցիոն պոմպերը կիրառվում են հետազոտական, տրանսպորտային և արդյունաբերական սարքերում, արագ նեյտրոնների միջուկային ռեակտորներով սարքավորումներում, որոնց մեջ ջերմության հեռացման համար օգտագործում են հեղուկ մետաղական ջերմակրիչներ (նատրիում, կալիում, դրանց ձուլվածքները և այլն): Ստեղծում են նաև տարբեր սարքավորումներ մետալուրգիայի և ձուլման արտադրության համար: Բոլոր ձևի ինդուկցիոն պոմպերը հակադարձելի են, և պոմպերը կարող են աշխատել ասինխրոն գեներատորի ռեժիմում, եթե նրանց խողովակներով արտաքին աղբյուրի հաշվին մղվի հեղուկ մետաղ՝ դաշտի շարժման արագությունից ավելի մեծ արագությամբ: Մագնիսահիդրոդինամիկական գեներատորները հեղուկ մետաղներով, ինչպես նաև հեղուկ գոլորշիներով ունեն գործնական կիրառման հեռանկարներ տարբեր էներգետիկական սարքավորումներում, այդ թվում միջուկային ռեակտորներով սարքավորումներում:

1. А. И. Вольдек, «Электрические машины» Л. 1978г.
2. А. В. Иванов-Смоленский «Электрические машины» М. 1980г.
3. А. И. Бертинов, А. Д. Бут, С. Р. Мизюрин «Специальные электрические машины» М. 1982г.
4. А. П. Фридкин «Безредукторный дугостоторный электропривод» Л. 1970г.
5. А. С. Насар, И. Болдеа «Линейные тяговые электрические машины» М. 1981г.
6. В. Я. Бесполов, Н. Ф. Камеленец «Электрические машины» 2006г.
7. В. Н. Саркисян Авторское Свидетельства №1726273 «Камнерезный инструмент» 1991г.
8. В. В. Москоленко «Современные системы абтоматизированого электрапровода устройств» М 1980г.
9. Г. Н. Петров «Электрические машины» М. 1963г.
10. Д. Я. Брускин и др. «Электрические машины» М. 1987г.
11. Е. В. Козаченко «Линейные тяговые электродвигатели» 1984г.
12. Е. М. Лапухина, Г. С. Семин «Асинхронные микромашины с полым ротором» М. 1967г.
13. М. М. Кацман «Электрические машины электропривод автоматических устройств » М. 1987г.
14. М. В. Антонов, Л. С. Герасимова «Технология производства электрических машин» М. 1982г.
15. М. М. Соколов, Л. К. Сорокин «Электропривод с линейными асинхронными двигателями» М. 1974г.
16. П. М. Тихомиров «Расчет трансформаторов» М 1976г.
17. Р. Г. Гемке «Неисправности электрических машин» М. 1963г.
18. И. П. Копылов «Электрические машины» 2004г.
19. И. М.Сергеев «Проектирование электрических машин» К. 1960г.
20. Ф. М. Юферов «Электрические машины автоматических устройств» М. 1976г.
21. Ա. Մ. Հովսեփյան, «Էլեկտրական մեքենաներ և տարնսֆորմատորներ» Ե. 2009թ.

<b>ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ</b> .....	4
<b>1. ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ՄԵՔԵՆԱՆԵՐԻ ԵՎ ՏՐԱՍՖՈՐՄԱՏՈՐՆԵՐԻ ԴԱՍԱԿԱՐԳՈՒՄԸ ԵՎ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԱՅԻՆ ԱՌԱՆՉՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ</b>	
1.1. Ընդհանուր տեղեկություններ էլեկտրական մեքենաների մասին.....	5
1.2. Էլեկտրական մեքենաների դասակարգումը.....	8
1.3. Էլեկտրական մեքենաների կառուցվածքային առանձնահատկությունները.....	10
<b>2. ՏՐԱՆՍՖՈՐՄԱՏՈՐՆԵՐ</b>	
2.1. Հիմնական տեղեկություններ տրանսֆորմատորների մասին.....	21
2.2. Տրանսֆորմատորների մագնիսամիջուկները.....	26
2.3. Եռաֆազ տրանսֆորմատորների փաթույթների միացման սխեմաները և խմբերը...	32
2.4. Տրանսֆորմատորների լարումների և մշու-ների հավասարումները.....	37
2.5. Բերված տրանսֆորմատոր.....	39
2.6. Տրանսֆորմատորի փոխարինման սխեման .....	40
2.7. Միաֆազ տրանսֆորմատորի պարապ ընթացքի ռեժիմը .....	42
2.8. Տրանսֆորմատորի պարապ ընթացքի կորուստները.....	45
2.9. Տրանսֆորմատորի կարճ միացման ռեժիմը.....	45
2.10. Տրանսֆորմատորի էներգետիկ դիագրամը.....	48
2.11. Տրանսֆորմատորի երկրորդային լարման փոփոխությունը ըստ բեռի.....	50
2.12. Տրանսֆորմատորի լարման կարգավորումը .....	51
2.13. Տրանսֆորմատորի օգտակար գործողության գործակիցը .....	55
2.14. Տրանսֆորմատորների զուգահեռ աշխատանքի պայմանները .....	57
<b>3. ԱՍԻՆԽՐՈՆ ՄԵՔԵՆԱՆԵՐ</b>	
3.1. Փոփոխական հոսանքի էլեկտրական մեքենաներ .....	64
3.2. Ասինխրոն մեքենայի կառուցվածքը և աշխատանքի սկզբունքը .....	74
3.3. Ասինխրոն մեքենայի աշխատանքը անշարժ ռոտորի դեպքում .....	79
3.4. Ասինխրոն շարժիչի լարումների և հոսանքների հավասարումները .....	81
3.5. Ասինխրոն շարժիչի փոխարինման սխեման .....	85
3.6. Ասինխրոն մեքենայի աշխատանքային ռեժիմները .....	86
3.7. Ասինխրոն շարժիչի կորուստները և օ.գ.գ.-ը .....	89
3.8. Ասինխրոն մեքենայի էլեկտրամագնիսական մոմենտը .....	91
3.9. Ասինխրոն շարժիչի կայուն աշխատանքի պայմանները .....	94
3.10. Ցանցի լարման և ռոտորի փաթույթի ակտիվ դիմադրության ազդեցությունն ասինխրոն շարժիչի մեխանիկական բնութագրի վրա .....	96
3.11. Ասինխրոն շարժիչի աշխատանքային բնութագրերը .....	98
3.12. Ասինխրոն շարժիչի պարապ ընթացքի և կարճ միացման փորձերը .....	99
3.13. Ասինխրոն շարժիչի թողարկումը .....	102

3.14.	Խորը փորակներով և երկվանդակ ասինխրոն շարժիչներ.....	105
3.15.	Ասինխրոն շարժիչի արագության կարգավորումը .....	107
<b>4.</b>	<b>ԱՍԻՆԽՐՈՆ ՄԵՔԵՆԱՆԵՐՈՒՄ ԵՎ ՏՐԱՆՍՖՈՐՄԱՏՈՐՆԵՐՈՒՄ ՀԱՃԱՆԱԿԻ ՀԱՆԴԻՊՈՂ ԱՆՍԱՐՔՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ, ԴՐԱՆՅ ՀԱՅՏՆԱՔԵՐՄԱՆ ԵՎ ՎԵՐԱՑՄԱՆ ԵՂԱՆԱԿՆԵՐԸ</b>	
4.1	Ասինխրոն մեքենաների հաճախակի հանդիպող անսարքությունները և դրանց վերացման եղանակները .....	110
4.2	Առանցքակալների անսարքությունները .....	125
4.3.	Տրանսֆորմատորի անսարքությունները .....	130
<b>5.</b>	<b>ԱՍԻՆԽՐՈՆ ՄԵՔԵՆԱՆԵՐԻ ԵՎ ՏՐԱՆՍՖՈՐՄԱՏՈՐՆԵՐԻ ՏԱՐԱՏԵՍԱԿՆԵՐԸ</b>	
5.1.	Էլեկտրաաղեղնային եռակցման տրանսֆորմատորներ .....	138
5.2.	Պտտվող տրանսֆորմատորներ .....	140
5.3.	Հաճախականությունը փոփոխող տրանսֆորմատորներ .....	142
5.4.	Լարման կայունացուցիչ .....	146
5.5.	Կոնդենսատորային ասինխրոն շարժիչ .....	149
5.6.	Եռաֆազ ասինխրոն շարժիչի միացումը միաֆազ ցանցին .....	152
5.7.	Միաֆազ կոնդենսատորային ասինխրոն շարժիչներ .....	153
5.8.	Միաֆազ ասինխրոն շարժիչների թողարկումը .....	156
5.9.	Գծային և աղեղնային ասինխրոն մեքենաներ.....	160
5.10.	Փոփոխական հոսանքի մագնիսահիդրոդինամիկական մեքենաներ.....	164