

11-laboratoriya ishi. O'tkazgichning qarshiligini o'zgarmas tok ko'prigi yordamida aniqlash

Maqsadi: Uiston ko'prigi uchun nol metodni tushintirish; Qarshiliklarni yuqori aniqlik bilan o'lchash. Uiston ko'prigi yordamida o'tkazgichning qarshiligini aniqlash.

Kerakli asbob va buyumlar: reoxord, telefon yoki ossillograf, qarshiliklar magazini, noma'lum qarshiliklar, kalit, o'zgaruvchan tok manbai.

NAZARIY QISM

Charliz Uiston tomonidan 1843-yilda kashf etilgan ko'prik sxemasi metodi qarshilikni o'lchashning bir imkoniyatini ifodalaydi. Noma'lum qarshilik qiymati R_x boshqa bir juda yuqori aniqlikda ma'lum bo'lgan R qarshilikning qiymati bilan taqqoslanib katta aniqlik bilan o'lchanishi mumkin.

Elektr maydoni mavjud bo'lgan holda birinchi tur o'tkazgichlarda (metallarda) kristall panjara tugunlari orasida erkin elektronlarning tartibli harakati vujudga keladi. Bunday elektronlarning tartibli harakatiga elektr toki deyiladi. Elektr toki miqdoriy tomondan tok kuchi, deb ataladigan kattalik bilan harakterlanadi. Vaqt birligi ichida o'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzasidan o'tgan zaryad miqdoriga teng bo'lgan kattalik tok kuchi deyiladi. Tok kuchi skalyar kattalik bo'lib, umumiy ravishda quyidagi formula bilan aniqlanadi.

$$I = \frac{dq}{dt} \quad (1)$$

Agar tokning qiymati va yo'nalishi o'zgarmasa bunday tokka o'zgarmas tok deyiladi. Tok kuchi birligi 1 Amper (A). Amper-vakuumda bir-biridan 1 m masofada joylashgan ikkita cheksiz uzun parallel o'tkazgichning har biridan tok o'tganda, o'tkazgichlar orasida ularning har bir metr uzunligiga $2 \cdot 10^{-7}$ N ga teng o'zaro ta'sir kuchini vujudga keltiradigan tok kuchidir.

O'tkazgich uchlarida kuchlanish bor bo'lgan hollardagina, o'tkazgichlarda elektr toki hosil bo'ladi. Bunda Om qonuniga asosan tok kuchi quyidagiga teng.

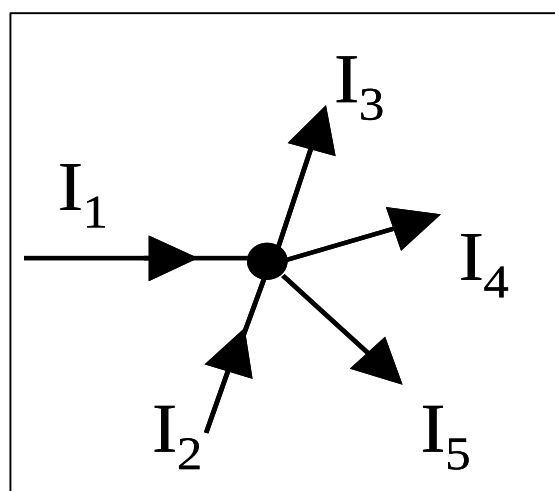
$$I = \frac{U}{R} \quad (2)$$

U-o'tkazgich uchlaridagi kuchlanish, R-o'tkazgich qarshiligidir. Metall o'tkazgich elektr manbaiga ulanganda, metall tarkibidagi erkin elektronlar ma'lum yo'nalishda tartibli harakatlana boshlaydi. Bu elektronlar tartibli harakat davomida kristall panjara tugunlarida joylashgan musbat ionlar bilan to'qnashadilar. Har bir to'qnashish natijasida elektronlar tartibli harakatini yo'qotadi. Demak, erkin elektronlar har bir to'qnashish davomida o'zining tartibli harakat tezligi hisobiga olgan kinetik energiyasining bir bo'limini kristall panjarasidagi ionlarga uzatadi. Tok manbai elektronlarni qaytadan tezlashtiradi, ular yana panjarasidagi ionlar bilan to'qnashadi va x.k. Elektronlarning tartibli harakatiga tusqinlik beradigan to'siqlar yig'indisi o'tkazgichning qarshiligi R deyiladi. Ba'zi amaliy masalalarni yechishda birmuncha murakkab, tarmoqlangan zanjirlardagi tok kuchi, kuchlanish va hokazolarni aniqlashga to'g'ri keladi. Om qonuni formulalari asosida bu masalalarni hal qilishning imkoni bo'lsa ham bunda ma'lum qiyinchilik yuzaga kelishi mumkin. Bunday masalalar Kirxgofning ikkita qoidasini e'tiborga olinsa ancha oson yechiladi. Kirxgofning birinchi qoidasini ta'riflash uchun avval tugun tushunchasini ko'rib o'taylik. Uchta va undan ortiq o'tkazgichlar tutashgan zanjir nuqtasi tugun deb ataladi (1-rasm). Tugunga kelayotgan toklar musbat ishora bilan tugundan ketayotgan toklar esa manfiy ishora bilan belgilanadi. Kirxgofning birinchi qoidasi shunday ta'riflanadi.

«Tugunga kelayotgan va undan ketayotgan toklarning algebrik yig'indisi nolga teng». 1-rasmda tasvirlangan toklar uchun Kirxgofning birinchi qoidasi ifodasi quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$I_1 + I_2 - I_3 - I_4 - I_5 = 0 \text{ yoki}$$

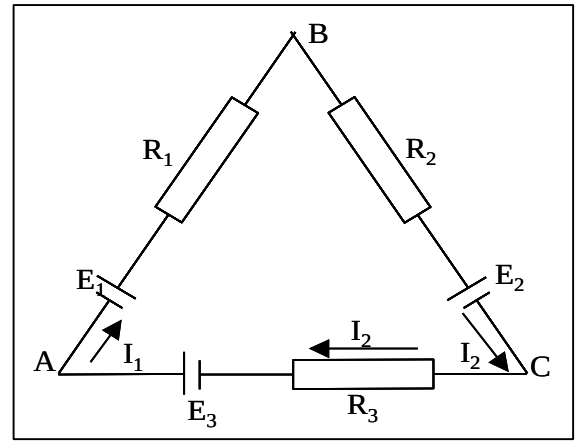
$$\sum_{i=1}^n I_i = 0 \quad (3)$$



1-rasm

Kirxgofning birinchi qoidasi zaryadning saqlanish qonunning natijasidir. Kirxgofning ikkinchi qoidasi

tarmoqlangan zanjir uchun Om qonunining umumlashtirishdan kelib chiqadi. 2-rasmda tasvirlangan zanjirni ko'raylik. Ixtiyoriy tarzda biror yo'nalishni, misol uchun soat strelkasi yo'nalishini musbat ishorali deb tanlab olaylik. Konturni shu yo'nalish bo'yicha aylanib o'tuvchi kattaliklar (tok kuchi, kuchlanish) musbat ishorali, teskari yo'nalishda aylanib o'tuvchi kattaliklar



2-rasm

manfiy ishorali deb qabul qilinadi. Masalan, konturni soat strelkasi bo'yicha aylanib o'tishida vujudga keltirilgan EYuK musbat hisoblanadi. Konturning har bir bo'limi uchun bir jinsli bo'lmagan Om qonunini qo'llaymiz.

$$I_1 R_1 = \varphi_A - \varphi_B + \varepsilon_1$$

$$I_2 R_2 = \varphi_B - \varphi_C - \varepsilon_2$$

$$I_3 R_3 = \varphi_C - \varphi_A + \varepsilon_3$$

Bu tenglamalarni hadma-had qo'shib quyidagii fodani olamiz:

$$I_1 \cdot R_1 - I_2 \cdot R_2 + I_3 \cdot R_3 = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 + \varepsilon_3 \quad (4)$$

Yoki umumiy tarzda

$$\sum_{i=1}^n I_i R_i = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i \quad (5)$$

Bundan Kirxgofning ikkinchi qoidasiga shunday ta'riflash mumkin: *Tarmoqlangan elektr zanjiridagi har qanday berkkonturda konturning tegishli qismlaridagi tok kuchining shuqism qarshiliklariga ko'paytmalarining yig'indisi konturdagi barcha EYuKlarning algebrik yig'indisiga tengdir.*

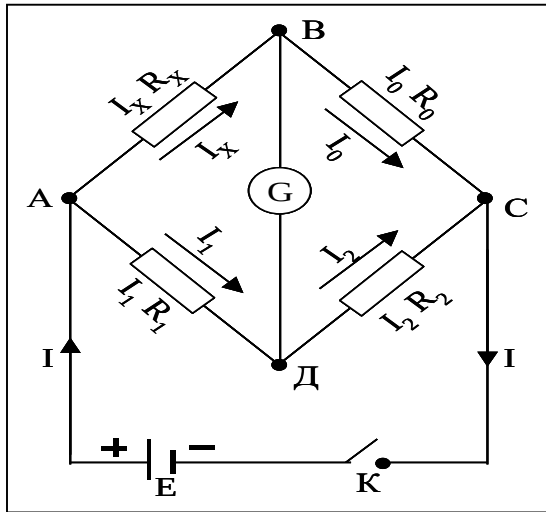
Kirxgof qoidalarini qo'llashda quyidagi shartlarga rioya qilish kerak: a) tok yo'nalishini to'g'ri tanlash lozim. Agar masalani yechishda manfiy tok qiymati hosil bo'lsa, demak uning haqiqiy yo'nalishi teskari tanlangan bo'ladi. b) konturni aylanib o'tish yo'lini to'g'ri tanlanishi kerak: v) tuzilgan tenglamalar soni noma'lum kattaliklar soniga teng bo'lishi lozim.

O'tkazgichlar qarshiligini o'lchashning turli usullari mavjuddir. Bu usullardan eng qulayi ampermetrda o'lchangan tok kuchi va voltmetrda aniqlangan kuchlanish qiymatlarini bilgan holda, zanjirning bir bo'limi uchun Om qonunidan foydalanib o'tkazgich qarshiligini aniqlashdir. Lekin bu usul yordamida qarshilikni aniqlashda ko'proq xatolikka yo'l qo'yiladi. Chunki o'lchov asboblari ampermetr va voltmetrlarning ichki qarshiliklarining mavjudligi u tok kuchini va U kuchlanishni aniq o'lchashga imkon bermaydi. Natijada Om qonuni yordamida o'tkazgich qarshiligini o'lchashda xatolikka yo'l qo'yiladi. Shuning uchun ko'pincha qarshiliklarni o'zaro taqqoslash vositasida aniqlash usulidan foydalaniladi. Bu usul o'zgarmas tok ko'prigi Uiston ko'prigi usulidir. Uiston ko'prigi sxemasi R_0, R_1, R_2, R_x qarshiliklarning AVSD to'rtburchak shaklida ulanishidan hosil bo'ladi (5-rasm). Bu yerda R_0 - qarshiliklar magazini.

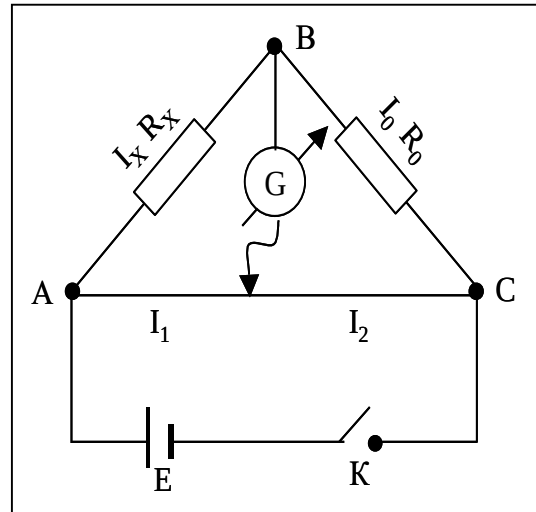
Bu sxemaning (3-rasm) bir diogonaliga tok manbai, ikkinchi diogonaliga esa sezgir galvanometr ulanadi. Galvanometr ulangan xuddi shu diogonal ko'prik vazifasini bajaradi. Bu sxema yordamida bajariluvchi barcha o'lchashlar galvanometrda tok kuchi qiymatining nolga teng bo'lishiga asoslangan.

3-rasmda tasvirlangan elektr zanjiridagi qarshiliklarning ixtiyoriy qiymatlarida galvanometr orqali tok o'tib turadi. Ammo, sxemadagi qarshiliklarning shunday qiymatlarini tanlagan holda galvanometrda tok o'tmasligini vujudga keltirish, yani galvanometrda tok kuchi qiymatining nolga teng bo'lishiga erishish mumkin. Tajribada Uiston ko'prigida R_1 va R_2 qarshiliklar uzunligi 1 metr bo'lgan reoxord (sim tortilgan masshtabli chizgich) bilan almashtiriladi (4-rasm). Reoxord solishtirma qarshiligi juda katta bo'lgan bir jinsli ingichka sim bo'lib, bu sim orqali D kontakti siljitish mumkin. R_1 va R_2 qarshiliklar vazifasini ℓ_1 va ℓ_2 sim uzunliklari bajaradi. Kalit yordamida ko'prikning ikkinchi diagonaliga tok manbai ulansa 4-rasm berik zanjirining barcha bo'limlaridan elektr toki o'ta boshlaydi. Yuqorida eslatib o'tilgandek qarshiliklarni shunday tanlash mumkinki, galvanometrda tok o'tmay qolsin. Ko'prikning shu holatini muvozanat holat deyiladi. Bu holatning amalga oshirish uchun R_0, R_1, R_2 qarshiliklar ma'lum tengliklarni qanoatlantiradigan tarzda tanlanib olinish kerak. Masalan,

galvanometrda tok nolga teng ($I_g=0$) bo'lgan paytda tabiiyki, va nuqtalarning potentsiallari bir-biriga teng ya'ni $\varphi_B = \varphi_D$ bo'ladi. 5-rasmda ko'rsatilgan sxema uchun Kirxgof qoidalarini qo'llaymiz.



3-rasm



4-rasm

Kirxgofning birinchi qoidasi

$$\text{A nuqta uchun } I - I_1 - I_x = 0$$

$$\text{B nuqta uchun } I_x - I_0 - I_g = 0 \quad (6)$$

$$\text{D nuqta uchun } I_g + I_1 - I_2 = 0$$

Ko'rinishda yoziladi. Zanjir asosan ABDA va BCDB konturlardan tashkil topganligini anglash qiyin emas. Shu konturlar uchun mos ravishda Kirxgofning ikkinchi qoidasini quyidagicha yozamiz.

$$\text{ABDA:} \quad I_x R_x + I_g R_g - I_1 R_1 = 0 \quad (7)$$

$$\text{BCDB:} \quad I_0 R_0 + I_2 R_2 - I_g R_g = 0 \quad (8)$$

Ko'prik muvozanat holatda bo'lishi uchun $I_g = 0$ shart bajarilishi lozim edi. Shu holat uchun (6) tengliklardan tok kuchi uchun

$$I_0 = I_x, \quad I_1 = I_2 \quad (9)$$

ifodalarga kelamiz. (7) va (8) tengliklardan esa

$$I_x R_x = I_1 R_1, \quad I_0 R_0 = I_2 R_2 \quad (10)$$

ifodalar kelib chiqadi. Bu tengliklarni hadlab birini ikkinchisiga bo'lamiz

$$\frac{R_x}{R_0} = \frac{R_1}{R_2} \quad (11)$$

Bundan noma'lum qarshilikni aniqlovchi ifodani olamiz:

$$R_x = R_0 \cdot \frac{R_1}{R_2} \quad (12)$$

Yoki R_1 va R_2 qarshiliklarni reoxord (bu yerda $R = \rho \ell / S$ ga teng shu sababli R qarshilikni ℓ uzunlikka to'g'ri proporsional desak bo'ladi) simining yelka uzunliklari ℓ_1 va ℓ_2 lar bilan almashtirib quyidagi ifodaga ega bo'lamiz.

$$R_x = R_0 \cdot \frac{\ell_1}{\ell_2} \quad (13)$$

Bu yerda reoxord simining barcha uzunligi bo'ylab uning ko'ndalang kesimi bir xil deb qabul qilingan.

Ishni bajarish tartibi

1. Sxema bilan batafsil tanishiladi. Eksperiment natijalarini yozish uchun quyidagi jadval chiziladi. Noma'lum qarshilik sifatida R'_x qarshilikni o'tkazgich zanjirga ulanadi.

2. Qo'zg'aluvchan D kontakti reoxord simining o'rtasiga ($\ell_1 = \ell_2 = 50$ cm) qo'yib qarshiliklar magazinidan R_0 ning qiymati shunday tanlab olinadiki, galvanometrdan o'tayotgan tok kuchi $I_g = 0$ bo'lsin. So'ngra D kontakt siljitilib galvanometrdagi tok kuchi aynan «0» ga keltiriladi. ℓ_1 va ℓ_2 ning qiymatlari jadvalga yoziladi.

3. Keyin reoxordning ℓ_1 30, 40, 60, 70 cm qiymatlari uchun ham R_0 qarshilik tanlab olinadi va har bir uzunlik uchun galvanometrdan o'tayotgan tok nolga keltiriladi. O'lchab olingan kattaliklar asosida (13) formuladan foydalanib noma'lum R'_x qarshilik hisoblab topiladi va uning o'rtacha qiymati aniqlanadi, ℓ_1 , ℓ_2 , R_0 larning qiymatlari jadvalga yoziladi.

Qarshiliklar	N	R_0 (Om)	ℓ_1 (m)	ℓ_2 (m)	R_x (Om)	$\langle R_x \rangle$	ΔR_x	$\langle \Delta R_x \rangle$	$\frac{\langle \Delta R_x \rangle}{\langle R_x \rangle} \cdot 100\%$
--------------	---	---------------	-----------------	-----------------	---------------	-----------------------	--------------	------------------------------	--

R'_x	1								
	2								
	3								
R''_x	1								
	2								
	3								
R'_x va R''_x lar parallel ulangan	1								
	2								
	3								
R'_x va R''_x Lar ketma-ket ulangan	1								
	2								
	3								

4. Zanjirga qarshiligi R''_x bo'lgan o'tkazgich ulanadi so'ngra, 2-3 bandlar takrorlanib (13) formula yordamida ikkinchi o'tkazgichning qarshiligi va uning o'rtacha qiymati aniqlanadi.

5. R'_x va R''_x lar qarshiliklar elektr zanjiriga avval parallel so'ngra ketma-ket ulanadi. Har ikkala hol uchun 2-3 bandlar takrorlanib (13) formula yordamida umumiy qarshiliklar R_{par} va $R_{\text{k-k}}$ hisoblab topiladi. O'tkazgichlar parallel ulangandagi umumiy qarshilik R_{par} ning hamda ketma-ket ulangandagi umumiy qarshilik $R_{\text{k-k}}$ ning o'rtacha qiymatlari aniqlanadi.

6. O'tkazgichlarni parallel va ketma-ket ulab topilgan tajriba natijalarini nazariy yo'l bilan chiqarilgan formulalar: ketma-ket ulash uchun $R_{\text{k-k}} = R'_x + z$, parallel ulash uchun $R_{\text{par}} = \frac{R'_x \cdot R''_x}{R'_x + R''_x}$ orqali hisoblab topilgan natijalar bilan taqqoslanadi.

7. Olingan natijalar bo'yicha R'_x va R''_x qarshiliklar uchun absolyut va nisbiy xatoliklar hisoblanadi. Olingan natijalar yuqoridagi jadvalga yoziladi.

NAZORAT SAVOLLARI

1. O'tkazgich qarshiligi qanday fizik kattalik va klassik elektron nazariyasi asosida u qanday tushuntiriladi.
2. Kirxgof qoidalarini tushuntiring.
3. Uiston ko'prigi sxemasini chizing. Bu ko'priq usuli yordamida qarshilikni o'lchashning mohiyatini izoxlab bering.
4. Reoxordning vazifasini tushuntiring.
5. Kirxgof qoidalari yordamida galvanometrda tok o'tmasligi sharti asosida noma'lum qarshilikni hisoblash formulasini isbotlang