

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA
MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI

ISLOM KARIMOV NOMIDAGI TOSHKENT
DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

ELEKTR MASHINALARI
fanidan o‘zgarmas tok mashinalari qismi bo‘yicha
amaliy mashg‘ulotlar o‘tkazish uchun
USLUBIY KO‘RSATMALAR

Toshkent-2017

Tuzuvchi: G. N. Mustafaqulova

O'zgarmas tok mashinalarining simmetrik yakor chulg'amlarini hisoblash va tahlil qilish. Uslubiy ko'rsatma. –Toshkent: ToshDTU, 2017. – 52 b.

Mazkur ko'rsatma "Elektr mashinalar" kursi bo'yicha o'zgarmas tok mashinalarning yakor chulg'amlarini o'rganish va hisoblash uchun zarur materialni o'z ichiga oladi. Bu ko'rsatma auditoriya mashg'ulotlarini o'tkazishda ham, talabalarning mustaqil ishlarida ham foydalidir.

Ushbu uslubiy ko'rsatma «Elektr mashinalari» va «Elektr mexanika» fanlarini o'rganuvchi «5310700 – Elektr mexanikasi va elektr texnologiyalari (sanoat)», «5310200 – Elektr energetikasi» va «5111000 – Kasb ta'limi (elektr energetikasi)» yo'nalishlaridagi talabalarga amaliy mashg'ulotlar hamda mustaqil ish masalalarni yechishda yordam beradi.

Taqrizchilar: U. T. Berdiyev – Toshkent temir yo'l muhandislari institutining «Elektr transporti va yuqori tezlikdagi elektr harakat tarkibi» kafedrası mudiri, t.f.n., dotsent.

A. T. Imomnazarov – Toshkent Davlat texnika universiteti «Elektr mexanikasi va elektr texnologiyalari» kafedrası t.f.n., dotsent.

Kirish

O'zbekiston Respublikasi rivojlanishining asosiy talablaridan biri xalq xo'jaligining turli sohalari uchun yuqori malakali mutaxassislar tayyorlashdir. Buning uchun oliy o'quv yurtlarida o'quv jarayonini yana-da takomillashtirish, talabalarni mustaqil ishlashga o'rgatish, kasbiy qobiliyatlarini rivojlantirish lozim bo'ladi. Talabalar bilimini o'quv yili davomida nazorat qilish, bajarilayotgan uy vazifalarini va mustaqil ishlarini kuzatib borish, dars vaqtida ta'lim olishda faol bo'lishlarini o'rgatish ularning chuqur bilimli mutaxassis bo'lishlariga olib keladi.

Masalalar yechish va uni tahlil qilish nazariy materialni yaxshi o'zlashtirishga yordam beradi, amaliy masalalar ko'rib chiqilayotganda olingan bilimlardan foydalanishga o'rgatadi, keyingi muhandislik faoliyati uchun zarur bo'lgan uquvlar hosil qiladi.

Yakor chulg'amlari o'zgarmas tok mashina (O'TM) larning muhim tarkibiy qismidir, chunki bularda energiyani o'zgartirish borasidagi asosiy ish jarayonlari sodir bo'ladi.

Material quyidagi tarzda bayon qilingan: dastlab masalalarni yechish va tahlil qilish uchun zarur bo'lgan, shuningdek, simmetrik yakor chulg'amiga oid qisqacha ma'lumotlar va bu masalalarni yechishga doir misollar uslubiy ko'rsatmalar bilan berilgan. Materialning bunday bayon qilinishi ba'zi hollarda qo'shimcha adabiyotlardan foydalanmasdan turib masalalarni yechish va tahlil qilish imkonini beradi, bu esa talabalarning mustaqil ishlashlari bo'yicha auditoriya mashg'ulotlari o'tkazishda juda qo'l keladi.

O'TM yakor chulg'amlarning simmetrik sirtmoqsimon va to'lqinsimon xillari yuzasidan mustaqil ishga doir topshiriqlar keltirilgan, shuningdek, O'TM yakor chulg'amlari parametrlarining yig'ma jadvali berilgan. O'z-o'zini tekshirishga doir savollar bayon qilingan.

Ushbu metodik ko'rsatma «Elektr mashinalari» va «Elektr mexanika» fanlarini o'rganuvchi «5310700 – Elektr mexanikasi va elektr texnologiyalari (sanoat)», «5310200 – Elektr energetikasi», va «5111000 – Kasb ta'limi (elektr energetikasi)» yo'nalishlaridagi talabalarga O'TM yakor chulg'amlariga doir amaliy mashg'ulotlar hamda mustaqil ish masalalarni yechishda yordam beradi.

1. O'zgarmas tok mashinalarining simetrik yakor chulg'amlari to'g'risida qisqacha ma'lumotlar

1.1. Asosiy tushunchalar

O'zgarmas tok mashinasidagi yakor nima?

O'zgarmas tok mashinasida asosiy magnit maydoni aylanishi natijasida chulg'amida elektr yurituvchi kuch (EYK) hosil bo'ladigan qism yakor deyiladi. Demak, yakor O'TMsi aylanadigan qismining muhim bir bo'lagi ekan.

Hozirgi O'TMlarida barabanli yakor qo'llaniladi. Bunday yakor chulg'aming o'tkazgichlari magnit o'tkazgichining tashqi silindrik sirtidagi pazlarda joylashadi. Bu chulg'amda ketma-ket ulangan alohida elementlar yakorning butun aylanasi bo'yicha bir tekis taqsimlangan bo'ladi.

Siz O'TM chulg'aming qanday elementlarini bilasiz?

Yakor chulg'aming asosiy elementi seksiyadir, u bir-biridan ajratilgan (izolyatsiyalangan) bir yoki bir nechta o'ramlardan iborat bo'lib, bular chulg'am sxemasi bo'yicha birin-ketin joylashgan ikkita kollektor plastinasiga ulab qo'yilgan. Chulg'amdagi hamma seksiyalar odatda bir xil sondagi o'ramlar W_0 ga ega bo'ladi. Seksiyalar uzunligining pazlarda yotgan qismi faol (aktiv) tomonlari deb, pazlardan tashqarida yotganlari esa tirsak tomonlari deb ataladi.

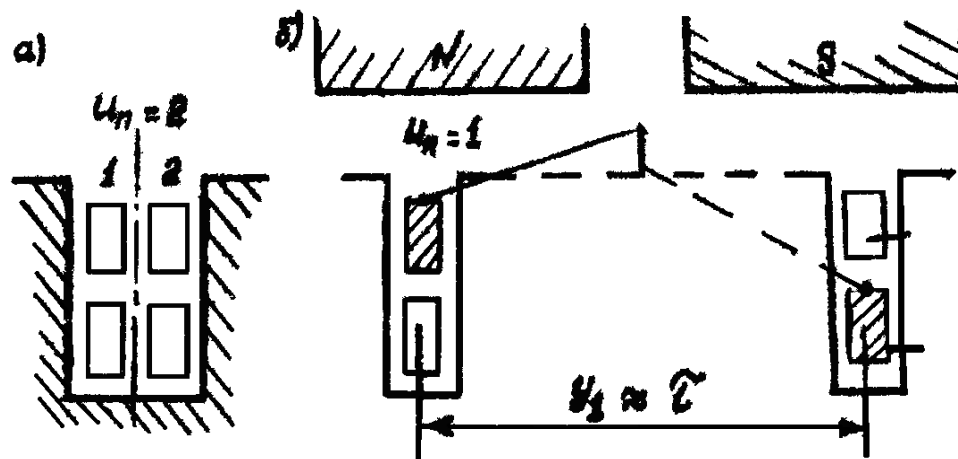
Nima uchun yakor chulg'ami ikki qatlamli qilib yasaladi?

Chulg'amning tirsak qismlarini joylashtirish qulay bo'lishi uchun yakor chulg'ami ikki qatlamli qilib tayyorlanadi va uni yuqori qatlam deb ataymiz. Bunda har qaysi seksiyaning chapki (faol tamonini bir pazning yuqori qatlamida joylashtiriladi, o'nggi faol tomonini esa chulg'am qadamiga teng masofada joylashgan boshqa pazning pastki qatlamida joylashtiriladi. Chulg'am qadami taxminan qutb bo'linmasining eni τ ga teng bo'ladi (1-rasm, b ga qarang). Qutb bo'linmasi deyilganda qo'shni qutblarning o'qlari orasiga teng masofa yoki geometrik neytrallarning qo'shni chiziqlari orasidagi yakor aylanmasi bo'yicha o'lchangan masofa tushuniladi, ya'ni $\tau = \pi D / (2p)$, [M].

Kollektor plastinalari nima uchun kerak?

Seksiyalarning uchlari kollektor plastinalariga ulanadi, bunda har qaysi plastinaga bitta seksiyaning boshi va boshqa ikkinchi bir seksiyaning oxiri ulanadi, ya'ni har qaysi seksiya S ga bitta kollektor plastinasi $S=K$ to'g'ri keladi. Bir-biridan ajratilgan va silindrik sirtga

mahkamlangan bu mis plastinalar kollektorni hosil qiladi. Shu kollektor va plastinalarga oʻrnatilgan choʻtkalar tufayli yakor chulgʻaming oʻzgaruvchi EYKi oʻzgarmas EYKga aylanadi. Demak EYK va tok tashqi zanjirda oʻzgarmas yoʻnalishda boʻladi.



1-rasm. Oʻzgarmas tok mashinalaridagi elementar paz tushunchasiga doir

Elementar paz nima?

Sxemalar tuzish, ularni oʻqish va yakor chulgʻamini tayyorlash qulay boʻlishi uchun “elementar paz” tushunchasi kiritiladi. Elementar paz deyilganda paz boʻyicha bir-birining ustida yuqori va pastki qatlamlari joylashgan (1-rasm) turli seksiyalarning ikkita faol tomoni tushuniladi. Real pazda bitta yoki bir nechta elementar pazlar (u_n) boʻlishi mumkin.

Seksiyada ikkita faol tomon boʻlganligi sababli har qaysi seksiya S ga bitta elementar paz $Z_{\text{э}}$ toʻgʻri keladi, yaʼni $S = Z_{\text{э}}$.

Eng oddiy holdagi pazda bitta elementar paz turadi ($u_n=1$), demak yakorning real va elementar pazlari soni oʻzaro teng boʻladi, yaʼni $Z = Z_{\text{э}}$. Bunda pazlar soni quyidagiga teng boʻladi:

$$Z = Z_{\text{э}} = S = K. \quad (1)$$

Biroq toʻgʻrilangan kuchlanish va tokning pulsatsiyalanishini kamaytirish maqsadida pazning har qaysi qatlamida yonma-yon tarzda seksiyalarning bir nechta ($u_n=2\div 5$) tomonlari joylashtiriladi. Bunda elementar pazlar va kollektor plastinalari soni real pazlar soniga qaraganda u_n marta koʻpayadi.

Elementar (Z_{ϑ}) va real (Z) pazlar orasidagi bog‘lanishni umumiy holda quyidagicha ifodalash mumkin:

$$Z_{\vartheta} = u_n Z, \quad (2)$$

bu yerda u_n – bitta real pazdagi elementar pazlar soni.

(1) va (2) tengliklarni hisobga olib, quyidagini yozish mumkin:

$$Z_{\vartheta} = u_n Z = S = K. \quad (3)$$

Chulg‘amlarni hisoblashda mashina qutb bo‘linmasining uzunligi τ ni elementar pazlar soni orqali ifodalash qulaydir, ya’ni:

$$\tau = Z_{\vartheta} / (2p). \quad (4)$$

Elektr burchakni qanday tushunish kerak?

Ma’lumki, yakor chulg‘amlarining o‘tkazgichlarida o‘zgaruvchan EYKlar hosil bo‘ladi va EYK o‘zgarishining har bir davriga mashina qutblarining bir jufti “ p ” to‘g‘ri kelganligi sababli umumiy holda quyidagicha yozish mumkin: $360^{\circ} \text{ geom.} = p \cdot 360^{\circ} \text{ el.}$ Bundan

$$\alpha^{\circ}_{\text{geom}} = p \cdot \alpha^{\circ} \text{ el.} \quad (5)$$

1.2. Yakor chulg‘amlarining asosiy turlari va ularning qadamlari

Seksiyalarning shakli va ularning kollektorga biriktirilish usuliga ko‘ra, yakor chulg‘amlarining sirtmoqsimon, to‘lqinsimon va aralash turlari mavjuddir. Sirtmoqsimon va to‘lqinsimon chulg‘amlar ham oddiy ham murakkab xilda tayorlanishi mumkin. Aralash chulg‘am murakkab to‘lqinsimon va oddiy sirtmoqsimon chulg‘amlarning parallel ulanishidan iborat (bu yerda aralash chulg‘amlar ko‘rilmaydi).

Chulg‘amni yakorga to‘g‘ri joylash va uni kollektorga to‘g‘ri ulash uchun chulg‘amlarning elementar pazlar soni bilan o‘lchanadigan, yakor bo‘yicha y_1 , y_2 y, qadamlarini va kollektor plastinalari soni bilan o‘lchanadigan, kollektor bo‘yicha qadam y_k ni bilish zarur:

y_1 – birinchi qisman qadam bo‘lib, chulg‘am bir seksiyasining ikki faol tomonlari orasidagi masofaga (seksiya eniga) teng;

y_2 – ikkinchi qisman qadam bo‘lib, chulg‘am bir seksiyasining ikkinchi tomoni bilan shu seksiyaga ketma-ket ulangan navbatdagi seksiyaning birinchi faol tomoni orasidagi masofaga teng;

y – natijaviy qadam bo‘lib, ketma-ket ulangan ikkita seksiyalarning birinchi faol tomonlari orasidagi masofaga teng;

y_k – kollektor bo‘yicha qadam bo‘lib, u bir seksiyasining boshi va oxiri ulangan kollektor plastinalari orasidagi masofaga teng.

Chulg‘am o‘ramasi ikki va undan ortiq seksiyalardan iborat bo‘lganida (bu katta quvvatli O‘TMLarida qo‘llaniladi), pazlar bo‘yicha qadam y_{1z} ni aniqlash zarur, u ayni bir o‘ramaning birinchi va ikkinchi faol tamonlari orasidagi masofaga teng. Bu qadam seksiya tomonlari orasida joylashgan real pazlar soni bilan o‘lchanadi.

Yakor chulg‘amlari pazlarga joylashtirilib, uni kollektor bilan ulanganidan keyin tenglashtiruvchi ulanishlar uchun teng potentsialli nuqtalarni aniqlash zarur. Buning uchun tenglashtiruvchi ulanishlar qadami y_{teng} aniqlanishi zarur, u parallel shoxobchalarning bir juftiga mos keladigan seksiyalar yoki kollektor plastinalari soni bilan o‘lchanadi.

1-amaliy mashg‘ulot

2. Sirtmoqsimon (parallel) chulg‘amlar

2.1. Oddiy (bir yo‘lli) sirtmoqsimon chulg‘am

Oddiy sirtmoqsimon chulg‘amda har qaysi seksiya yonma-yon joylashgan ikkita kollektor plastinalarga ulangan bo‘ladi. Bunda har qaysi oldingi seksiyalarning oxiri keyingi seksiyaning boshi bilan ulanadi va shu tarzda chulg‘am so‘nggi seksiyasining oxiri birinchi seksiyaning boshi bilan ulanishigacha, ya‘ni chulg‘am tutashmaganiga qadar yakor aylanasi bo‘yicha (kollektor bo‘yicha ham) ulab boriladi.

Agar chulg‘am seksiyalari yakor aylanasi bo‘yicha chapdan o‘ngga qarab joylashtirilgan bo‘lsa, bunday chulg‘am o‘ng yo‘lli chulg‘am deb, agar o‘ngdan chapga bo‘lsa, chap yo‘lli chulg‘am deb ataladi. Chap yo‘lli chulg‘amda kollektor tomondagi tirsak qism ulanishlari bir-biri bilan kesishadi, natijada chulg‘am uzunligi biroz ortadi. Bu hol misning ortiqcha sarflanishiga olib keladi. **Shu bois amalda chap yo‘lli chulg‘amlardan foydalanilmaydi.**

Oddiy sirtmoqsimon chulg‘amda natijaviy qadam va kollektor bo‘yicha qadamlar:

$$y = y_k = \pm 1, \quad (6)$$

bu yerda (+) ishorasi o'ng yo'lli chulg'amga, (-) ishorasi chap yo'lli chulg'amga taaluqli.

Chulg'amning elementar pazlar bilan o'lchanadigan birinchi qisman qadami butun son bo'lishi shart va u quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$y_1 = Z_{\vartheta} / (2p) \pm \varepsilon, \quad (7)$$

bu yerda ε – juda kichik son bo'lib, butun son hosil qilish uchun seksiyaning eni (y_1) ε soniga kamaytiriladi yoki uzaytiriladi. $(+\varepsilon)$ bo'lganida **chulg'am uzaytirilgan qadamli** deb ($y_1 > \tau$), $(-\varepsilon)$ bo'lganida **qisqartirilgan qadamli chulg'am** deb ataladi. ($y_1 < \tau$), $\varepsilon = 0$ bo'lganida, bu **chulg'amni to'la qadamli chulg'am** deyiladi ($y_1 = \tau$).

Qisqartirilgan qadamli chulg'amning tirsak qismlarining uzunligi kam bo'ladi, demak mis kamroq sarflanadi, shuning uchun amalda qisqartirilgan qadamli chulg'am ma'qul ko'riladi. Chulg'am qadaminin biroz qisqartirilishi kommutatsiyaning borishiga ham ta'sir etadi.

$$y_2 = y_1 - y \quad (8)$$

Chulg'amning real pazlar bo'yicha qadami quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$y_{1Z} = Z / (2p), \quad (9)$$

bu yerda Z – yakorning real pazlari soni.

Agar pazlar soni qutblar soniga qoldiqsiz bo'linmasa, u holda qadamni eng yaqin kichik songa yaxlitlanadi.

Yuqorida bayon qilinganlarga muvofiq O'TM chulg'amlarini hisoblash bo'yicha **topshiriqni quyidagi tartibda bajarish tavsiya etiladi:**

1. (6), (7) va (8) formulalar bo'yicha chulg'amning qadamlari aniqlanadi.

2. Sxemalarni bajarish qulay bo'lishi uchun seksiyalar va kollektor plastinalarining ulanishlar jadvali (2-rasmga qarang) oldindan tuzib olinadi.

3. Chulg'amning yoyilgan sxemasi chiziladi, buning uchun:

a) yakorning pazlari seksiyalarning faol tomonlari bilan sxematik tarzda chiziladi;

b) kollektor plastinalar elementar pazlarga nisbatan seksiyalar simmetrik qilib joylashtiriladi;

v) seksiyalar, pazlar kollektor plastinalari 1-seksiyalarning yuqori qatlami 1-pazda, 2-seksiyaning yuqori qatlami 2-pazda va hokazo tarzda joylashadigan qilib raqamlab chiqiladi;

g) tish bo'linmalari birligida o'lchangan qutb bo'linmasi $\tau = Z/(2p)$ aniqlanadi va yakor yoyilmasi bo'yicha geometrik neytralni bir-biridan τ masofada joylashtirib, qutblarning ta'sir zonasi chegaralanadi. Qutbning eni (b_m) taxminan $b_m = 0,8\tau_z$ ga teng qilib olinadi;

d) yakorga hamma seksiyalarni oldin aniqlangan y_1, y, y_2, y_k qadamlar bo'yicha joylashtirib chiqiladi;

e) cho'tkalar joyiga qo'yiladi va ularning qutbi (ishorasi) aniqlanadi. Buning uchun yakorning aylanish yo'nalishi va qutblarning ishorasi ixtiyoriy tanlanadi. So'ngra "o'ng qo'l" qoidasiga ko'ra, yakor chulg'amining o'tkazgichlari EYKlarining yo'nalishi aniqlanadi (3-rasmga qarang);

j) bir nechta tenglashtiruvchi ulanishlar qo'yib chiqiladi.

4. Chulg'amning yoyilgan sxemesiga ko'ra, prinsipial elektr sxemasi tuziladi. Bu sxemani chizishni ixtiyoriy cho'tkadan boshlash va shu cho'tkaning o'zida tugallash kerak.

5. Seksiyalar EYKlari vektorlarining yulduzi (zarurat bo'lganida pazlar EYKlari – seksiyalar tomonlari EYKlarining yulduzi) va EYKlar ko'pburchagi quriladi (5,7,8-rasmlarga qarang).

Oddiy o'ng yo'lli sirtmoqsimon chulg'amni qurish bo'yicha misolni ko'rib chiqamiz.

1-misol. Oddiy o'ng yo'lli ikki qatlamli sirtmoqsimon chulg'am quyidagi ma'lumotlari bilan berilgan: $Z=18$, $2p=4$, $u_n=1$. Seksiya bir o'ramli. Yuqorida aytib o'tilgan (1-5) bandlarni bajarish talab etiladi.

Yechishga doir metodik ko'rsatmalar

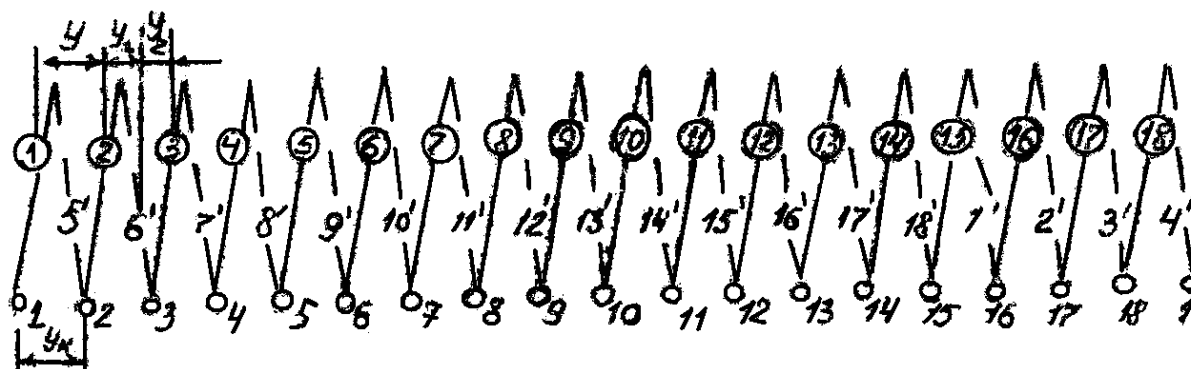
Oddiy o'ng yo'lli sirtmoqsimon chulg'am uchun (6) formulaga muvofiq $y=y_k=\pm 1$ ni aniqlaymiz. $u_n=1$ bo'lgani uchun (3) formulaga ko'ra, $Z_9 = Z = S = K = 18$ ega bo'lamiz. (7) va (8) formulalarga ko'ra, chulg'amning birinchi y_1 va ikkinchi y_2 qadamlarini hisoblaymiz:

$$y_1 = Z_9 / (2p) \pm \varepsilon = 18 / 4 \pm 2/4 = 4 \frac{1}{2} \pm 1/2.$$

Chulg'am qadami butun son bo'lishi shart, shu bois $y_1 = 4$ deb qabul qilamiz, ya'ni qisqartirilgan qadamni olamiz. $y_2 = y_1 - 1 = 4 - 1 = 3$.

Jadval tuzish qulay bo'lishi uchun elementar pazlarining yuqori qatlamida yotuvchi seksiyalarning 1-tomonlari bilan ulangan kollektor

plastinalarini (2-rasmning pastidagi nuqtalar) bir xil raqamlar bilan belgilaymiz. Kollektor plastinasini 1 dan boshlaymiz. Uni 1-seksiyaning (yuqori qatlam) boshi bilan tutash chiziq yordamida birlashtiramiz. Bu seksiyaning ikkinchi tomoni (oxiri) $1+y_1=1+4=5$ – elementar pazning pastki qatlamida yotadi va kollektor plastinasi $5-y_2=5-3=2$ ga punktir chiziq bilan ulanadi. Xuddi shu plastinaga 2-seksiyaning boshi 2 ni ulaymiz, so‘ngra yana $y_1=4$ qadam tashlab, bu seksiyaning oxirini $2+y_1=2+4=6$ – elementar pazning pastki qatlamiga joylashtiramiz va hokazo. Nihoyat so‘nggi – 18-seksiyaning boshini 18-elementar pazning yuqori qatlamiga, oxirini esa 4-pazning pastki qatlamiga joylashtiramiz va 1-chulg‘am boshlangan kollektor plastinaga ulaymiz. Natijada chulg‘am butunlay tutashtirilgan bo‘ladi (2 va 3-rasmlarga qarang). Shtrixli raqamlar chap tomondagi doirachalarda ko‘rsatilgan, seksiyalarning oxirlari qaysi elementar pazlarda yotishini ko‘rsatadi.



2-rasm. Oddiy sirtmoqsimon chulg‘am seksiyalari tomonlari va kollektor plastinalarining ulanishlar jadvali

Chulg‘amni yoyilgan sxema tarzida chizish uchun tekislikda $Z=18$ ta vertikal to‘g‘ri chiziq o‘tkazamiz, ular elementar pazlarni tasvirlaydi. Bunda tutash chiziqlar seksiyaning birinchi faol tomonini, ya‘ni pazdagi chulg‘amning yuqori qatlamini, punktir chiziqlar esa shu pazda joylashgan boshqa seksiyaning ikkinchi faol tomonini ifodalaydi. Yaqqollik uchun tutash va punktir chiziqlar yonma-yon chiziladi. Seksiyalarni (ularning boshi bo‘yicha) va kollektorlarni chapdan o‘ngga tomon raqamlaymiz.

Oddiy sirtmoqsimon chulg‘amda kollektor plastinalari quyidagicha joylashadi. Masalan, 1-kollektor plastinasini simmetrik joylashtirish uchun quyidagi shartlar bajarilishi zarur: a) 1 va 2-kollektor plastinalarini ajratib turuvchi chiziq oddiy chulg‘amlarda 1-seksiya o‘qi

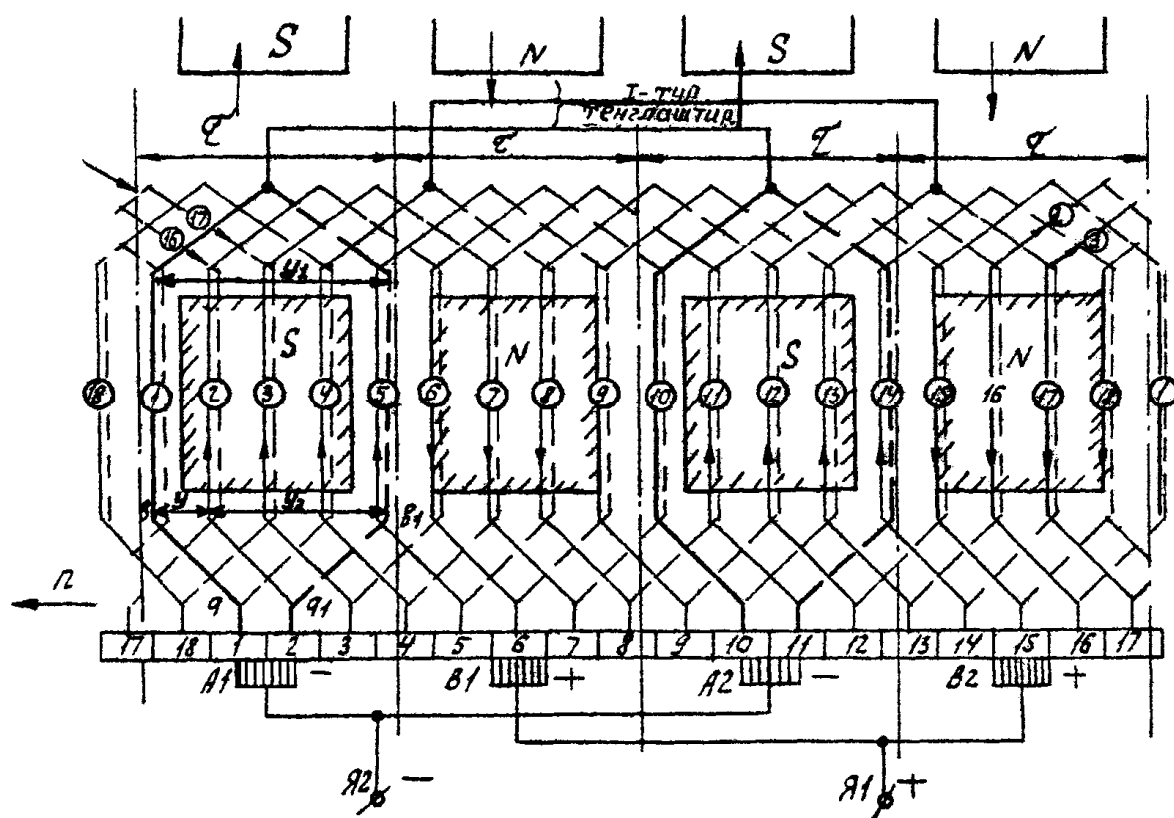
bilan ustma-ust tushishi kerak; b) seksiyaning har ikki uchlarining uzunligi bir xil, ya'ni $ab = a_1b_1$ bo'lishi kerak (3-rasmga qarang).

Barcha ulanishlar 2-rasmga ko'rsatilgan jadvalga muvofiq bajariladi. Yoyilgan sxemaning tepasida (3-rasmga qarang) yaqqollik uchun doiracha ichiga olingan raqamli chiziqlar strelkalar sifatida ko'rsatilgan bo'lib, ularning qaysi elementar pazlar bilan ulanishini bildiradi.

Bizning misolimizda yoyilma chizig'i 18 va 1-pazlar orasida joylashgan geometrik neytral bilan ustma-ust tushadi (3-rasmga qarang).

Barcha seksiyalar ulanib bo'lganidan keyin sxemada qutblar tasvirlanadi, ularning o'rtasi bir-biridan τ masofada bo'ladi.

Kuch chiziqlarining yo'nalishini, odatda, shimoliy qutb N dan yakor chulg'ami tomon chiqib, janubiy qutb S ga kiradigan qilib olinadi. Yakor soat sterelkasi harakatiga qarama-qarshi yo'naladi deb olamiz, EYKlarning yo'nalishini esa qulaylik uchun faqat seksiyaning yuqori qatlamlarida ko'rsatish tavsiya etiladi.



3-rasm. Oddiy o'ng yo'lli sirtmoqsimon chulg'amning yoyilgan sxemasi
($S=K=18$, $2p=4$, $u_n=1$)

Cho'tkalar kollektorda qanday joylashtiriladi?

Sxemaning eng muhim jihatlaridan biri – bu unda cho'tkalarining to'g'ri joylashtirilishidir. Cho'tkalarni kollektorning aylanasi bo'ylab

geometrik neytralda mutlaqo bir tekis o'rnatish zarur. Bunda yakordagi neytral bilan kollektordagi neytralni bir-biridan ajrata bilish zarur.

Yakordagi neytral – mashinaning geometrik neytrali, **kollektordagi neytral** esa mazkur cho'tkaning ro'parasidagi qutb o'qi bilan ustma-ust tushadigan chiziqlar.

Shuni ta'kidlash kerakki, chulg'amning qadami to'la bo'lgandagina seksiyalarning tomonlari geometrik neytral chiziqlari bilan ustma-ust tushadi, boshqa hollarda, masalan, qadam qisqartirilgan bo'lsa, u holda bu tomonlar geometrik neytrallar yaqinida yotadi. Seksiyaning tirsak qismi simmetrik ulangan bo'lsa, cho'tkalar kollektorga qutblarning o'qi bo'yicha o'rnatiladi. Ko'rib chiqilayotgan onda cho'tkalar orqali qisqa tutashgan seksiyalar neytral zonalarda yotadi. Bu seksiyalar yoyilgan sxemada yo'g'onlashtirilgan chiziqlar bilan ko'rsatilgan (3-rasmga qarang).

Qolgan qutblar va cho'tkalarining o'qlari biri undan keyingisidan 180 elek. gradusli yoy masofasida turishi, ya'ni qutblar $Z_9/(2p)$ seksiya masofasida (bizning misolda $18/4 = 4\frac{1}{2}$ seksiya), cho'tkalar esa $K/(2p)$ kollektor plastinalari masofasida turishi kerak (bizning misolda $18/4 = 4\frac{1}{2}$ kollektor plastinalari).

Oddiy sirtmoqsimon chulg'amda cho'tkalar soni doimo qutblar soni $(2p)$ ga teng.

2-amaliy mashg'ulot

Cho'tkalarining ishoralarini qo'yish

Cho'tkalarining ishoralari qanday aniqlanadi?

EYKlar yo'nalishi aniqlangandan keyin cho'tkalarining ishorasini topamiz. Bunda tashqi zanjirga tok beradigan cho'tkalar musbat ishorali bo'ladi (bizning misolda B_1 va B_2 cho'tkalar), qolgan cho'tkalar (A_1 va A_2) esa manfiy hisoblanadi. Bir xil ishorali cho'tkalar parallel va mashinaning tegishli qisqichlariga ulanadi.

Shuni esda tutish kerakki, o'ng yo'lli sirtmoqsimon chulg'amda yakor soat strelkasi harakati bo'ylab aylanganida janubiy qutblar ostida musbat ishorali cho'tkalar joylashadi. Yakor teskari yo'nalishda aylanganida yoki chap yo'lli chulg'amda janubiy qutblar ostida joylashgan cho'tkalar manfiy ishorali bo'ladi.

Oddiy chulg'amlarda cho'tka enini qanday olish kerak?

Oddiy chulgʻamlarning sxemalarida choʻtkalarning enini bitta kollektor plastinasining eniga teng qilib olish zarur.

Parallel shoxobcha nima va uni qanday aniqlash mumkin?

Toʻrtta choʻtkani toʻrtta qutbning ostiga oʻrnatib va sxema boʻyicha yakor chulgʻamning seksiyalarida (3-rasm) EYK (yoki tokning) yoʻnalishini kuzatib, oddiy sirtmoqsimon chulgʻamning parallel shoxobchalari sonini aniqlash mumkin.

Parallel shoxobcha chulgʻamning ikkita turli ishorali qoʻshni choʻtkalari orasida ketma-ket ulangan hamda EYKi (yoki toki) bir xil yoʻnalishga ega boʻlgan, bir nechta seksiyadan iborat qismdir.

Parallel shoxobchalarda seksiyalarning taqsimlanishini chulgʻamning prinsipial sxemasida koʻrsatamiz (4-rasm). Bunday taqsimlanish vaqtning bir oni uchun toʻgʻri, chunki yakor aylanib turganida bir parallel shoxobcha tarkibidagi seksiyalar oʻzgarib turadi.

Parallel shoxobchalar ulanishlarning elektr sxemasi 3-rasm yordamida quyidagi tartibda bajariladi:

Qogʻoz varagʻining chap tomonida bir xil ishoradagi, faraz qilaylik, manfiy choʻtkalar va ular tegib turgan kollektor plastinalari koʻrsatiladi, oʻng tomonida esa musbat ishorali choʻtkalar joylashtiriladi. Soʻngra seksiya 1 dan boshlab chulgʻam seksiyalarini aylanib chiqish boshlanadi. Bu seksiya koʻrilayotgan onda A_1 choʻtkasi bilan qisqa tutashgan boʻladi va shuning uchun u ish seksiyasi boʻla olmaydi. Keyin 2, 3, 4, va 5-seksiyalari keladi, ular oʻzaro ketma-ket ulanadi va bitta parallel shoxobchani hosil qiladi. 5-seksiya musbat ishorali B_1 choʻtkasi oʻrnatilgan 6-kollektor plastinasi bilan ulanadi. Xuddi shu tartibda butun chulgʻam aylanib chiqiladi.

Bizning misolda toʻrtta parallel shoxobchali elektr sxema hosil qildik: 2, 3, 4, va 5-seksiyalar birinchi parallel shoxobchani; 6, 7, 8 va 9-seksiyalar ikkinchi parallel shoxobchani; 11, 12, 13 va 14-seksiyalar uchinchi parallel shoxobchani; 15, 16, 17 va 18-seksiyalar toʻrtinchi parallel shoxobchani hosil qiladi (4-rasm qarang).

Bu sxema chulgʻamning parallel shoxobchalari sonini yaqqol koʻrsatadi. Sxemadagi “B” va “O” harflari tegishli seksiyaning boshi va oxirini bildiradi.

Oddiy sirtmoqsimon chulgʻamda parallel shoxobchalar soni doimo mashina qutblari soniga teng boʻladi, yaʼni:

$$2a = 2p. \quad (10)$$

3-amaliy mashg'ulot

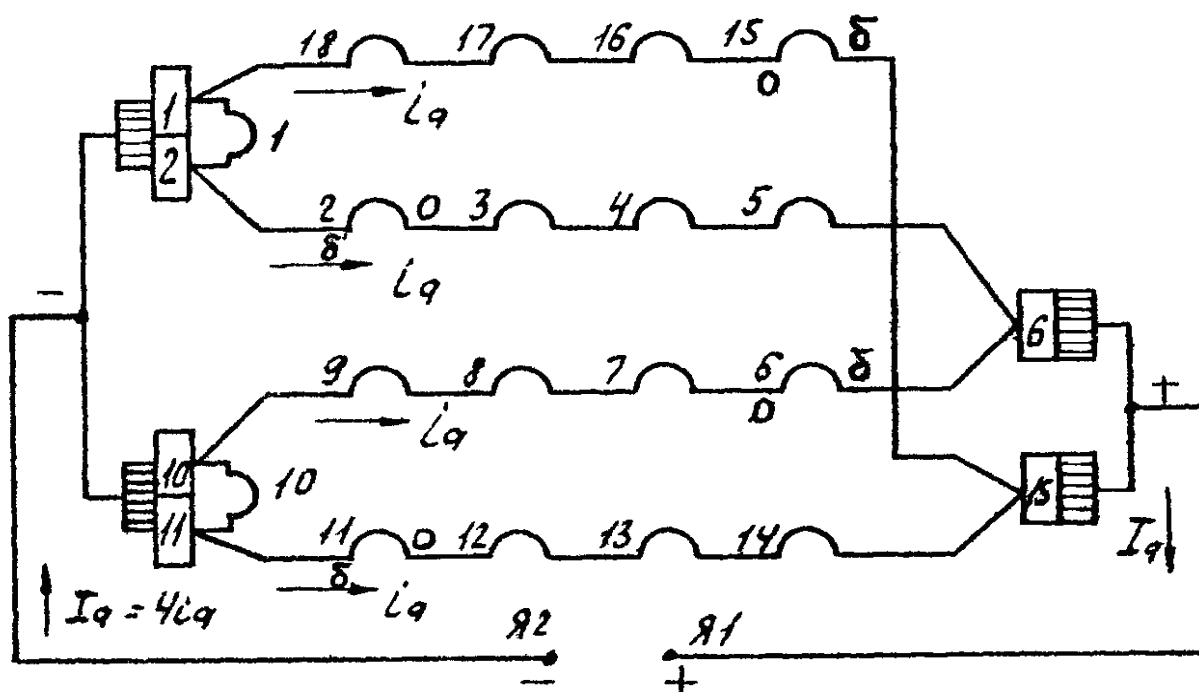
Seksiya EYK vektorining yo'nalishini aniqlash

Seksiya EYK vektorining yo'nalishi qanday aniqlanadi?

Agar ko'rilayotgan onda seksiyalarning tomonlaridan birortasi ham qutb o'qi bilan mos tushmasa, u holda seksiyalar EYKi yulduzini qurishni geometrik neytral zonasida yotgan seksiyalarning biridan boshlash (bizning misolda 1-seksiya) va uning EYKi vektorining yo'nalishini neytralga nisbatan mo'ljallab olish kerak. Agar mos tushsa, shu seksiyaning EYKi vektorini geometrik neytral bo'yicha yo'naltiriladi xolos.

3-rasmda geometrik neytralning bir chizig'i 18 va 1-elementar pazlar orasidan o'tib, 1-elementar pazdan tish bo'linmasining 1/4 qismiga teng masofada yotadi. Shuning uchun vektor diagrammada (5-rasm, b ga qarang) 1-seksiya birinchi faol tomonining EYKi vektori soat strelkasi harakati yo'nalishi bo'yicha geometrik neytralda $\alpha/4$ masofaga surilgan bo'ladi. Bu yerda α ikki qo'shni pazlar orasidagi siljish burchagi bo'lib, u quyidagi ifodadan topiladi:

$$\alpha = (360 p)/S. \quad (11)$$



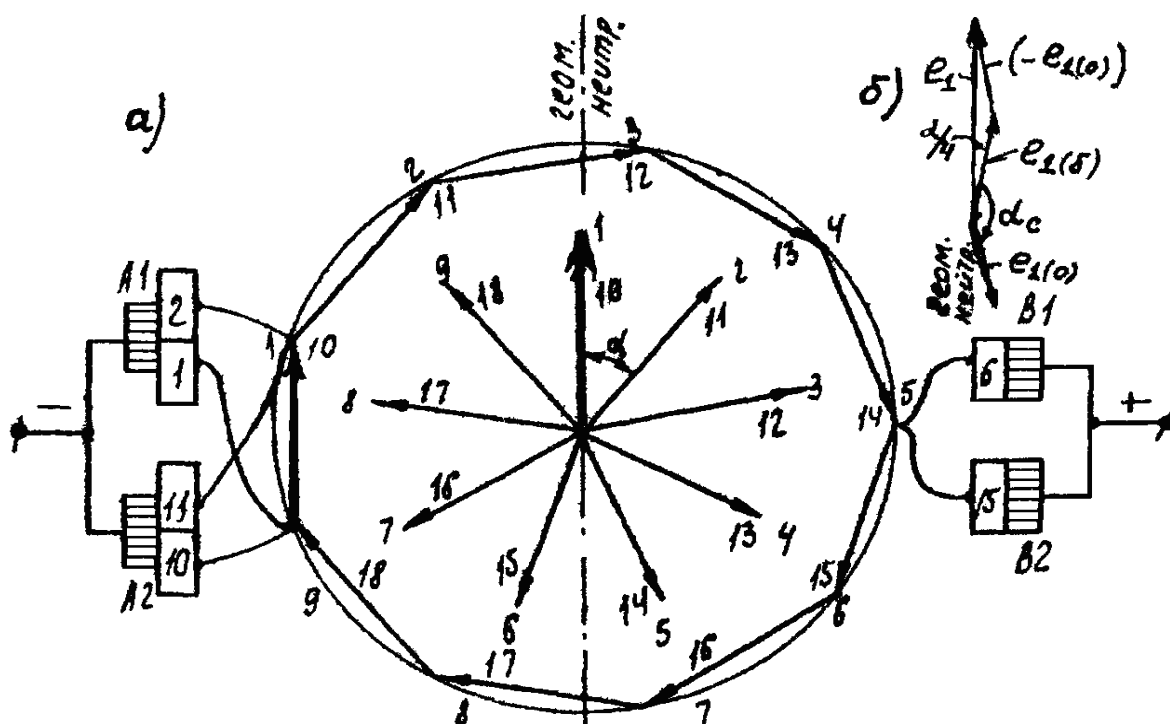
4-rasm. 3-rasmda ko'rsatilgan chulg'am parallel shoxobchalari ulanishlarining prinsipial elektr sxemasi

1-seksiya EYKining yoʻnalishi topiladi, vektor diagramma quyidagicha quriladi: 1-pazda yotgan shu seksiyaning birinchi faol tomonida hosil boʻlgan EYK vektori $e_{1(\delta)}$ geometrik neytral chizigʻiga nisbatan $\alpha/4$ burchak ostida oʻlchab qoʻyiladi. 5-pazda 1-seksiyaning ikkinchi faol tomonida hosil boʻlgan EYK vektori $e_{1(0)}$ vektor $e_{1(\delta)}$ ga nisbatan α_c burchak ostida yoʻnaltiriladi. Bu burchak quyidagicha topiladi:

$$\alpha_c = y_{1z} \cdot \alpha = 4 \cdot (360 \cdot 2) / 18 = 160^\circ \text{ el},$$

bu yerda $y_{1z} = 4$ – chulgʻaming real pazlar boʻyicha qadami.

Elektr mashinalarida seksiyalarning tomonlari hamma vaqt shunday ulanadiki, bunda 1-pazning yuqori qatlamida turgan birinchi tomonning oxiriga shu seksiya ikkinchi tomonining oxiri ulanadi, bizning holda bu tomon 5-pazning pastki qatlamida (yaʼni chulgʻam qadami y_1 ga teng masofada) yotadi. Tomonlarning bunday ulanishida seksiyalar EYKlarining yoʻnalishi mazkur seksiyalar tomonlari EYKlarining vektorlari $e_{1(\delta)}$ va $e_{1(0)}$ larning ayirmasi sifatida aniqlanadi. Shuning uchun $e_{1(0)}$ vektorni 180° ga buramiz va $e_{1(\delta)}$ vektorning oxiridan $(-e_{1(0)})$ vektorni oʻtkazamiz; $(-e_{1(0)})$ vektorning oxirini koordinatalar boshi bilan birlashtirsak, 1-seksiyaning natijaviy EYKi e_1 ni hosil qilamiz.



5-rasm. a) 3-rasmda tasvirlangan chulgʻam seksiyalar EYKlarining yulduzi va koʻpburchagi;
b) 1-seksiya EYKining yoʻnalishini aniqlash uchun vektor diagramma

Vektor diagramma yordamida (5-rasm, *b*) 1-seksiya natijaviy EYKi vektori e_1 ning xuddi shu seksiya birinchi faol tomonining EYKi vektori $e_{1(\delta)}$ dan siljish burchagining kattaligini topish mumkin.

Seksiyalar EYKlarining yulduzini qanday qurish mumkin?

Bizning misolimizda 1-seksiyaning EYKi vektori tasodifan geometrik neytral bilan mos tushdi. Undan keyingi seksiyalarning EYKlarining vektorlari bir-biriga nisbatan α burchakka surilgan (5-rasm, *a* ga qarang).

Seksiyalar EYKlarining yulduzi Z_9 ta vektorga ega, biroq ayrim teng potentsialli vektorlar faza bo'yicha mos kelishi mumkin va bunda vektorlar soni Z_9 dan kam bo'lishi mumkin. Quyidagi

$$Z_9/p = b.s. \text{ (butun son)} \quad (12)$$

shart bajarilganida vektorlar soni shu kattalikka teng bo'ladi va diagramma bir-biriga ustma-ust tushadigan " p " ta seksiyalar EYKlarining yulduzlaridan va ko'pburchaklaridan iborat bo'ladi (5-rasm, *a*).

Chulg'am seksiyalari EYKlarining ko'pburchagi qanday quriladi?

Seksiyalar EYKlari yulduzidan foydalanib, chulg'am seksiyalari EYKlarining ko'pburchagini qurish mumkin. Bunda seksiyalarning EYKlari chulg'am sxemasi bo'yicha qaysi seksiyada joylashgan bo'lsa, o'sha tartibda qo'shiladi. Shunday ko'pburchak 3-rasmda ko'rsatilgan chulg'am seksiyalari EYKlarining yulduzi bilan birga 5-rasmda tasvirlangan.

Ko'pburchakni qurish seksiyalar EYKlarining yulduziga tashqi chizilgan yordamchi aylana chizishdan boshlanadi. So'ngra aylanani Z/p qismga bo'linadi. Bunda aylanani qismlarga bo'lish shunday boshlanadiki, aylanadagi 1-kesma seksiyalar yulduzidagi 1-vektorga parallel bo'lsin, bu kesmaning oxiridan esa soat sterelkasining harakati yo'nalishida 2-vektorga parallel kesma o'tkaziladi va hokazo.

Bizning misolimizda qo'shni seksiyalar EYKlarining vektorlari o'zidan avvalgisidan $\alpha=40^\circ$ ga surilganligi sababli $Z/p=18/2=9$ ta seksiyaning vektorlari qurilganidan keyin EYKlar ko'pburchagi tushadi. Qolgan 9 ta seksiya aylanib chiqilganidan keyin ikkinchi ko'pburchak hosil bo'ladi, u birinchi ko'pburchak bilan ustma-ust tushadi; shuning uchun har qaysi vektor ikkita raqam bilan belgilangan: 1, 10; 2, 11 va hokazo.

EYKlarning har qaysi ko'pburchagi parallel shoxobchalarining bir juftiga to'g'ri keladi. Bir shoxobcha seksiyalari vektorlarining yoki ko'pburchak yarmining cho'tkalar o'qiga proeksiyasi shoxobchanning yoki butun chulg'amning EYKiga teng bo'ladi chunki chulg'amning EYKi bitta parallel shoxobchanning EYKiga teng.

Har ikki ko'pburchak vektorlarining 5-rasm, a da ko'rsatilgandek ustma-ust tushishi (mos kelishi) chulg'amda teng potensialli nuqtalar borligidan dalolat beradi. Masalan, 1 va 10; 2 va 11 va hokazo kollektor plastinalari teng potensiallarga ega. Bunday teng potensialli kollektor plastinalariga mos keladigan seksiya tomonlari bir xildagi magnit maydonida joylashgan bo'ladi.

2.2. Chulg'amlarning simmetriya shartlari

Mashinaning ishlashiga eng yaxshi sharoitlar yaratib berish uchun chulg'amning hamma parallel shoxobchalarining EYKlari va ularning qarshiliklari bir xil bo'lishi, buning uchun esa quyidagi shartlar qondirilishi zarur:

1) mashinaning magnit sistemasi simmetrik va hamma qutblarning oqimlari teng bo'lishi kerak;

2) chulg'amning hamma juft parallel shoxobchalari ekvivalent bo'lishi, ya'ni ular bir xil magnit sharoitida bo'lishi kerak.

Bu talablarni qondiruvchi chulg'am simmetrik chulg'am deyiladi. Chulg'amning har qaysi juft parallel shoxobchalari butun son (b.s.)ga teng bo'lgan seksiyalar va kollektor plastinalari bo'lishi kerak:

$$S/a = K/a = b.s. \quad (13)$$

Chulg'amlarning pazlarga joylashtirilishi chulg'am paralel shoxobchalarining magnit maydonida simmetrikligiga qo'shimcha talablar qo'ydi. Buning uchun har qaysi parallel shoxobchanning seksiyalari yakorda bir xil sondagi pazlarni egallashi kerak, ya'ni:

$$Z/a = b.s. \quad (14)$$

bu yerda Z – yakordagi real pazlar soni.

Chulg'amning simmetrik joylashgan parallel shoxobchalari magnit maydonida bir xil vaziyatda bo'ladilar. Bu hol quyidagi shart bajarilganda yuz beradi:

$$2p/a = b.s. \quad (15)$$

(13), (14) va (15) munosabatlar chulg'amning simmetriya shartlaridir.

Oddiy sirtmoqsimon chulg'am simmetrik bo'lishi uchun faqat birinchi ikki shart bajarilsa kifoya, chunki bunda 3-shart (15) o'z-o'zidan bajariladi.

Yuqorida aytib o'tilgan simmetriya shartlari bajarilmasa, chulg'am asimmetrik bo'lib, undan mashinaning ishini yomonlashtiruvchi tenglashtiruvchi toklar cho'tkalardan o'tadi.

2.3. Birinchi tur tenglashtiruvchi ulanishlar

Bunday tenglashtiruvchi ulanishlar oddiy sirtmoqsimon chulg'amlarda bir xil qutb ostida yotgan chulg'am parallel shoxobchalaridagi potentsiallarni tenglashtirish uchun qo'llaniladi. Tajribalar shuni ko'rsatadiki, chulg'am simmetriya shartlariga hatto aniq rioya qilingan hollarda ham uning ayrim shoxobchalarida EYKlar bir xil bo'lmasligi mumkin. Bunga mashinani tayyorlashdagi texnologik nuqsonlar sabab bo'ladi. Natijada hatto generator yuksiz ishlaganida ham chulg'am ichida tenglashtiruvchi toklar I_{teng} o'tib, ular bir xil ishorali cho'tkalar va ular ulangan simlar orqali tutashadi.

Cho'tkalardagi tenglashtiruvchi toklarni kamaytirish va bu toklar chulg'amining ichkarisida tutashuviga imkon yaratish uchun chulg'am tenglashtiruvchi ulanishlar bilan ta'minlanadi (ularni tenglashtiruvchilar deb ham yuritiladi).

Chulg'amlardan o'tayotgan tenglashtiruvchi toklar o'zgaruvchan bo'ladi va Lens qoidasiga muvofiq magnit maydon hosil qiladi, bu maydon qutb oqimlaridagi tengsizlikni yo'qotishga intiladi. Shuning uchun tenglashtiruvchilarning mavjudligi tenglashtiruvchi toklarning ancha zaiflashishiga olib keladi.

Tenglashtiruvchilar qanday bajariladi?

Teng potentsialli qo'shni nuqtalar orasidagi masofa potensial qadam y_n bilan aniqlanadi, bu qadam parallel shoxobchalarning bir juftiga mos keladigan seksiyalar soni yoki kollektor bo'linmalari soni bilan o'lchanadi, ya'ni:

$$y_n = S/a = K/a = K/p. \quad (16)$$

Endi chulg'amning 1-misolda keltirilgan hamma simmetriya shartlarini tekshiramiz (3-rasmga qarang):

$$S/a = K/a = 18/2 = 9 = b.s.; \quad Z/a = 18/2 = 9 = b.s.$$

$$2p/a = 4/2 = 2 = b.s.,$$

binobarin, hamma simmetriya shartlariga rioya qilingan.

Potensial qadam yoki 1-tur tenglashtiruvchining qadami quyidagiga teng:

$$y_{teng.1} = y_n = S/a = K/a = 18/2 = 9. \quad (17)$$

Demak 1 va $1+y_n = 1+9 = 10$, 2 va $2+9 = 11$ va hokazo seksiyalar teng potentsialli seksiyalardir. Tenglashtiruvchilarning to'la soni quyidagiga teng:

$$N_{teng.} = K/a,$$

biroq kommutatsiya sharoitlari nisbatan yengil bo'lgan mashinalarda, odatda, tenglashtiruvchilar soni $(1/3 \div 1/4)N$ gacha yoki bir-ikkita pazga bitta tenglashtiruvchi hisobidan kamaytiriladi ($u_n > 1$ bo'lganida).

4-amaliy mashg'ulot

2.4. Murakkab (ko'p yo'lli) sirtmoqsimon chulg'am

Murakkab sirtmoqsimon chulg'amni biz ko'rib o'tgan oddiy chulg'am asosida o'rganamiz.

Oddiy sirtmoqsimon chulg'amda parallel shoxobchalar soni mashina qutblari soniga teng. Demak, past kuchlanishli va yakor toki katta bo'lgan mashinalarda talab etilgandek parallel shoxobchalar soni ko'p bo'lgan chulg'am hosil qilish zarur bo'lib qolsa, u holda mashinani ko'p qutbli qilishga, ya'ni qutblar sonini oddiy sirtmoqsimon chulg'amli mashinadagidan 2, 3 va hatto undan ko'proq oshirishga to'g'ri kelardi. Bitta mashinada qutblar sonini ko'paytirish mashina o'lchamlarining kattalashuviga, binobarin, uning narxi oshishiga olib kelgan bo'lardi. Shuning uchun parallel qutblari soni ko'p bo'lgan chulg'am hosil qilish uchun murakkab (ko'p yo'lli) chulg'amdan foydalanadi. Oddiy sirtmoqsimon chulg'amda yo'llar soni $m=1$ ga teng bo'lib, bir kollektorga ulangan murakkab chulg'amni esa bir necha ($m=2, 3$) oddiy sirtmoqsimon chulg'amlarning yig'indisidan iborat deb qarash mumkin. Bunday chulg'am murakkab parallel chulg'am deb ataladi.

Quyida o'ng o'ralgan, ikki yo'lli ($m=2$) sirtmoqsimon chulg'amni ko'rib chiqamiz, chunki shunday chulg'am amalda ko'proq ishlatiladi.

O'zgaras tok generatori chulg'amidagi tokni tashqi zanjirga uzatadigan cho'tkalarining eni kollektor bo'linmasining 2 tasiga teng bo'lishi kerak, chunki $m=2$. Bu holda oddiy sirtmoqsimon chulg'amlar parallel ulanadi. Buning natijasida murakkab sirtmoqsimon

chulg'amning parallel shoxobchalari soni ikki marta ortadi. Umumiy holda quyidagicha yozish mumkin:

$$2a = 2p \cdot m. \quad (18)$$

Murakkab sirtmoqsimon chulg'amda elementar pazlar bo'yicha natijaviy qadam va kollektor bo'yicha qadam chulg'am yo'llari soniga teng, ya'ni:

$$y = y_k = \pm m. \quad (19)$$

Bunday chulg'amning qolgan qadamlari y_1 va y_2 oddiy sirtmoqsimon chulg'amdagidek (7) va (8) formulalar bilan hisoblanadi.

Quyidagi misolda murakkab chulg'amning xususiyatlarini ko'rib chiqamiz.

2-misol. Quyidagi ma'lumotlar bo'yicha yakorning murakkab o'ng o'ralgan sirtmoqsimon chulg'amini bajaring: $Z=20$; $2p=4$; $Z_3 = S = K=20$; $u_n=1$; $m=2$. Seksiyalar bir o'ramli.

Yechishga doir metodik ko'rsatmalar

(18) formuladan chulg'am parallel shoxobchalarining sonini hisoblaymiz:

$$2a = 2p \cdot m = 4 \cdot 2 = 8, \text{ bundan } a = 4.$$

(13), (14) va (15) formulalarga muvofiq chulg'amning umumiy simmetriya shartlarini tekshiramiz:

$$1) S/a = 20/4 = 5 = b.s., \quad 2) Z/a = 20/4 = 5 = b.s.,$$

$$3) 2p/a = 4/4 = 1 = b.s.$$

Demak, hamma simmetriya shartlariga rioya qilingan.

Shuni ta'kidlash kerakki, agar murakkab sirtmoqsimon chulg'amda $m=2$ da K/p dan hosil bo'lgan bo'linma juft son bo'lsa, bu shartlarga rioya qilingan hisoblanadi.

(7) ga muvofiq chulg'amning birinchi qadamini aniqlaymiz:

$$y_1 = Z/(2p) \pm \varepsilon = 20/4 + 1 = 6.$$

ε soni musbat ishora bilan olinganligi sababli chulg'am qadami uzaytirilgan bo'ladi.

Chulg'amning natijaviy qadami $y = \pm m = +2$ ga teng, bu yerda chulg'am o'ng o'ralgan bo'lganligi sababli musbat ishora olinadi.

Chulg'amning ikkinchi qadamini (8) bo'yicha hisoblaymiz:

$$y_2 = y_1 - y = 6 - 2 = 4.$$

Seksiyalar tomonlarining ulanishlari jadvali xuddi oddiy sirtmoqsimon chulg'amdagidek tuziladi (2-rasmga qarang). Bunda ulanishlar 1-kollektor plastinasi va 1-seksiya boshlanadi, hamma toq seksiyalar va plastinalarni o'zaro ulab, chulg'amning birinchi yo'li 1-

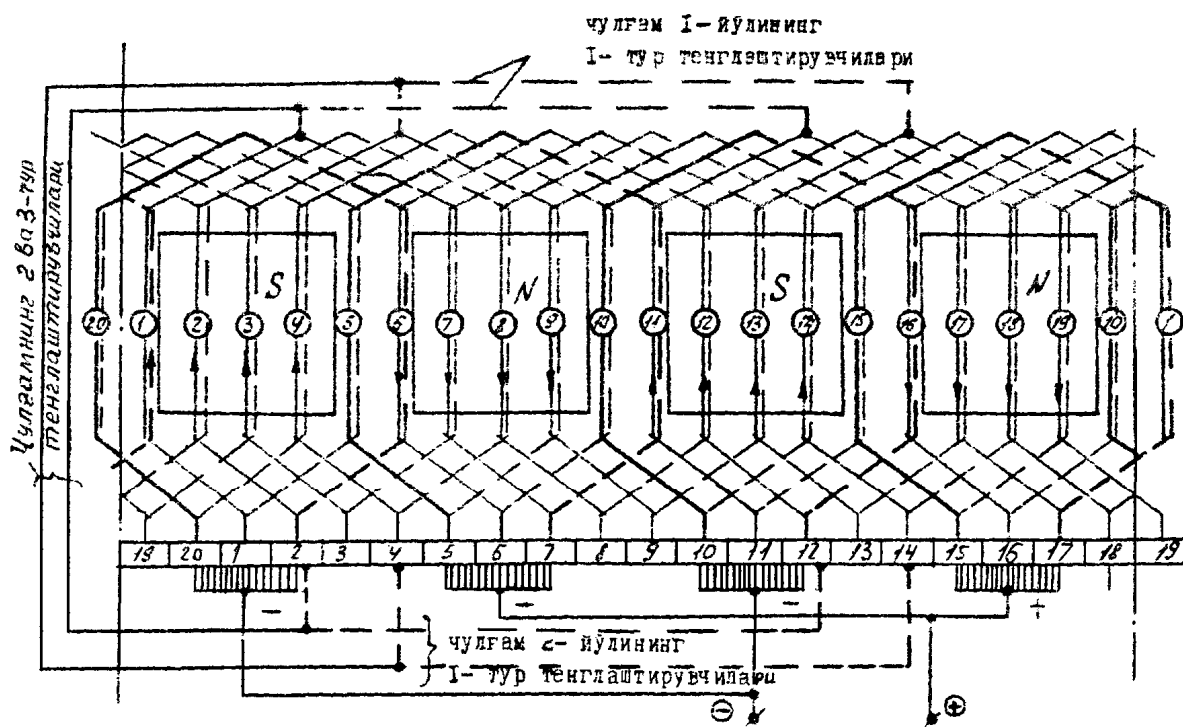
plastinada tutashtiriladi. Ikkinchi yo'lni 2-plastinadan boshlab, hamma juft seksiyalar va plastinalar ulanadi va chulg'amning ikkinchi yo'li 2-plastinada tutashtiriladi. Binobarin, seksiyalar tomonlarining ulanishlar jadvali ikki qismdan iborat.

Agar kollektor plastinalari juft sondan iborat bo'lsa (bizning misolda shunday), $y_k=2$ bo'lganda yakorda ikki bir xil mustaqil chulg'am hosil qilinadi. Bunday chulg'am ikki marta tutashgan chulg'am deyiladi.

Bu chulg'amning simmetriya sharti:

$$y_k = 2 \text{ da } K - \text{juft son.} \quad (20)$$

6-rasmda ikki yo'lli sirtmoqsimon chulg'amning yoyilgan sxemasi ko'rsatilgan bo'lib, unda birinchi yo'l seksiyalari toq raqamli kollektor plastinalariga, ikkinchi yo'l seksiyalari esa juft raqamli kollektor plastinalariga ulanadi.

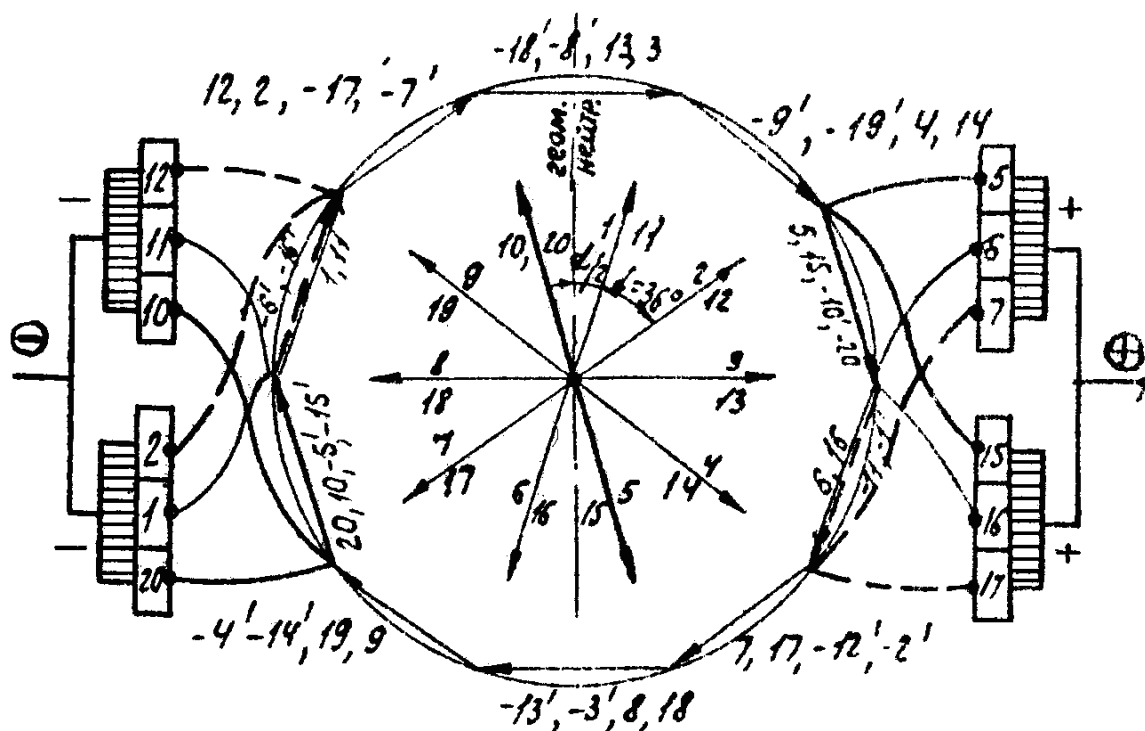


6-rasm. Ikki yo'lli sirtmoqsimon chulg'amning yoyilgan sxemasi:

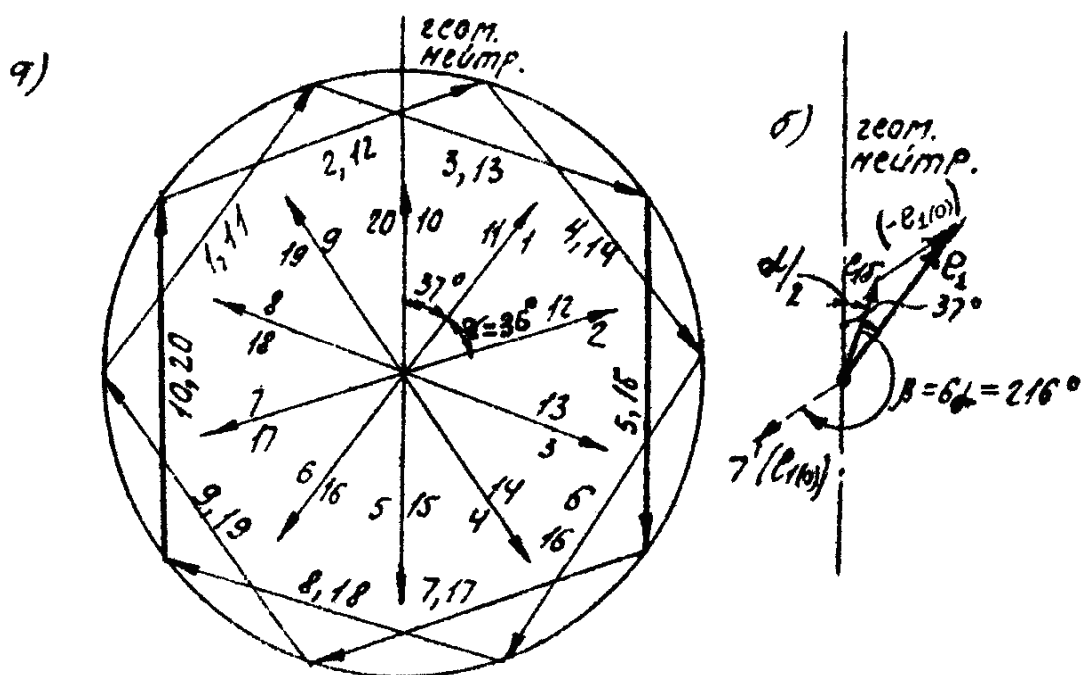
$$S = K = Z_p = 20, \quad 2p=4, \quad u_n=1, \quad Z = 20, \quad m=2$$

Murakkab sirtmoqsimon chulg'amda oddiy sirtmoqsimon chulg'amdagidek, cho'tkalar shunday joylashtiriladiki, ularning o'qlari qutblarning o'qlari bilan ustma-ust tushadi yoki ular yaqinida joylashadi.

Chulg'am ikkinchi yo'lining 20-seksiyasini qutbga nisbatan simmetrik joylashtiramiz, cho'tka bilan bu seksiyani qisqa tutashtiramiz, 5, 10 va 15-seksiyalar ham shu tarzda qisqa tutashtiriladi, bular 6-rasmda yo'g'onlashtirilgan chiziqlar bilan tasvirlangan. Cho'tkalar chulg'amning har ikki yo'lini qoplaydi.



7-rasm. 6-rasmda tasvirlangan chulg'am seksiyalari tomonlari EYKlarining yulduzi va ko'pburchagi



8-rasm. a) 6-rasmda tasvirlangan chulg'am seksiyalari EYKlarining yulduzi va ko'pburchagi; b) 1-seksiya EYKining yo'nalishini aniqlash

Parallel shoxobchalarni ulash sxemasi 4-rasmda ko'rsatilgandek bajariladi. Chulg'am sakkizta parallel shoxobchadan iborat bo'lib, ularning har qaysisi seksiyalarning ikkita ketma-ket ulanishlari bilan hosil qilingan.

Ko'rilayotgan onda 5, 10, 15 va 20-seksiyalar cho'tkalar orqali qisqa tutashadi va shoxobchalarning birortasiga ham kirmaydi.

8-rasmda EYKlar yulduzlari vektorlarining masshtabi EYKlar ko'pburchagidagi vektorlarning masshtabidan kichik. Ayni holda, biz ikki juft ko'pburchak hosil qilamiz. Barcha toq seksiyalar bir-biriga qo'shiladigan 2 ko'pburchak hosil qiladi, barcha juft seksiyalar esa bir-biriga qo'shiladigan yana 2 ko'pburchak hosil qiladi (7 va 8-rasmlarga qarang), biroq ko'pburchaklarning har qaysi jufti bir-biriga nisbatan $\alpha=36^\circ$ ga siljigan bo'ladi, shuning uchun birinchi va ikkinchi yo'llarning boshlanishi ham shu burchakka siljigan (8-rasmga qarang). EYKning har qaysi ko'pburchagiga yakor chulg'aming bir juft parallel shoxobchasi mos kelganligi sababli cho'tkalarga nisbatan (ular soni to'rtta) sakkizta parallel shoxobcha hosil bo'ladi.

Shuni ta'kidlash kerakki, 8-rasmda ko'rsatilganidek, agar faqat seksiyalarning EYKlarini tasvirlash bilan cheklanilsa, u holda EYKlar yulduzi va ko'pburchagini qurish soddalashadi. Biroq bu usul yakorning ikkinchi, kollektor tomoniga teskari bo'lgan tirsak tomondan seksiya tomonlarining potentsiallarini aniqlash zarurati bo'lmagan hollardagina yaroqlidir.

Tenglashtiruvchi ulanishlarni ulash uchun yakor chulg'amlarining teng potentsialli nuqtalarini aniqlash talab etiladi, bunday hollarda 7-rasmda ko'rsatilganidek, chulg'am seksiyalari tomonlarining EYKlari yulduzi va ko'pburchagini qurish zarur.

2.5. Murakkab sirtmoqsimon chulg'amlardagi tenglashtiruvchi ulanishlar

Murakkab sirtmoqsimon chulg'amli o'zgarmas tok mashinalarida birinchi tur tenglashtiruvchilar bilan bir qatorda ikkinchi va uchinchi tur tenglashtiruvchilar ham qo'llaniladi.

Ikkinchi tur tenglashtiruvchilar kollektor bo'yicha kuchlanishni tekislash va alohida oddiy chulg'amlar (chulg'am yo'llari) o'rtasida toklarni bir tekis taqsimlash uchun xizmat qiladi.

Murakkab sirtmoqsimon chulg'amda 1-tur tenglashtiruvchilar qanday bajariladi?

Buning uchun 6-rasmda ko'rsatilgan, chulg'ami ikki marta tutashtirilgan murakkab sirtmoqsimon chulg'amni tahlil qilamiz. EYKlar ko'pburchagidan ko'rinib turibdiki (7-rasmga qarang), 1-tur tenglashtiruvchilar uchun biz potensial qadam $y_{\pi} = S/a = K/a = 20/2 = 10$ ga teng masofada joylashgan (bu formulada a ni bir oddiy sirtmoqsimon chulg'amdagi parallel shoxobchalar soni deb tushunish kerak) teng potentsialli nuqtalarni birlashtirishimiz kerak. Shuning uchun chulg'amning birinchi yo'lini tashkil etuvchi 1 va 11, 3 va 13 va hokazo seksiyalarni hamda chulg'amning ikkinchi yo'lini tashkil etuvchi 2 va 12, 4 va 14, va hokazo seksiyalarni birlashtirishimiz kerak. Sxemani chiziqlar bilan to'ldirmaslik uchun 6-rasmda chulg'amning har qaysi yo'li uchun ikkitadan 1-tur tenglashtiruvchilari punktir chiziqlar bilan ko'rsatilgan: kollektor tomonidan – ikkinchi yo'l uchun, kollektorning qarama-qarshi tomonidan – birinchi yo'l uchun.

Murakkab sirtmoqsimon chulg'amda 2-tur tenglashtiruvchilar qanday bajariladi?

6-rasmda 1-seksiyaning uchlari qo'shni plastinalarga emas, balki bitta seksiya oralatib, ya'ni 1 va 3-plastinalarga ulangan. Shunday qilib, qo'shni 1 va 2-kollektor plastinalari orasida to'la seksiyaning emas, balki uning faqat yarmisining kuchlanishi mavjud bo'ladi. Qo'shni plastinalar orasida kuchlanishni to'g'ri taqsimlash uchun kollektorga teskari tomondagi tirsak qismda turgan 1-seksiyaning o'rtasini oraliq plastina 2 bilan ulash zarur. Binobarin, 2-tur tenglashtiruvchilar chulg'amning har ikki yo'lini o'zaro elektrik birlashtiradi.

2-tur tenglashtiruvchilar 1-tur tenglashtiruvchilar kabi kamaytirilgan sonda bajariladi, masalan, teng seksiyali chulg'amda bitta pazga bittadan tenglashtiruvchi to'g'ri keladi.

Nima sababdan 8-rasmda ko'rsatilgan chulg'am uchun uzaytirilgan qadam tanlangan?

Haqiqatan, ba'zi hollarda chulg'amning birinchi yo'li (7) formula bo'yicha butun son chiqishiga qaramasdan ($y_1=6$) uni uzaytirilgan qadamli qilib tayyorlanadi. Chulg'am qadamining uzaytirilishi mis sarfining ko'payishiga olib kelishini aytib o'tgan edik. Chulg'amning uzaytirilishidagi bu kamchilikka qaramasdan bunda mutlaqo bir xildagi ko'pburchaklar hosil qilishga imkon tug'iladi (8-rasmga qarang), bu esa 2-tur tenglashtiruvchilar yaratilishiga imkon beradi. Chunonchi $V_1=7$ da EYKlar ko'pburchagida (8-rasm), 1, 11 va (-6), (-16); 3, 13 va (-8), (-18) nuqtalar teng potentsialli nuqtalar hisoblanadi, binobarin, ularni 2-tur tenglashtiruvchilar bilan ulash mumkin. Bu yerda shtrixsiz raqam bilan

seksiyalarning boshlanish tomonlari, shtrixli raqam bilan seksiyalarning oxirgi tomonlari ko'rsatilgan, masalan, (-6) - 20- seksiyaning oxirgi tomoni bo'lib, u plastina 2 bilan ulanadi. Raqam oldidagi manfiy ishora seksiyaning ikkinchi tomonida hosil bo'ladigan EYK yo'nalishi ayni seksiyaning birinchi tomonida hosil bo'lgan EYKga nisbatan qarama-qarshi yo'nalganligini bildiradi chunki u boshqa qutb ostida joylashgan.

2-tur tenglashtiruvchi ulanishlarning qadami quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$y_{teng.2} = K/p. \quad (21)$$

Aytib o'tilganlardan ko'rinib turibdiki, 2-tur tenglashtiruvchilar yakorning har ikki tomonida joylashgan nuqtalarni birlashtiradi va shuning uchun ularni qurish juda katta qiyinchiliklar bilan bog'liq, chunki ular val bilan yakor po'lati orasiga joylashtiriladi. Shu sababli ularning sonini kamaytirish zarur. Buning uchun kollektorga qarama-qarshi tomondan chulg'amning birinchi yo'li uchun 1-tur tenglashtiruvchilar, kollektor tomonidan esa chulg'amning ikkinchi yo'li uchun 1-tur tenglashtiruvchilar qilinadi. Bunda 2-tur tenglashtiruvchi ulanishlar soni " p " marta kamayadi, bu yerda p – mashina juft qutblari soni.

5-amaliy mashg'ulot

2.6. Sirtmoqsimon chulg'am turlari va ularning xossalari

2.6.1. Bir nechta seksiya tomonlari bo'lgan oddiy sirtmoqsimon chulg'amlar

Oldin biz seksiya tomoni pazda bitta bo'lgan ($u_n = 1$) oddiy sirtmoqsimon chulg'amni ko'rib chiqqan edik (3-rasmga qarang). Agar pazga yonma-yon qilib ikkita yoki bir nechta seksiya tomonlari joylashtirilsa, u holda chulg'am quyidagicha bajarilishi mumkin:

a) teng seksiyali – bunday chulg'amda hamma seksiyalar bir xil o'lchamda bo'ladi (9-rasm, a ga qarang) va quyidagi shart bajarilishi kerak:

$$y_1/u_n = b.s.; \quad (22)$$

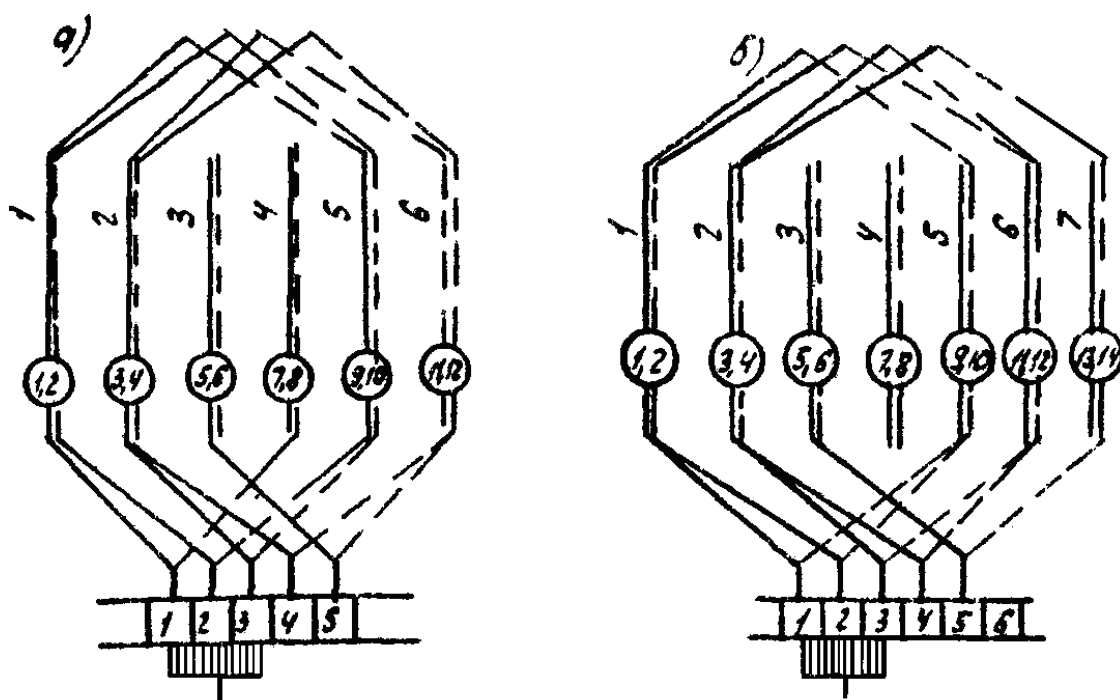
b) pog'onali – bunday chulg'amda ikkita yoki undan ortiq seksiyalarning boshlanishi bitta pazda, ularning oxirlari esa turli pazlarda yotadi (9-rasm, b ga qarang). Bunda (22) shart bajarilmaydi, ya'ni:

$$y_1/u_n \neq b.s. \quad (23)$$

Agar $2p = 4$, $Z = 18$, va $Z_3 = 36$ ning aynan bir xil qiymatlarida elementar pazlar bo'yicha qadamlarni $y_2 = y_1 - y = 9 - 1 = 8$ deb tanlasak, u holda chulg'am (23) - shartga muvofiq pog'onali bo'ladi, ya'ni $y_1 / u_n = 9/2 = 4,5 \neq b.s.$ Bunda chulg'am tishlar bo'yicha ikki qiymatga ega bo'ladi: $y'_{1z} = 4$ va $y''_{1z} = 5$.

Birinchi tur tenglashtiruvchilar teng seksiyali va pog'onali chulg'amlarda oddiy sirtmoqsimon chulg'amlardagidek bajariladi. Biroq $S=K$ ikki marta ortganligi uchun tenglashtiruvchilarning qadami ham ikki karra ortadi.

9-rasm, a da teng seksiyali chulg'amning yoyilgan sxemasining boshlang'ich qismi ko'rsatilgan. Bunda yuqoridagi raqamlar pazlarning raqamlarini, doiracha ichidagi raqamlar seksiyalarning raqamlarini ko'rsatadi. Demak har qaysi pazda yuqorigi qatlamda ikkitadan seksiya tomonlari, pastki qatlamda ham ikkita seksiya tomonlari yotadi. Bu rasmda real pazlar soniga ko'ra ikkita seksiya tomonlariga to'g'ri keladigan ikkita elementar paz o'rniga bitta vertikal chiziq chizilgan.



9-rasm. $2p = 4$, $Z = 18$, $u_n = 2$, $Z_3 = 36$, $y = y_k = 1$ bo'lgan oddiy sirtmoqsimon chulg'amlarning sxemasini bajarish namunalari. a) teng seksiyali; b) pog'onali

Sxemalarni tasvirlashning bunday varianti, ayniqsa pazlarida ko'plab seksiyalari bo'lgan o'zgarmas tok mashinalari chulg'amlarining sxemalarini chizishda ularning yaqqolligini ta'minlaydi.

Teng seksiyali chulgʻamlarning sxemalarida choʻtkalarning eni ikki kollektor boʻlinmasiga teng qilib olinadi.

Teng seksiyali sirtmoqsimon chulgʻamning qadamlari quyidagi formulalar bilan aniqlanadi:

$$\left. \begin{array}{l} 1) \text{ pazlar bo'yicha chulg'am qadamlari:} \\ 2p > 2 \text{ bo'lganda, } y_{1Z} = Z/(2p); \\ 2p = 2 \text{ bo'lganda, } y_{1Z} = (Z/2) - 1; \end{array} \right\} \quad (24)$$

2) chulgʻamning birinchi qadami:

$$y_1 = y_{1Z} \cdot u_n;$$

3) chulgʻamning ikkinchi qadami (8) formula boʻyicha, natijaviy qadami (6) formula boʻyicha va kollektor plastinalari soni (3) formula boʻyicha aniqlanadi.

3-misol. Quyida berilganlarga koʻra, oʻng yoʻlli oddiy teng seksiyali yakor chulgʻamini bajaring: $2p = 4$, $Z = 18$, $u_n = 2$, $Z_9 = S = K = 36$ va $y = y_k = 1$.

Seksiyalar bir oʻramli.

Yechishga doir metodik koʻrsatmalar

(24), (25), (8), (6) va (3) formulalar boʻyicha quyidagilarga ega boʻlamiz:

- 1) $\tau = y_{1Z} = Z/(2p) = 18/4 = 4,5$; $y_{1Z} = 4$ deb olamiz,
- 2) $y_1 = y_{1Z} \cdot u_n = 4 \cdot 2 = 8$;
- 3) $y_2 = y_1 - y = 8 - 1 = 7$;
- 4) $y = y_k = 1$;
- 5) $K = Z_9 = u_n \cdot Z = 2 \cdot 18 = 36$.

Shuni taʼkidlash kerakki, amaliy maqsadlarda chulgʻamning toʻla sxemasini keltirib oʻtirishning hojati yoʻq, uning bir yoki ikki oʻramga tegishli kichik boʻlagi bilan kifoyalanish mumkin (9-rasm, *a* ga qarang). Zarurat boʻlganida boshlangʻich qismiga oʻxshatib sxemani toʻldirish mumkin.

Bu holda ham pazlar soni 1-misoldagidek qolganligi (yaʼni $Z = 18$) uchun pazlar EYKlarining yulduzi ham oʻzgarishsiz qoladi. Bitta pazda joylashgan (1-2, 3-4 va hokazo) seksiyalarning EYKlarining vektorlari faza boʻyicha mos tushadi, qoʻshni pazlarda (2-3, 4-5 va hokazo) joylashgan seksiyalar EYKlarining vektorlari esa 1-misoldagidek $\alpha = 40^\circ$ ga siljigan boʻladi. Shuning uchun chulgʻam EYKlarining

ko'pburchagi o'xshash bo'ladi. Farqi shundaki, ko'pburchakning har bir tomoni umumiy pazlarda yotgan ikki seksiya EYKlari yig'indisiga teng. Demak bajarilgan chulg'am 4-rasmdagidek ikki juft parallel shoxobchalarga ega bo'ladi.

$u_n > 1$ bo'lgan teng seksiyali yakor chulg'ami mashina EYKini ko'paytirishga imkon beradi, biroq kommutatsiya vaqtida ularning seksiyalarida o'zaro induksiya EYKlari hosil bo'lib, u mashinaning kommutatsiya sharoitini yomonlashtiradi.

Pazida ko'p seksiyalar joylashgan yirik mashinalarda o'zaro induksiya EYKini kamaytirish uchun pog'onali chulg'am qo'llaniladi, chunki u kommutatsiya sharoitini yaxshilaydi. 9-rasm, *a* da bunday chulg'amning amalda foydalaniladigan sxemasi tasvirlangan.

2.7. O'zgarmas tok mashinalarining simmetrik sirtmoqsimon chulg'amlarini hisoblash uchun mustaqil ish topshiriqlari

Top-shiriq variantlari	Chulg'am tiplari va hisoblash uchun berilgan qiymatlar				
	Yakor real pazlari soni Z	Elementar pazlar va kollektor plastinalari soni $Z_9 = K$	Mashina qutblari soni $2p$	Bitta real pazdagi elementar pazlar soni u_n	Chulg'am yo'llari soni m
1	2	3	4	5	6
1. Oddiy sirtmoqsimon chulg'am ($u_n=1$)					
1	68	68	8	1	1
2	22	22	4	1	1
3	34	34	4	1	1
4	26	26	4	1	1
5	28	28	8	1	1
6	30	30	4	1	1
7	38	38	4	1	1
8	44	44	8	1	1
9	36	36	8	1	1
10	42	42	4	1	1
11	52	52	8	1	1
12	60	60	8	1	1
2. Oddiy sirtmoqsimon teng seksiyali chulg'am ($u_n>1$)					
13	24	72	4	3	1

14	16	48	4	3	1
15	32	96	4	3	1
16	20	60	4	3	1
17	12	36	4	3	1
18	28	94	4	3	1
19	32	64	4	2	1
20	32	96	8	3	1
21	32	64	8	2	1
22	40	80	4	2	1
23	44	88	4	2	1
24	40	80	8	2	1
3. Murakkab sirtmoqsimon teng seksiyali chulg'am ($u_n > 1$)					
25	20	80	4	4	2
26	36	72	4	2	2
27	24	72	4	3	2
28	40	80	4	2	2
29	28	56	4	2	2
30	36	108	4	3	2
31	30	60	6	2	2
32	32	64	4	2	2
33	32	64	8	2	2
34	40	80	8	2	2
35	36	108	6	3	2
36	42	84	6	2	2

Chulg'amlar o'ng yo'lli va seksiyalar bir o'ramli.

Quyidagilar talab etiladi:

1) Qadamlarni hisoblash; 2) Seksiyalarning tomonlari va kollektor plastinalarining ulanishlari jadvalini tuzish; 3) Chulg'amning yoyilgan sxemasini chizish; 4) Qutblar va cho'tkalarni joylashtirish; 5) Seksiyalar EYKlari yulduzini va ko'pburchagini qurish; 6) Parallel shoxobchalarning elektr sxemasini chizish; 7) Yoyilgan sxemada bir necha 1- va 2-tur tenglashtiruvchilarni ko'rsatish.

6-amaliy mashg'ulot

3. To'liqsimon (ketma-ket) chulg'amlar

3.1. Oddiy (bir yo'lli) to'liqsimon chulg'am

To'liqsimon chulg'amlar turli qutblar ostida joylashgan seksiyalarni ketma-ket ulash natijasida hosil bo'ladi, shuning uchun ularni ketma-ket chulg'amlar deyiladi.

To'liqsimon chulg'amning o'ziga xos xususiyati shundan iboratki, seksiyalarning uchlari sirtmoqsimon chulg'amlardagidek qo'shni kollektor plastinalariga emas, balki taxminan ikki karra qutb bo'linmasi (2τ) ga teng masofada joylashgan ikki kollektor plastinasiga ulanadi. Yakorni bir aylanib chiqishda mashinada qancha juft qutblar (p) bo'lsa, shuncha seksiya joylashtiriladi.

To'liqsimon chulg'amning seksiyalari bir o'ramli va ko'p o'ramli (2 va undan ortiq) bo'lishi mumkin.

Oddiy to'liqsimon chulg'amlarda qadamlar qanday aniqlanadi?

Oddiy to'liqsimon chulg'amlar uchun chulg'amning natijaviy qadami y kollektor bo'yicha qadam y_K ga teng va quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$y_K = y = \frac{K \pm 1}{p} = \frac{u_n Z \pm 1}{p}, \quad (26)$$

bu yerda K – kollektor plastinalari soni; p – mashina juft qutblari soni.

(26) formula suratidagi manfiy ishora yakor seksiyalari va kollektor plastinalarini ulash jarayonida yakor bo'yicha bir marta aylangandagi oxirgi kollektor plastinasi 1-plastinadan chapda joylashganini bildiradi. Shuning uchun manfiy ishora chap yo'lli chulg'amga, musbat ishora esa o'ng yo'lli chulg'amga mos keladi. O'ng yo'lli chulg'am tayyorlashda mis ko'proq sarf bo'lganligi sababli **amalda, asosan chap yo'lli to'liqsimon chulg'amlar qo'llaniladi.**

Simmetrik to'liqsimon chulg'amda $y_K=y$ qadam butun sondan iborat bo'lishi kerak. Bu shartga rioya qilish uchun (26) formulada p juft bo'lganida K toq bo'lishi kerak va aksincha.

$p=2$ bo'lganida u_n faqat toq son bo'lishi kerak.

To'liqsimon chulg'amning birinchi qadami y_1 sirtmoqsimon chulg'amdagidek (7) formula bilan aniqlanadi, ya'ni:

$$y_1 = Z_s / (2p) \pm \varepsilon = S / (2p) \pm \varepsilon.$$

To‘lqinsimon chulg‘amning ikkinchi qadami y_2 quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$y_2 = y - y_1. \quad (27)$$

Oddiy ikki qatlamli to‘lqinsimon chulg‘amning tayyorlanishini misolda ko‘rib chiqamiz.

4-misol. Yakor chulg‘amining berilgan qiymatlari:

$$Z = Z_g = S = K = 17, \quad u_n = 1, \quad 2p = 4.$$

Ulanish turi – oddiy chap yo‘lli to‘lqinsimon chulg‘am. Seksiyalar bir o‘ramli.

Seksiyalar tomonlarining ulanish jadvalini tuzing, chulg‘amning yoyilgan sxemasini va parallel shoxobchalarning sxemasini chizing, seksiyalar EYKlarining yulduzini va ko‘pburchagini quring.

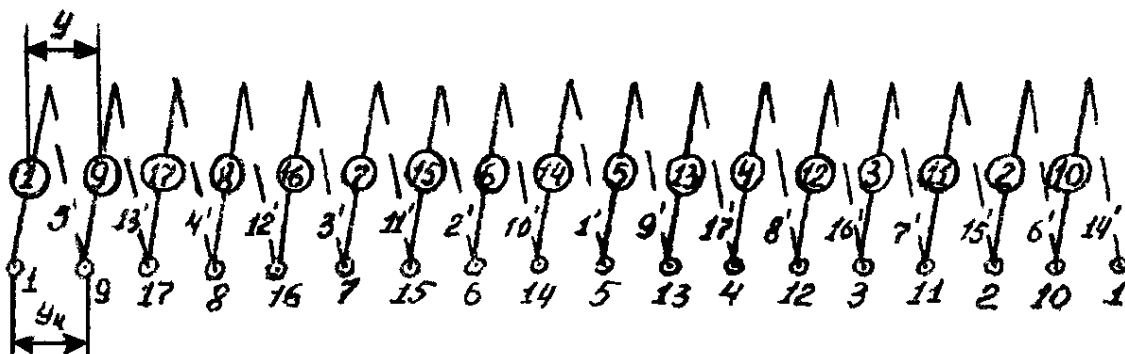
Yechishga doir metodik ko‘rsatmalar

Avval chulg‘am qadamlarini hisoblaymiz: 1) (26) ga muvofiq U ; 2) (7) dan foydalanib y_1 ; 3) (27) dan foydalanib, y_2 larni aniqlaymiz:

$$y_1 = Z_g / (2p) \pm \varepsilon = 17/4 - 1/4 = 4;$$

$$y_k = y = (K - 1) / p = (17 - 1) / 2 = 8; \quad y_2 = y - y_1 = 8 - 4 = 4.$$

Hisoblangan qadamlar bo‘yicha seksiya tomonlarining ulanish jadvalini tuzamiz (10-rasmga qarang). Jadvallarni tuzish tartibi xuddi 2-rasmdagidek.



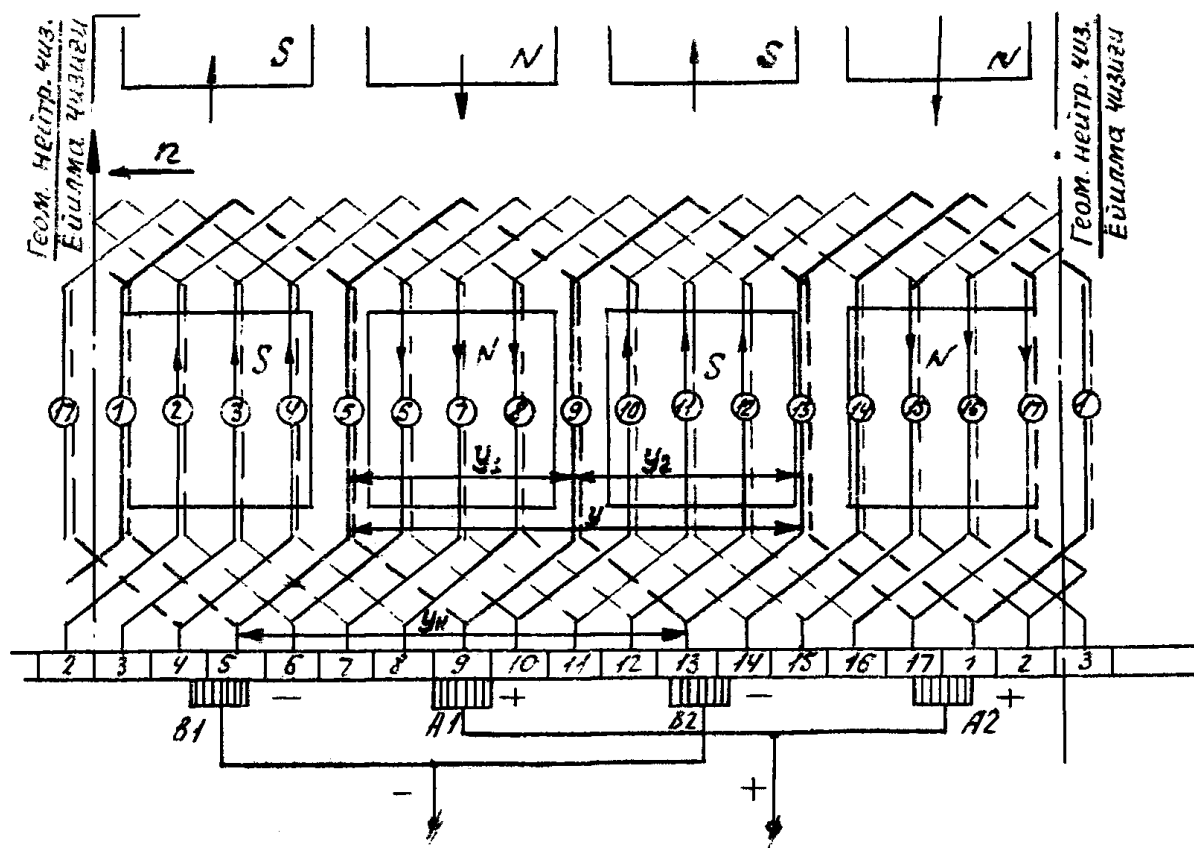
10-rasm. Oddiy to‘lqinsimon chulg‘am seksiyalari tomonlarining ulanish jadvali

Jadval tuzishni 1-kollektor plastinasi va 1-seksiya boshlaymiz: 1-seksiyaning yuqori qatlami 1-pazda joylashgan, ikkinchi faol tomoni esa $1 + y_1 = 1 + 4 = 5$ – pazning pastki qatlamida joylashgan va shu seksiyaning oxiri $1 + y_k = 1 + 8 = 9$ – kollektor plastinasi bilan ulanadi, xuddi shu plastina bilan 9-seksiyaning boshi ulanadi va shu tarzda davom

ettirib, to 1-plastinaga qaytib kelib, chulg'am butunlay tutashganigacha ulashni davom ettiriladi.

10-rasmda ko'rsatilgan jadval asosida chulg'amning yoyilgan sxemasi qurilgan (11-rasm). Shuni esda tutish kerakki, seksiyalarni raqamlash sirtmoqsimon chulg'amdagidek seksiyalarning boshi bo'yicha, ya'ni tegishli seksiyalarning yuqori qatlamlarining raqami bo'yicha bajariladi.

To'lqinsimon chulg'amlarda cho'tka va qutblarni joylashtirish tartibi sirtmoqsimon chulg'amlardagidan biroz farq qiladi. To'lqinsimon chulg'amlarda cho'tkalar qutblarga nisbatan simmetrik joylashgan seksiyalarni qisqa tutashtirgani ma'qul, biroq bu shartni aniq bajarish mumkin emas, chunki cho'tkalar bilan qisqa tutashtirilgan ayrim seksiyalar bu yerda magnit maydonida biroz siljib qoladi, binobarin, ular ayni bir vaqtda qutblarga nisbatan simmetrik joylasha olmaydi. **Shu boisdan quyidagi usul tavsiya etiladi:** qutblardan ixtiyoriysini birinchi aylanib o'tiladigan yo'lining boshi va oxiriga nisbatan simmetrik joylashtirish zarur. Demak bitta cho'tka 17- va 1-plastinalar orasida o'rnatilishi kerak. Qolgan qutblarni ham shu tarzda 1-misoldagidek chizamiz va ularning o'rtasiga boshqa cho'tkalarni qo'yib chiqamiz.



11-rasm. Oddiy chap yo'lli to'lqinsimon chulg'amning yoyilgan sxemasi: $Z_o = S = K = 17$,
 $u_n=1$, $2p=4$

11-rasmda yo'g'onlashtirilgan chiziqlar bilan ko'rsatilgan bir qancha seksiyalar (14, 5, 13, 1, 8) sirtmoqsimon chulg'amlardagi seksiyalardan farqli ravishda bir qutbli ikki cho'tka va ular orasidagi ulash simlari orqali qisqa tutashadi.

12-rasmda seksiyalarning ulanish ketma-ketligi chulg'am sxemasiga mos kelishi kerak (10-rasm). Bu sxemadan shunday xulosa kelib chiqadiki (13-rasm), oddiy to'liqsimon chulg'am juft qutblar soni (p) ning qiymatidan qat'i nazar ikkita parallel shoxobchaga ega, ya'ni:

Bir-biridan kollektor bo'yicha bitta qutb bo'linmasiga teng masofada joylashgan ikki cho'tka, masalan B_2 va A_1 cho'tkalardan

foydalanish bilan cheklanish mumkin edi. Biroq bu holda chulg'am simmetriyasi buzilgan bo'lardi, chunki parallel shoxobchalarda seksiyalar soni bir xil bo'lmay qolar edi: yuqori shoxobchada 1, 10, 2, 11, 3, 12, 4, 13-seksiyalarning ketma-ket ulanishi tufayli 8 ta va pastkida 7 ta ya'ni bu shoxobchani 6, 15, 7, 16, 8, 17, 9-seksiyalar hosil qilgan bo'lar edi. Har qaysi cho'tkaga to'g'ri keladigan tokni kamaytirish va kollektorning uzunligini qisqartirish uchun (bunda misdan tejaladi) cho'tkalarning to'la soni qutblar soniga teng qilib olinadi.

Mashina qisqichlaridagi kuchlanish bir parallel shoxobchaning EYKi bilan aniqlanadi.

Seksiyalar EYKlarining yulduzini qurishni 1-seksiyadan boshlaymiz. Buning uchun bu seksiyaning EYKi vektorining geometrik neytralga nisbatan vaziyatini aniqlash zarur. 11-rasmdan ko'rinib turibdiki, geometrik neytral 17- va 1-pazlar orasining o'rtasidan o'tadi, ya'ni 1-seksiyaning boshlanishi soat strelkasi harakatining yo'nalishi bo'yicha paz bo'linmasining yarmiga siljigan. Bu siljishni graduslarda ifodalash uchun (11) bo'yicha qo'shni pazlar o'tkazgichlarida hosil bo'lgan EYKlar vektorlari o'rtasidagi fazalar siljishini aniqlash zarur:

$$\alpha = (360p)/Z_{\phi} = (360 \cdot 2)/17 = 42^{\circ}21'$$

va uni 2 ga bo'lib,

$$\alpha/2 = 42^{\circ}21'/2 = 21^{\circ}10'$$

burchakni hosil qilamiz: 1-seksiya boshlanish tomonining EYKi vektori $e_{1(\delta)}$ geometrik neytral chizig'idan shu burchakka siljigan bo'ladi. Yakorning aylanish yo'nalishi soat strelkasi harakati yo'nalishiga qarama-qarshi yo'nalganligi uchun bu vektorni geometrik neytral chizig'idan soat strelkasi harakati yo'nalishida qo'yish kerak. 1-seksiyaning oxirgi tomoni boshlanish tomoniga nisbatan 4 paz bo'linmasi qadam siljigan, bu esa elektr graduslar hisobida quyidagiga teng:

$$\alpha_c = 4 \alpha = 4 \cdot 42^{\circ}21' = 169^{\circ}24'.$$

$e_{1(\delta)}$ vektorga shu burchak ostida kechikish tomoniga qarab 1-seksiya oxirgi tomoni EYKining vektori $e_{1(0)}$ ni qo'yamiz. Bu ikki vektorning geometrik ayirmasi 1-seksiya EYKining kattaligi va vektoriga teng bo'ladi (13-rasm, b).

1-seksiya EYKining vektor yo'nalishini aniqlagandan keyin unga $\alpha = 42^{\circ}21'$ burchak ostida 2-seksiya EYKi vektorini qo'yamiz va hokazo. Natijada chulg'am seksiyalari EYKlarining yulduzini hosil qilamiz, u 360° chegarasida bir tekis joylashgan 17 vektordan iborat bo'ladi.

Ko'pburchakni qurishda aylanani 17 ta teng qismga bo'lish kerak, chunki EYKlar yulduzi 17 vektordan iborat.

Ko'pburchakni qurishni 1-vektordan boshlash kerak, u 1-seksiyaning EYK vektorini kichik masshtabda aniqlaydi, shuningdek, EYKlar yulduzida shu vektorga parallel bo'ladi.

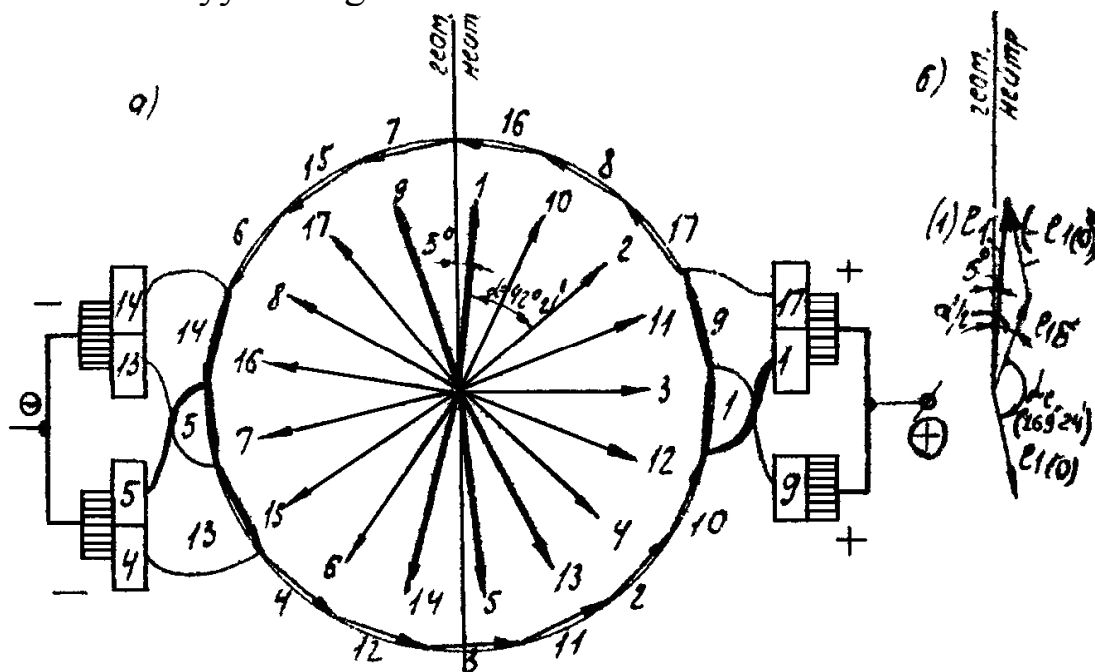
Vatarlarni shunday yo'naltirish kerakki, 1-vektorning oxiridan 9-vektor, so'ngra 17-vektor va hokazo ketsin (11-rasmdagi sxemaga muvofiq). Demak chap yo'lli oddiy to'lqinsimon chulg'amda ko'pburchakdagi vektorning yo'nalishi yakorning aylanish yo'nalishiga mos keladi, ya'ni soat strelkasi harakati yo'nalishiga qarama-qarshi bo'ladi.

Qisqa tutashtiradigan seksiyalar va ular orasidagi ulash simlari 12 va 13-rasmlarda yo'g'onlashtirilgan chiziqlar bilan ko'rsatilgan.

13-rasmdan ko'rinib turibdiki, biz faqat bitta EYKlar ko'pburchagini hosil qildik. Bu esa chulg'amda faqat bir juft parallel shoxobcha borligini va u teng potensialli nuqtalarga ega emasligini ko'rsatadi.

Nima uchun oddiy to'lqinsimon chulg'amlarda tenglashtiruvchi ulanishlar talab etilmaydi?

Oddiy to'lqinsimon chulg'amlarda har qaysi parallel shoxobchaning seksiyalari mashinaning hamma qutblari ostida bir tekis taqsimlangan bo'ladi, bu esa chulg'amlarni 1-tur tenglashtiruvchi ulanishlarsiz tayyorlashga imkon beradi.



13-rasm. a) 11-rasmda tasvirlangan chulg'am seksiyalari EYKlarining yulduzi va ko'pburchagi; b) 1-seksiya EYKi vektorining yo'nalishini aniqlash

Shuni nazarda tutish kerakki, bir yo‘lli simmetrik to‘lqinsimon chulg‘amni tayyorlash uchun pazdagi seksiyalar soni juft qutblar soni bilan umumiy bo‘luvchiga ega emas, degan shart bajarilishi kerak. Masalan, $2p=4$ bo‘lsa, u_n albatta toq bo‘lishi shart.

7-amaliy mashg‘ulot

3.2. Murakkab (ko‘p yo‘lli) to‘lqinsimon chulg‘am

Murakkab to‘lqinsimon (ketma-ket) chulg‘am bir yakorning pazlariga joylashtirilgan bir nechta oddiy to‘lqinsimon chulg‘amlardan iborat bo‘ladi. Har qaysi to‘lqinsimon chulg‘amda ikkita parallel shoxobcha bo‘lganligidan murakkab chulg‘amda quyidagi sondagi parallel shoxobchalar bo‘ladi:

$$2a=2m, \quad (29)$$

bu yerda m – murakkab chulg‘amni hosil qilgan oddiy to‘lqinsimon chulg‘amlar soni. Demak murakkab to‘lqinsimon chulg‘amning parallel shoxobchalari soni mashina qutblari soniga bog‘liq emas.

Murakkab chulg‘amni hosil qiluvchi oddiy to‘lqinsimon chulg‘amlar cho‘tkalar yordamida o‘zaro parallel ulanadilar. Ayni bir onda cho‘tkalar bilan qoplanadigan plastinalar soni parallel juft shoxobchalar sonidan katta bo‘lishi kerak.

Murakkab chap yo‘lli to‘lqinsimon chulg‘amda yakor aylanasi bo‘yicha bir aylanganda boshlang‘ich plastina bilan yonma-yon yotgan kollektor plastinasida emas, balki undan m ta kollektor bo‘linmasi qadar masofada orqada qoluvchi plastinada tugaydi (14-rasmga qarang).

Murakkab to‘lqinsimon chulg‘amda natijaviy qadam va kollektor bo‘yicha qadam o‘zaro teng va quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$y = y_K = (K \pm m)/p = (K \pm a)/p. \quad (30)$$

Murakkab to‘lqinsimon chulg‘amning qolgan (y_1 va y_2) qadamlarini hisoblash formulalari oddiy to‘lqinsimon chulg‘amlardagidek.

Chulg‘amlarning tutashish karraligi (30) formulada ko‘rsatilgan K va m sonlarning eng katta umumiy bo‘luvchisi t ga teng.

Murakkab to‘lqinsimon chulg‘am murakkab sirtmoqsimon chulg‘am kabi: a) m yo‘lli ko‘p marta tutashgan ($t>1$); b) m yo‘lli bir marta tutashgan ($t=1$) bo‘lishi mumkin.

3.2.1. Murakkab to'liqinsimon ikki marta tutashgan chulg'am

Agar y_k va m eng katta umumiy bo'luvchi t ga ega bo'lsa, u holda $t=2$ da chulg'am ikki marta tutashgan bo'ladi. Amalda yuqori kuchlanishli ko'p qutbli mashinalarda, ko'pincha, ikki marta tutashgan murakkab to'liqinsimon chulg'amlar qo'llaniladi.

(15) va (29) larga muvofiq simmetrik m yo'lli to'liqinsimon chulg'amlar

$$2p/m=b.s. \quad (31)$$

sharti bajarilishi kerak.

5-misol. Murakkab chap yo'lli to'liqinsimon chulg'am uchun berilgan qiymatlar: $a=m=2$, $S = K = Z_9 = 18$, $u_n=1$, $2p=4$. Seksiyalar bir o'ramli.

Qadamlarni hisoblang, chulg'amning yoyilgan sxemasini chizing, seksiyalar EYKlarining yulduzi va ko'pburchagini quring, cho'tka va qutblarni joylashtirib chiqing, parallel shoxobchalarning ulanishlari sxemasini chizing, bir nechta tenglashtiruvchi ulanishlarni chizing.

Yechishga doir metodik ko'rsatmalar

Chulg'amlarning simmetriyalik umumiy shartlari (13) – (15) qondiriladi. (30) ga muvofiq chulg'amning natijaviy qadamini aniqlaymiz:

$$y = y_k = (K \pm m)/p = (18 - 2)/2 = 8.$$

(7) va (27) formulalar bo'yicha chulg'amning yakor bo'yicha tegishlicha birinchi va ikkinchi qadamlarini aniqlaymiz:

$$y_1 = Z_9 / (2p) \pm \varepsilon = 18/4 - 2/4 = 4;$$

$$y_2 = y - y_1 = 8 - 4 = 4.$$

Hisoblangan qadamlar bo'yicha seksiyalar tomonlarining ulanishlari jadvali tuziladi. Jadvalni tuzish tartibi 10-rasmda ko'rsatilganidek, biroq bu holda u ikki qismdan iborat bo'ladi chunki $m=2$. Birinchi qismini barcha toq seksiyalarning ulanishlari, ikkinchi qismini esa hamma juft seksiyalarning ulanishlari tashkil qiladi.

Jadval tuzilganidan keyin unga muvofiq ayni chulg'amning yoyilgan sxemasi quriladi (14-rasmga qarang).

Elektr sxemani tuzish (15-rasm) va seksiyalar EYKlarining yulduzini va ko'pburchagini qurish (16-rasm) 4-misoldagidek (12 va 13-rasmlarga qarang).

Qisqa tutashtirilgan juft raqamli seksiyalar 16-rasmda punktir chiziqlar bilan, toq raqamli seksiyalar tutash chiziqlar bilan ko'rsatilgan.

Murakkab to'liqinsimon chulg'amda 2-tur tutashtiruvchilar qanday bajariladi?

16-rasmda seksiyalar EYKlarining bir-biriga qo'shiladigan ikkita yulduzi va ikkita ko'pburchagi hosil bo'ldi. Bu hol ayni chulg'amda teng potentsialli nuqtalar borligini, biroq ular chulg'amning turli yo'llarida joylashganligini bildiradi. Masalan, 14-rasmda 3 va 12, 7 va 16 hamda boshqa nuqtalar teng potentsialli nuqtalardir. Bunday nuqtalarni birlashtirib, 2-tur tenglashtiruvchi ulanishlarni hosil qilamiz (bu yerda misol sifatida faqat ikkita tenglashtiruvchi ulanish ko'rsatilgan).

Murakkab to'liqinsimon chulg'amda 2-tur tutashtiruvchilar nima uchun zarur?

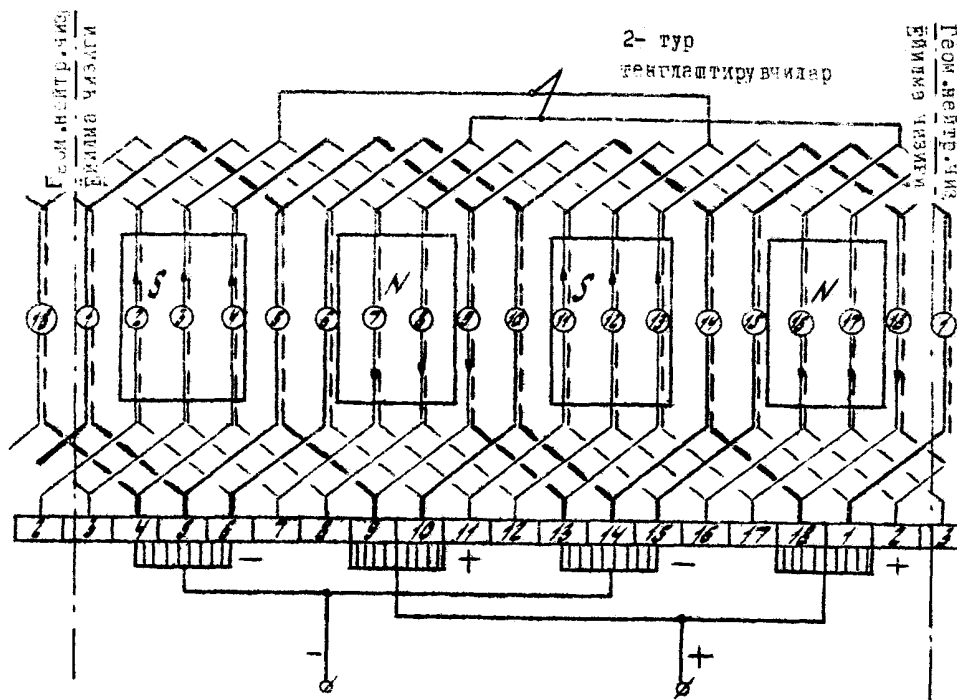
Ikki yo'lli to'liqinsimon chulg'am ikki oddiy to'liqinsimon chulg'amdand iborat bo'lib, bu chulg'amlar har birining parallel zanjirlari hamma qutblar ostida taqsimlanadi va shu boisdan bunday chulg'amlarda magnit maydon asimmetriyasi tufayli tenglashtiruvchi toklar hosil bo'lmaydi. Biroq murakkab chulg'amlarni hosil qiluvchi oddiy chulg'amlarning cho'tkali kontaktlar yordamida o'zaro ulanish jarayonida oddiy chulg'amlar orasidagi toklar taqsimlanishi cho'tkali kontaktning oniy holatiga bog'liq bo'ladi. Xuddi shu sababli turli oddiy chulg'amlarga tegishli qo'shni kollektor plastinalari orasidagi kuchlanish o'zgarib turishi mumkin. Bunday hol yuz bermasligi uchun oddiy chulg'amlar cho'tkalararo ulanishlaridan tashqari 2-tur tenglashtiruvchilar bilan ham ulanadilar.

8-amaliy mashg'ulot

3.2.2. Juft qutblar soni juft bo'lgan murakkab to'liqinsimon bir marta tutashgan chulg'am

Agar p juft bo'lganida qadam U toq chiqsa, u holda qadam va juft parallel shoxobchalar soni a ($a = m$) eng katta umumiy bo'luvchiga ega bo'lmaydi. Bu holda chulg'am m yo'lli bir marta tutashgan bo'ladi. Bunda chulg'amning birinchi yarmini hosil qiladigan hamma toq raqamli seksiyalari 1-seksiyadan boshlab ulanadi. Hosil bo'lgan chulg'am birinchi yarmining oxirini 2-seksiyaning boshi bilan ulab, chulg'amning ikkinchi yarmini hosil qiladigan qolgan hamma juft raqamli seksiyalari ulanadi. Bu ulanishlarning oxiri chulg'amning

boshlanishi bo'lgan 1-seksiyaning boshi bilan ulab, berk kontur hosil qilish bilan yakunlanadi.

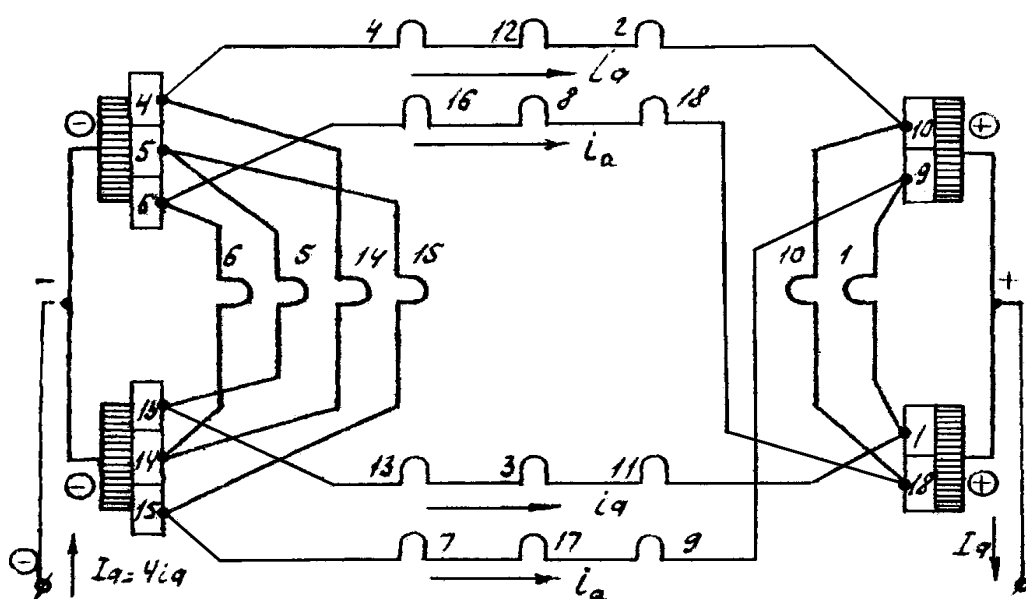


14-rasm. Murakkab chap yo'lli to'liqsimon chulg'amning yoyilgan sxemasi:

$$Z_3 = S = K = 18, u_n = 1, 2p = 4, m = -2$$

Murakkab to'liqsimon bir marta tutashgan chulg'amni misolda ko'rib chiqamiz.

6-misol. Quyida berilganlarga ko'ra, ikki yo'lli to'liqsimon chulg'am bajarilsin: $S = K = Z_3 = 16$, $2p = 4$, $u_n = 1$, $a = m = 2$.



15-rasm. 14-rasmda tasvirlangan chulg'am parallel shoxobchalari ulanishlarining prinsipial elektr sxemasi

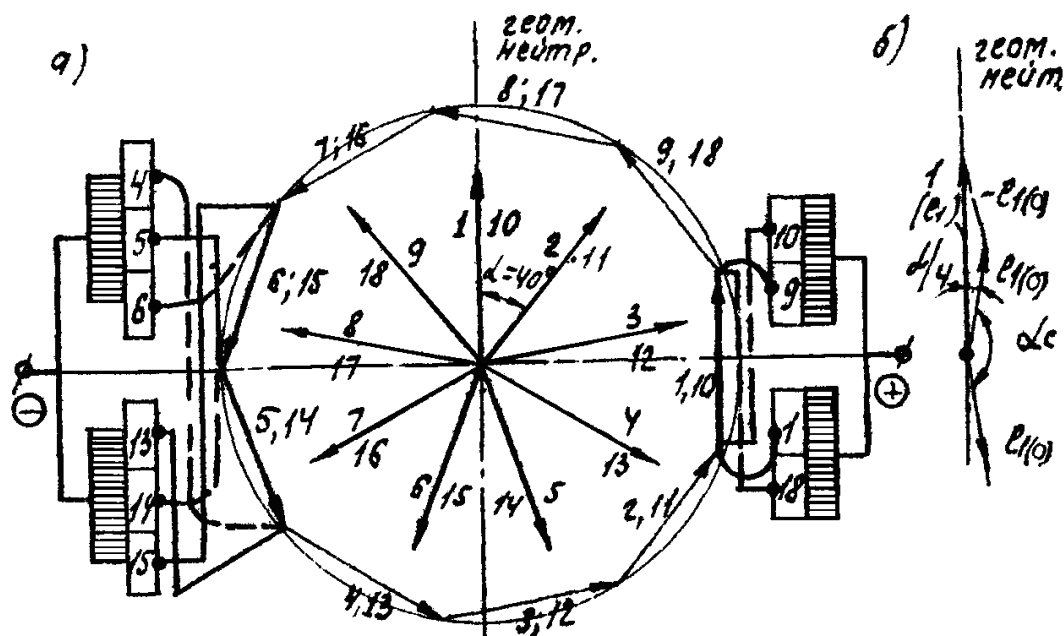
Yechishga doir metodik ko'rsatmalar

(13), (14), (15) va (31) formulalar bo'yicha chulg'amning umumiy simmetriya shartini tekshiramiz:

$$S/a = Z/a = 16/2 = 8 = b.s.;$$

$$2p/a = 2p/m = 4/2 = 2 = b.s.$$

Demak, hamma simmetriya shartlariga rioya qilingan.



16-rasm. a) 14-rasmda tasvirlangan chulg'am seksiyalari EYKlarining yulduzi va ko'pburchagi; b) 1-seksiya EYKi vektorining yo'nalishini aniqlash.

Hisoblash formulalaridan quyidagilarni olamiz:

$$y = y_k = (K \pm a)/p = (16-2)/2 = 7;$$

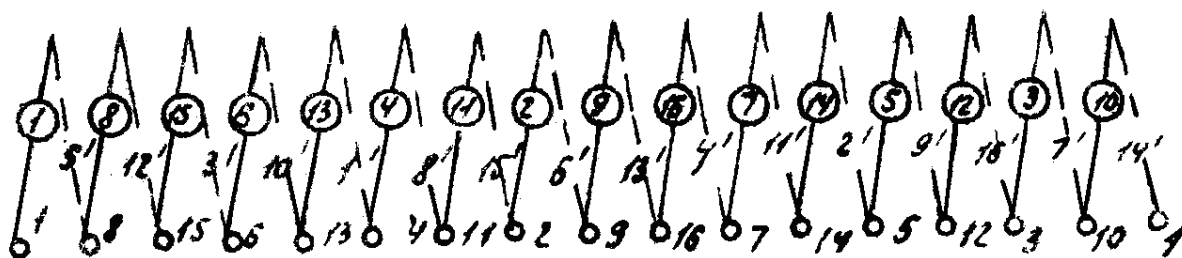
$$y_1 = Z_3 / (2p) \pm \varepsilon = 16/4 = 4;$$

$$y_2 = y - y_1 = 7 - 4 = 3.$$

Hisoblangan qadamlar bo'yicha seksiyalar tomonlari ulanishlarining jadvalini tuzamiz (17-rasmga qarang).

Chulg'amning yoyilgan sxemasi, seksiyalar EYKlarining yulduzi va ko'pburchagi 4-misoldagidek bajariladi.

Bir marta va ikki marta tutashgan murakkab to'liqinsimon chulg'amlar EYKlari ko'pburchagining xarakterini taqqoslab, shuni ta'kidlash mumkinki, ularni bajarish usullarida prinsipial farqlar yo'q, shuning uchun har ikki usul amalda bir xil darajada qo'llanilishi mumkin.



17-rasm. Ikki yoʻlli bir marta tutashgan toʻlqinsimon chulgʻam tomonlarining ulanish jadvali
(berilganlar $Z_9 = 16$; $y=7$; $y_1=4$; $y_2=3$.)

3.3. Oʻzgarmas tok mashinalarining simmetrik toʻlqinsimon chulgʻamlari boʻyicha mustaqil ish topshiriqlari

Top-shiriq variant-lari	Chulgʻam tiplari va hisoblash uchun berilgan qiymatlar				
	Yakor real pazlari soni Z	Elementar pazlar va kollektor plastinalari soni $Z_9 = K$	Mashina qutblari soni $2p$	Bitta real pazdagi elementar pazlar soni u_n	Chulgʻam yoʻllari soni m
1	2	3	4	5	6
1. Oddiy toʻlqinsimon chulgʻam					
1	19	19	4	1	1
2	21	21	4	1	1
3	23	23	4	1	1
4	25	25	4	1	1
5	25	25	6	1	1
6	28	28	6	1	1
7	29	29	4	1	1
8	31	31	4	1	1
9	31	31	6	1	1
10	41	41	8	1	1
11	45	45	8	1	1
12	49	49	8	1	1
2. Murakkab ikki yoʻlli toʻlqinsimon chulgʻam					
13	22	22	4	1	2
14	26	26	4	1	2
15	26	26	6	1	2
16	28	28	4	1	2
17	30	30	4	1	2
18	32	32	4	1	2

19	32	32	6	1	2
20	34	34	4	1	2
21	36	36	4	1	2
22	38	38	6	1	2
23	38	38	8	1	2
24	44	44	6	1	2

Chulg'am chap yo'li. Seksiyalar bir o'ramli.

Quyidagilar talab etiladi: 1) qadamlarni hisoblash; 2) seksiyalarning tomonlari va kollektor plastinalarining ulanish jadvalini tuzish; 3) chulg'amning yoyilgan sxemasini chizish; 4) qutb va cho'tkalarni joylashtirish; 5) chulg'am seksiyalari EYKlarining yulduzini va ko'pburchagini qurish; 6) parallel shoxobchalarning elektr sxemasini chizish; 7) yoyilgan sxemada ($m=2$ da) 2-tur tenglashtiruvchi ulanishlarni ko'rsatish.

9-amaliy mashg'ulot

4. O'zgarmas tok mashinalari yakor chulg'amlarining turlarini taqqoslash va ularni tanlash

Chulg'am turlari quyidagi mulohazalarga ko'ra tanlanadi:

1) cho'tkalar ostidan kuchli uchqun chiqmasligi uchun yakor parallel shoxobchalaridagi tok kattaligi 350 A dan oshmasligi kerak;

2) kollektor plastinalari soni haddan tashqari ko'p bo'lmasligi, plastinalarning qalinligi mexanik mustahkamlik sharti bo'yicha kamida 3,5 mm bo'lishi kerak;

3) kollektor plastinalarining eng kam soni shu hisobda aniqlanishi kerakki, ikki qo'shni plastinalar orasidagi kuchlanish ko'pi bilan 30 V dan oshmasin.

Chulg'am turini tanlashda parallel shoxobchalari eng kam bo'lgan chulg'amlar ma'qul ko'rilishi lozim. Shu mulohazalarga asosan eng ma'quli oddiy to'lqinsimon chulg'amdir ($a=1$), buning ustiga unda tenglashtiruvchi ulanishlar bo'lishi talab etilmaydi.

Shuni ta'kidlash kerakki, yakordagi faol tomonlar soni bir xil bo'lganida generatorning EYKi to'lqinsimon chulg'am qo'llanilganda sirtmoqsimon chulg'amdagidan katta bo'ladi.

Masalan, to'lqinsimon va sirtmoqsimon chulg'amlar uchun $Z_3 = 24$ va $2p = 4$ berilgan bo'lsin. U holda to'lqinsimon chulg'am qo'llanilganda har qaysi parallel shoxobchaga 12 seksiya, sirtmoqsimon

chulg'am qo'llanilganda faqat 6 ta seksiya ulangan bo'ladi. Shunday qilib, ayni holda to'lqinsimon chulg'am bo'lgan holdagi EYK sirtmoqsimon chulg'am bo'lgan holdagidan 2 marta katta bo'ladi.

Demak katta kuchlanish olish talab etilgan hollarda O'TMlarda oddiy to'lqinsimon chulg'amlar qo'llaniladi.

Oddiy sirtmoqsimon chulg'am yakor toki 300-400 A dan katta bo'lgan mashinalarda qo'llaniladi. Sirtmoqsimon chulg'am qo'llanilganda kollektor plastinalari juda ko'payib ketadigan hollarda murakkab to'lqinsimon chulg'amlar qo'llaniladi.

Har qaysi parallel shoxobchadagi tokni kamaytirish zarur bo'lganida, shuningdek, oddiy sirtmoqsimon chulg'amda qo'shni plastinalar orasidagi kuchlanish yo'l qo'yilganidan yuqori bo'lgan hollarda parallel shoxobchalar sonini oshirish uchun murakkab sirtmoqsimon chulg'amlar ishlatiladi. Ko'pincha ikki marta tutashgan sirtmoqsimon chulg'amdan foydalaniladi.

Katta quvvatli mashinalarda va og'ir ish sharoitli rejimlarda ba'zan aralash chulg'amlar qo'llaniladi. Sirtmoqsimon chulg'amga qaraganda bu chulg'amning asosiy afzalligi – tenglashtiruvchi ulanishlarga hojat yo'qligidir. Tenglashtiruvchi ulanishlarni joylash qiyin bo'lgan tez yurar mashinalarda bu juda muhim.

Foydalanish nuqtayi nazaridan aralash chulg'amlarning eng katta kamchiligi – ularni remont qilish qiyinligidir.

Toki katta va kuchlanishi past bo'lgan mashinalarda $u_n=1$ qiymat ishlatiladi.

$U_N=220\text{ V}$, $P_H > (30\div 50)\text{ kVt}$ bo'lganda, seksiyadagi o'ramlar soni hamma vaqt 1 ga teng ($W_c=1$).

5. O'zgarmas tok mashinalari yakorining chulg'amlari bo'yicha o'z-o'zini tekshirish uchun savollar

1. O'TM dagi yakor nima?
2. Siz O'TM chulg'amlarining qanday elementlarini bilasiz?
3. Nima uchun yakor chulg'ami ikki qatlamli qilib yasaladi?
4. Kollektor plastinalari nima uchun kerak?
5. Elementar paz nima?
6. Elektr burchak deyilganda nima tushuniladi?
7. O'TM yakor chulg'amlarining qanday turlari bor?
8. Yakor chulg'ami qadamlarining nomini ayting.

9. Oddiy sirtmoqsimon chulgʻamda kollektor boʻyicha qadam nimaga teng?
10. Chulgʻam seksiyalari tomonlarining ulanish jadvali qanday tuziladi?
11. Oddiy sirtmoqsimon chulgʻamning yoyilgan sxemasi qanday chiziladi?
12. Choʻtkalar kollektorda qanday joylashtirib chiqiladi?
13. Choʻtkalar ishorasi qanday aniqlanadi?
14. Oddiy chulgʻamlarda choʻtkalarning eni qanday kattalikda olinadi?
15. Parallel shoxobcha nima va u qanday aniqlanadi?
16. Parallel shoxobchalar ulanishlarining elektr sxemasi qanday chiziladi?
17. $2p = 6$ boʻlgan oddiy sirtmoqsimon chulgʻamda nechta parallel shoxobcha boʻladi?
18. Seksiyalar EYKlarining yulduzi qanday quriladi va seksiyalar tomonlari EYKlarining yulduzidan nimasi bilan farq qiladi?
19. Seksiya EYKi vektorining yoʻnalishi qanday aniqlanadi?
20. Qiymati boʻyicha eng katta EYK hosil qilish uchun seksiyalarning tomonlarini qanday ulash zarur?
21. Chulgʻam EYKlarining koʻpburchagi qanday quriladi?
22. Chulgʻamning simmetriya shartlarini aytib bering.
23. 1-tur tenglashtiruvchi ulanishlar nima uchun oʻrnatiladi?
24. Qanday chulgʻamlarda 2-tur tenglashtiruvchi ulanishlar oʻrnatish kerak?
25. Uzaytirilgan qadam qanday hollarda tanlanadi?
26. Pogʻonali chulgʻam teng seksiyali chulgʻamdan nimasi bilan farq qiladi?
27. Qanday shartlar bajarilganda bir marta tutashgan va ikki marta tutashgan chulgʻamlar hosil boʻladi?
28. Oddiy toʻlqinsimon chulgʻamlarda qadamlar qanday aniqlanadi?
29. Nima sababdan oddiy toʻlqinsimon chulgʻamlarda tenglashtiruvchi ulanishlar talab etilmaydi?
30. Murakkab toʻlqinsimon chulgʻamda 2-tur tenglashtiruvchilar qanday bajariladi?
31. Murakkab toʻlqinsimon chulgʻamda 2-tur tenglashtiruvchi zarurligiga sabab nima?

32. Yakorning sirtmoqsimon va to'liqsimon chulg'amlarining seksiyalari bir-biridan nimasi bilan farq qiladi?

33. To'liqsimon chulg'amning kollektor bo'yicha qadami qanday hisoblanadi?

34. $Z_9 = 27$ va $u_n = 3$ bo'lgan yakorda nechta kollektor plastinalari bo'lishi kerak?

35. Chulg'am turlari qanday mulohazalarga ko'ra tanlanadi?

36. Chulg'amlarning aniq turlari qo'llaniladigan sohalar haqida so'zlab bering.

Adabiyotlar ro'yxati

1. Berdiyev U. T., Pirmatov N. B. Elektromexanika. Texnika oliy o'quv yurtlarining «Elektr texnikasi, elektr mexanikasi va elektr texnologiyalari» va “elektr energetika” yo‘nalishi talabalari uchun darslik.– T.: Shams-Asa. 2014. –386 b.
2. Пирматов Н. Б., Мустафақулова Г. Н., Маҳмадиев Ғ. М. «Электр машиналари» курсидан «Асинхрон моторларни лойиҳалаш». Ўқув қўлланма. – Т.: ТошДТУ, 2013. – 95 б.
3. Bhattacharya. Electrical machinees 3E book. 2008, N/A p.
4. Salimov J. S., Pirmatov N. B. Elektr mashinalari. Darslik. – T.: O‘zbekiston faylasuflari milliy jamiyati nashriyoti, 2011. – 408 b.
5. Иброҳимов У. Электр машиналари. Ўқув қўлланма. – Т.: Ўқитувчи, 2001.
6. Fitzgerald. Electric machinery, 6/E book. 2002, N/A p.
7. Мажидов С. Электр машиналари ва электр юритма. Ўқув қўлланма. – Т.: Ўқитувчи, “Зиё-Ношир” КШК, 2002. – 408 б.
8. Pirmatov N.B., Yarmuxamedova Z.A., Mustafaqulova G.N. Elektr mashinalari fanining transformatorlar qismi bo‘yicha kurs loyihasini bajarishga oid o‘quv-metodik qo‘llanma. – T.: ToshDTU, 2012. – 117 b.

O‘TM yakor chulg‘amlari parametrlarining yig‘ma jadvali

Chulg‘am parametrlari, simmetriya shartlari va asosiy ishlatilish sohalari	Chulg‘am turlari va ularga tegishli asosiy ma’lumotlar				
	Oddiy sirtmoqsimon	Murakkab sirtmoqsimon	Oddiy to‘lqinsimon	Murakkab to‘lqinsimon	Aralash
1	2	3	4	5	6
Parametrlari:					
$y=y_K$	± 1	$\pm m$	$\frac{K \pm a}{p}$	$\frac{\kappa \pm a}{p}$	± 1 ba $\frac{K \pm a}{p}$
y_1	$\frac{Z_{\varnothing} \pm \varepsilon}{2p}$	$\frac{Z_{\varnothing} \pm \varepsilon}{2p}$	$\frac{Z_{\varnothing} \pm \varepsilon}{2p}$	$\frac{Z_{\varnothing} \pm \varepsilon}{2p}$	$y_{1C} + y_{1T} = K/p$
y_{1Z}	$\frac{Z}{2p} - \varepsilon$	$\frac{Z_{\varnothing}}{2p} - \varepsilon$	–	–	–
y_2	$y_1 \pm 1$	$y_1 \pm m$	$y - y_1$	$y - y_1$	$y_{2C} + y_{2T}$
2_a	$2p$	$2p \cdot m$	2	$2m$	$2a_C + 2a_T = 2 \cdot 2p$
$Y_{teng.1}$	K/p	K/p	–	–	–
$Y_{teng.2}$	–	K/p	–	K/p	–
Chulg‘amlarning simmetrik shartlari		m ga karrali emas			$K/p = b.s.$
	$K/p = b.s.$	$K/p = b.s.$		$Z/a = b.s.$	$\frac{a_T}{p} = \frac{m_T}{p} = b.s.$
	$Z/p = b.s.$	$Z/p = b.s.$	$u_n = K/Z = b.s.$	$u_n = \frac{K}{Z} = b.s.$	$m_C = 1; m_T = p$
		$u_n = b.s.$		$2p/a = b.s.$	$m_C = 2; m_T = 2p$
Asosiy ishlatilish sohalari	Normal kuchlanishli o‘rtacha quvvatli mashinalar va kuchlanishi yuqori, katta quvvatli mashinalar	Juda past kuchlanishli kichik quvvatli mashinalar va kuchlanishi normal, pasaytirilgan va past kuchlanishli katta quvvatli mashinalar	Normal kuchlanishli kichik quvvatli mashinalar hamda oshirilgan va yuqori kuchlanishli o‘rtacha quvvatli mashinalar	Oshirilgan kuchlanishli o‘rtacha quvvatli mashinalar	Yuqori kuchlanishli katta quvvatli mashinalar

Sirtmoqsimon chulgʻamlarni bajarishning baʼzi xususiyatlariga izohlar

A) Oddiy sirtmoqsimon chulgʻam

Toʻla qadamli chulgʻam faqat quyidagi

$$K/(2p)=b.s. \quad (1)$$

shartga rioya qilingandagina bajarilishi mumkin.

Qadami $y_1 \neq \tau$ boʻlgan chulgʻamlarning kommutatsiya holatini yaxshilash maqsadida

$$K/p = b.t.s. \text{ (butun toq son)} \quad (2)$$

shartga rioya qilish kerak.

$u_n=1$ boʻlganda, bu shartga toʻla rioya qilinadi. $u_n>1$ boʻlganda esa bitta pazga joylashgan seksiyalarning faol tomonlari orasidagi kichik siljish burchagi eʼtiborga olinmaydi. Bu holda (2) shartni boshqacha koʻrinishda yozish mumkin:

$$Z/p = b.t.s. \quad (3)$$

Bir yoʻlli sirtmoqsimon chulgʻamlarda:

1) K/p – juft son boʻlsa, chulgʻamlar orqali qisqa tutashgan hamma seksiyalar shu choʻtkalarga nisbatan bir xil holatni egallaydilar;

2) K/p – toq son boʻlsa, p.1 dagi hol faqat bir xil ishorali choʻtkalarda roʻy beradi.

1-holda har xil qutbga xos boʻlgan seksiyalar bir vaqtda kommutatsiya holatida yaʼni choʻtka orqali qisqa tutashgan boʻladi. 2-holda esa bu seksiyalarning kommutatsiya boʻladigan vaqti bir-biridan siljigan boʻladi. Bu esa qadami qisqartirilgan chulgʻamlarga xos.

2-holning afzalligi, $u_n > 1$ boʻlgan chulgʻamlarda oʻzaro induksiya EYKning kamayishi tufayli reaktiv EYKning kattaligi ham kamayishidir. Shu sababli 1- va 2-shartlarning bajarilishi zarur.

B) Ikki yoʻlli sirtmoqsimon chulgʻamlar

Ikki yoʻlli chulgʻam uchun (1-3) shartlar bajarilishi shart.

$y_1 \neq \tau$ boʻlgan ikki yoʻlli ikki karra tutashgan chulgʻamlar uchun y_1 qadamni tanlash muhim ahamiyatga ega:

1) y_1 qadam juft songa teng boʻlsa, bir pazda chulgʻamning bir xil yoʻliga tegishli boʻlgan seksiya tomonlari ustma-ust joylashgan boʻladi;

2) y_1 qadam toq songa teng bo'lsa, bir pazda chulg'amning har xil yo'liga tegishli bo'lgan seksiya tomonlari ustma-ust joylashadi.

y_1 qadami toq songa teng bo'lgan ikki yo'lli ikki karra tutashgan chulg'am pazlarida ustma-ust joylashgan 2 qatlamdagi toklarning yakor aylanasi bo'ylab natijaviy taqsimlanishi hamma vaqt bir xil bo'ladi. Aksincha, y_1 qadami juft songa teng bo'lgan shunday turdagi chulg'amda yakor aylanasi bo'ylab natijaviy tokning taqsimlanishi shu chulg'amning ikkala yo'li orasida toklarning taqsimlanishiga bog'liq bo'ladi.

$K/a = b.s.$, simmetriya sharti, faqat K/p – juft songa ega bo'lgan ikki karra tutashgan chulg'amlarda rioya qilinadi.

Mundarija

Kirish.....	3
1. O‘zgarmas tok mashinalarining simmetrik yakor chulg‘amlari to‘g‘risida qisqacha ma’lumotlar.....	4
1.1. Asosiy tushunchalar.....	4
1.2. Yakor chulg‘amlarining asosiy turlari va ularning qadamlari.....	6
1-amaliy mashg‘ulot. 2. Sirtmoqsimon (parallel) chulg‘amlar..	7
2.1. Oddiy (bir yo‘lli) sirtmoqsimon chulg‘am.....	7
1-misol. Yechishga doir metodik ko‘rsatmalar	9
2-amaliy mashg‘ulot. Cho‘tkalarning ishoralarini qo‘yish.....	12
3-amaliy mashg‘ulot. Seksiya EYK vektorining yo‘nalishini aniqlash.....	14
2.2. Chulg‘amlarning simmetriya shartlari	17
2.3. Birinchi tur tenglashtiruvchi ulanishlar.....	18
4-amaliy mashg‘ulot. 2.4. Murakkab (ko‘p yo‘lli) sirtmoqsimon chulg‘am.....	19
2-misol. Yechishga doir metodik ko‘rsatmalar	20
2.5. Murakkab sirtmoqsimon chulg‘amlardagi tenglashtiruvchi ulanishlar.....	23
5-amaliy mashg‘ulot. 2.6. Sirtmoqsimon chulg‘am turlari va ularning xossalari.....	25
2.6.1. Bir nechta seksiya tomonlari bo‘lgan oddiy sirtmoqsimon chulg‘amlar.....	25
3-misol. Yechishga doir metodik ko‘rsatmalar	27
2.7. O‘zgarmas tok mashinalarining simmetrik sirtmoqsimon chulg‘amlari yuzasidan mustaqil ish topshiriqlari.....	28
6-amaliy mashg‘ulot. 3. To‘lqinsimon (ketma-ket) chulg‘amlar.	30
3.1. Oddiy (bir yo‘lli) to‘lqinsimon chulg‘amlar.....	30
4-misol. Yechishga doir metodik ko‘rsatmalar	31
7-amaliy mashg‘ulot. 3.2. Murakkab (ko‘p yo‘lli) to‘lqinsimon chulg‘am.....	36
3.2.1. Murakkab to‘lqinsimon ikki marta tutashgan chulg‘am...	37
5-misol. Yechishga doir metodik ko‘rsatmalar	37
8-amaliy mashg‘ulot. 3.2.2. Juft qutblar soni juft bo‘lgan murakkab to‘lqinsimon bir marta tutashgan chulg‘am.....	38
6-misol. Yechishga doir metodik ko‘rsatmalar	39

3.3. O'zgarmas tok mashinalarining simmetrik to'liqsimon chulg'amlari bo'yicha mustaqil ish topshiriqlari.....	41
9-amaliy mashg'ulot. 4. O'zgarmas tok mashinalari yakor chulg'amlarining turlarini taqqoslash va ularni tanlash.....	42
5. O'zgarmas tok mashinalari yakor chulg'amlari bo'yicha o'z-o'zini tekshirish uchun savollar.....	43
Adabiyotlar ro'yxati.....	46
1-ilova. O'zgarmas tok mashinalari yakor chulg'amlari parametrlarining yig'ma jadvali	47
2-ilova. Sirtmoqsimon chulg'amlarni bajarishning ba'zi xususiyatlariga izohlar	48

Tuzuvchi: G. N. Mustafaqulova

O'zgarmas tok mashinalarining simmetrik yakor chulg'amlarini hisoblash va tahlil qilish. Uslubiy ko'rsatma.

Muharrir Sidikova K.A.

Musahhih Xudoyberdiyeva G.