

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY TA’LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI
DENOV TADBIRKORLIK VA PEDAGOGIKA INSTITUTI



FIZPRAKTIKUM (ELEKTR VA MAGNITIZM)
FANIDAN LABORATORIYA ISHLARI TO‘PLAMI

Sh.S.Zamonova

Denov-2023 y

MUNDARIJA

- Kirish.** Texnika xavfsizligi qoidalari bilan tanishish. Xatoliklar nazariyasi. Tajribalar o‘tkazilishi tartib – qoidalari va hisobot tayyorlash tartibi.....
- 1 –Laboratoriya ishi.** Maydonni modellashtirish yo‘li bilan elektrostatik maydonni o‘rganish.....
- 2 –Laboratoriya ishi.** Uiston ko‘prigi sxemasidan foydalanib qarshiliklarni aniqlash.....
- 3 –Laboratoriya ishi.** Turli metal o‘tkazgichlarning qarshiligini aniqlash.....
- 4 –Laboratoriya ishi.** Kondensatorning sig‘imini aniqlash.....
- 5 –Laboratoriya ishi.** Faradey doimiysini aniqlash.....
- 6 –Laboratoriya ishi.** Yarimo‘tkazgichlarda Xoll effektini kuzatish.....
- 7 –Laboratoriya ishi.** Kirxgof qonunlarini tekshirish.....
- 8 –Laboratoriya ishi.** Qarshilik va sig‘imni o‘z ichiga olgan zanjirning vaqt konstantasini aniqlash.....
- 9 –Laboratoriya ishi.** Tebrnish zanjiridagi so‘nuvchi elektr tebranishlarni o‘rganish
- 10 –Laboratoriya ishi.** Tebranish zanjiridagi erkin elektromagnit tebranishlarni o‘rganish.....
- 11 – Laboratoriya ishi.** Gisterezis hodisasini o‘rganish.....
- 12 – Laboratoriya ishi.** Zanjirdagi majburiy elektr tebranishlarni aniqlash.....
- 13 – Laboratoriya ishi.** Ikki solenoidning (transformator) o‘zaro induksiyasini o‘rganish.....
- 14 – Laboratoriya ishi.** Magnit maydon induksiyasini o‘rganish.....

LABORATORIYA ISHLARINI BAJARISHNI TASHKIL QILISH

Har bir talaba laboratoriya ishlarini bajarish uchun mashg'ulotga tayyorlanib kelishi lozim. Buning uchun u ma'ruzalar matni va adabiyotlardan takrorlab, laboratoriya ishlarini bajarish bo'yicha qo'llanmani kutubxonadan olib o'rganishi va ish bo'yicha hisobot shakli (formasi)ni tayyorlab kelishi shart.

Mashg'ulot boshlanishida o'qituvchi talabalarning ishni bajarishga tayyorgarlik darajasini tekshiradi va ushbu tekshiruv natijalari asosida tayyorgarligi etarli bo'lgan talabalarga laboratoriya mashg'ulotlarini bajarishga ruxsat beradi.

Har bir laboratoriya ishini 2 ta talaba birgalikda bajaradi. Laboratoriya ishining tajriba qismi qo'llanmada tavsiya qilingan tartibda va xavfsizlik choralariga rioya qilingan holda bajariladi.

Ishning tajriba qismi bajarilgandan so'ng laboratoriya ishlari bo'yicha hisobotga o'tkazilgan tajriba natijalari kiritilib, xulosa yoziladi va ushbu laboratoriya ishlari himoya qilinadi.

Betartib rasmiylashtirilgan hisobot himoyaga qabul qilinmaydi.

Himoya davomida savollarga aniq javob berib, o'tkazilgan tajriba natijalarini tushuntura olgan talabalarga ushbu laboratoriya ishiga ajratilgan reyting sinovdan o'tganligi haqida o'qituvchi daftariga belgilab qo'yiladi.

Mashg'ulot davomida laboratoriya ishini himoya qila olmagan talabalar keyingi mashg'ulotgacha o'qituvchi ajratgan qo'shimcha vaqtda ushbu ishni himoya qilishlari shart.

Laboratoriya ishlarini o'quv rejasi bilan ko'rsatilgan muddatlarda bajarmagan talabalar ularni barcha asosiy laboratoriya mashg'ulotlari tugallangandan so'ng, o'qituvchi bilan kelishilgan qo'shimcha vaqtlarda bajarishlari kerak.

LABORATORIYA ISHLARINI BAJARISH DAVOMIDA XAVFSIZLIK CHORALARI

Laboratoriya xavfsizligi qoidalari.

Ishni boshlashdan oldin har bir talaba ushbu qoidalarni diqqat bilan o'qib chiqishi va xavfsizlik bo'yicha o'qituvchi jurnaliga imzo qo'yishi shart.

Talaba quyidagi qoidalarga rioya qilishi shart:

1. Laboratoriya majmuasini 220 V tarmog'iga ulashdan oldin, quvvat tugmasini "BBIKJT" holatida ekanligiga ishonch hosil qiling.
2. Sxemani yig'ishda yaxshi izolyatsiyalangan yaxshi simlardan foydalaning. Qurilmalarni ulashda yuk me'yorlariga muvofiqqligini tekshiring (g'altaklar uchun maksimal tok va boshqalar)
3. Elektr zanjirini konturlar bo'ylab, asosiydan boshlab (quvvat manbasini o'z ichiga

- olgan) yig'ing; multimetr, yordamchi sxemani shakllantiring, keyin ulang.
4. O'qituvchi sxemani tekshirgandan keyingina quvvat manbalarini yoqing.
 5. Sxemaga har qanday o'zgartirish kiritish uchun har qanday qisqa tutashuvning oldini olish maqsadida quvvat manbaini o'chiring.
 6. O'lchov tugagach quvvatni o'chiring.

TAQIQLANGAN.

1. Zanjirning tok o'tkazuvchi qismlariga metal buyumlar bilan tegish, nam qo'llar bilan ishlash;
2. O'qituvchining ruxsatisiz 220 V tarmog'ida laboratoriya jihozlarini yoqish va kontaktlarning so'nishiga olib keladigan kuchlanishni qo'llash;
3. Laboratoriya jihozlarini bir stoldan ikkinchi stolga o'tkazish yoki ularni ochish;
4. Laboratoriyada chekish, tashqi kiyim yoki bosh kiyimda bo'lish.

Barcha savollar bo'yicha talabalar o'qituvchi yoki yordamchi laborantga murojaat qilishlari kerak. Talabalar jihozlarga yetkazilgan zarar uchun javobgardirlar.

Laboratoriya ishlarini bajarish bo'yicha ko'rsatmalar

1. Har bir talaba maxsus jadval asosida ishni bajaradi.
 2. Laboratoriyada dars boshlanishidan oldin ishga tayyorgarlik ko'rishingiz kerak.
 3. Ushbu uslubiy qo'llanmaga qo'shimcha ravishda qo'shimcha adabiyotlar va ma'ruza matnlaridan foydalanish tavsiya etiladi.
 4. Ishni bajarish uchun faqat o'qitilgan talabalarga ruxsat beriladi.
- Laboratoriya hisoboti ham ushbu talablarga javob berishi kerak.

Laboratoriya ishi bo'yicha hisobot tayyorlash qoidalari

Laboratoriya ishi kichik, ammo to'liq o'quv ilmiy tadqiqotdir. Laboratoriya ishi hisoboti maksimal to'liqlik va obektivlik bilan bajarilgan tadqiqot natijalarini aks ettiruvchi hujjatdir.

Ilmiy – texnik hujjatlarni loyihalashda yagona talablar qo'yiladi. Laboratoriya ishlari bo'yicha hisobot ma'lum darajada ushbu talablarga javob berishi kerak.

Hisobot tayyorlash talablari

Hisobot standart o'lchamdagi qog'ozda (A4 formatda) matnning har ikki tomonida bo'sh joylar bilan tuzilishi kerak. Hisobot materiali aniq tavsiflangan bo'lishi kerak, har bir bo'lim sarlavha bilan ta'minlanishi kerak.

Laboratoriya ishi bo'yicha hisobotning tuzilish tarkibi:

- ishning maqsadi;

- laboratoriya ishlarini bajarish tartibi;
- asosiy elektr sxemalari va (yoki) ulanish sxemalari;
- passport ma'lumotlari bilan o'lchov vositalari va elektr jihozlarining ro'yhati;
- eksperimental tadqiqotlar va bajarilgan hisob – kitoblar jadvallari;
- funksional bog'liklarning xarakteristikalari diagrammasi va grafiklari;
- bajarilgan ish yuzasidan chiqarilgan xulosa.

FIZIK O'LCHASH VA UNING NATIJALARINI HISOBLASH

Fizika fani va uning qonuniyatlari eksperiment bilan bevosita bog'langan. SHuning uchun ham fizikada eksperiment natijalari sonlar majmuasi – fizik kattaliklarning son qiymatlaridan iboratdir. Bu sonlar matematik ifodalar orqali bog'langan bo'lib, fizik kattaliklar orasidagi bog'lanish va munosabatlarni ifodalaydi va tabiatdagi hodisalarni tavsiflaydi.

Fizik praktikumning asosiy maqsadi – fizik kattaliklarni to'g'ri o'lchab, ularning son qiymatlarini formulaga to'g'ri (berilgan o'lchov birliklari sistemasida) qo'yib hisoblashni o'rganishdan iborat.

Fizik kattalikni o'lchash - uni qabul qilingan birliklardagi bir jinsli kattalik (etalon) bilan taqqoslash demakdir. O'lchash birliklari erkin bo'lib, har xil sistemalarda bo'lishi mumkin, lekin oxirgi natija SI birliklarida hisoblanadi.

Fizik kattalik bilvosita va bevosita o'lchanadi. Bevosita o'lchashda, shu fizik kattalik to'g'ridan – to'g'ri o'lchov asboblari yordamida o'lchanadi.

Bilvosita o'lchashda esa bu fizik kattalik ma'lum ifodaga bevosita o'lchangan fizik kattaliklar qiymati qo'yilib, hisoblab topiladi. Masalan, zichlik ρ ni aniqlash uchun uning massasi m o'lchanadi, hajmi V o'lchanadi yoki aniqlanadi va

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Formula bo'yicha hisoblanadi.

Eksperiment natijalarini ishlash nima uchun kerak?

Buning asosiy sababi o'lchash jarayonida boshqa tashqi ta'sirlar mavjudligi tufayli, fizik kattaliklarning qandaydir xatoliklar bilan o'lchanishidir. Agar o'lchov asbobining aniqlik darajasi yoki sezgirligi yuqori bo'lsa, u holda asl qiymati x_0 ga teng bo'lgan kattalikni o'lchash natijalari har xil: $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ qiymatlarga ega bo'lishi mumkin.

$x_0 - x_n - \Delta x_n$ farq o'lchash xatoligi bo'lagi.

Demak, biz ko'p sonli o'lchashlar bajarganimizda ham o'lchanuvchi kattalikning asl qiymatini aniqlay olmas ekanmiz, lekin u kattalikning asl qiymatini baholashimiz, ya'ni uning eng ehtimoliy kattaligini va o'lchash xatoligini ko'rsatishimiz mumkin.

O'lchash xatoligini ko'rsatish o'lchanuvchi kattalik qiymatining u yoki bu qiymatlar intervalida yotishini hisoblashga imkon beradi.

Xatoliklar uch guruhga: sistematik, tasodifiy va qo'pol xatoliklarga bo'linadi.

Qo‘pol xatoliklar tajriba o‘tkazuvchi saviyasining pastligi va eksperimentga bo‘lgan qoniqarsiz munosabati natijasida ro‘y beradi. Natijada kuzatishlar va o‘lchashlar noto‘g‘ri o‘tkaziladi.

Sistematik xatoliklar o‘lchov asboblarining yo‘l qo‘yadigan xatoligi, noto‘g‘ri sozlanishi va o‘lchash uslubining yuqori saviyada bo‘lmasligi natijasida vujudga keladi va bu xatolik hamma vaqt mavjud bo‘ladigan xatoliklardir.

Sistematik xatolikni asobolarni sozlash, yuqori aniqlikdagi o‘lchov asboblarini tanlash, o‘lchash usulini takomillashtirish natijasida keskin kamaytirish mumkin, lekin to‘la bartaraf etish mumkin emas. Chunki ideal aniqlikda o‘lchaydigan o‘lchov asboblari mavjud emas. Demak, sistematik xatolik, asosan, asboblarning o‘lchash aniqligiga bog‘liq ekan. Bu esa asbobning aniqlik sinfiga bog‘liq. Asbobning aniqlik sinfi uning to‘la o‘lchash shkalasida yo‘l qo‘yiladigan maksimal xatolikning foizlardagi qiymatidir. Masalan, aniqlik sinfi 0,5 bo‘lsa, u asbobning to‘la o‘lchash shkalasi bo‘yicha yo‘l qo‘yiladigan xatolik 0,5% ga teng. Shu sababli tajribani tashqil qilishda o‘lchash shkalasining to‘la qismida o‘lchanadigan va aniqlik sinfi yuqoriroq (ya‘ni, raqamlarda kichikroq) bo‘lgan asobolar tanlanishi muhimdir.

Tasodifiy xatolik – avvaldan bashorat qilib bo‘lmaydigan va tasodifiy ravishda har bir o‘lchashga ta’siri har xil bo‘lgan sabablar natijasida ro‘y beradigan xatolikdir. Tasodifiy xatoliklar tufayli biror fizik kattalik bir necha marta o‘lchanganda har xil qiymatlar olinadi. Tasodifiy xatoliklarni tufayli biror fizik kattalik bir necha marta o‘lchanganda har xil qiymatlar olinadi. Tasodifiy xatoliklarni to‘la yo‘qotish mumkin bo‘lmasa-da, tajriba o‘tkazish savyasini oshirib va o‘lchash sonini orttirib, ularni kamaytirish mumkin. Biror fizik kattalikning o‘lchashlar natijasida aniqlangan qiymatlari $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ bo‘lsa, ularning ichidan haqiqiy qiymatga eng yaqini ularning o‘rtacha qiymati

$$\langle x \rangle = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum x_i}{n}$$

bo‘ladi. Bu erda n - o‘lchashlar soni.

Yuqorida ko‘rsatilgan x_1 kattalikning uning o‘rtacha qiymatidan farqining absolyut qiymati, ya‘ni $\Delta x_i = |x - x_i|$ shu kattalikning **absolyut xatoligi** deyiladi. Qaysi o‘lchashda absolyut xatolik kichik bo‘lsa, shu o‘lchash aniqroq bajarilgan bo‘ladi. ko‘pol xatoliklar, ya‘ni o‘rta qiymatdan katta farq qiluvchi x ning qiymatlari xatolikni hisoblashda tushirib qoldiriladi.

Agar n ta o‘lchash natijasidagi absolyut xatoliklar.

$$\Delta x_1 = |x - x_1|, \Delta x_2 = |x - x_2|, \dots, \Delta x_n = |x - x_n|$$

bo‘lsa, o‘rtacha absolyut xatolik shu xatolik qiymatlarining o‘rtacha arifmetik qiymatiga tengdir:

$$\langle \Delta x \rangle = \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3 + \dots + \Delta x_n}{n} = \frac{\sum \Delta x_i}{n}$$

Izlanayotgan fizik kattalikning asl qiymati tanlangan o‘rtacha qiymatdan $\pm \langle \Delta x \rangle$ ga farq qiladi, ya‘ni $x = \langle x \rangle \pm \langle \Delta x \rangle$ yoki x ning asl qiymati

$$\langle x \rangle - \langle \Delta x \rangle \text{ va } \langle x \rangle + \langle \Delta x \rangle$$

intervalda yotadi:

$$\langle x \rangle - \langle \Delta x \rangle < x < \langle x \rangle + \langle \Delta x \rangle$$

O'lchashlarning aniqlik o'lchami foizlarda ifodalangan **nisbiy xatolik** bilan xarakterlanadi:

$$\varepsilon = \frac{\langle \Delta x \rangle}{\langle x \rangle} \cdot 100\%$$

Nisbiy xatolik ε ga teskari bo'lgan

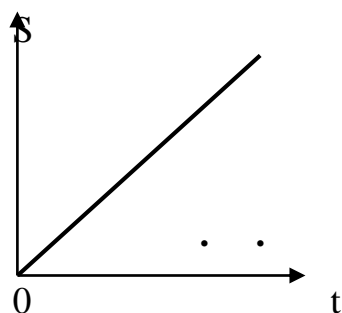
$$\theta = \frac{1}{\varepsilon}$$

kattalik aniqlik (tajribaning aniqligi) deyiladi.

Fizik jarayon va hodisalarni kuzatish yoki o'rganish natijasida biror fizik kattalikni ikkinchi fizik kattalikka bog'liq ravishda o'zgarish qonuniyatini ularning qiymatlari orqali qayd qilamiz. Mana shu bog'liqlik yoki bog'lanishni grafik ravishda tasvirlash mumkin. Bu bog'lanish chiziqli, kvadratik, eksponensial (ya'ni $e = 2,71\dots$ ning darajasiga bog'liq) yoki trigonometrik funksiyalar grafiklari ko'rinishida bo'lishi mumkin.

Grafik, albatta, millimetrli qog'ozga qalam bilan chiziladi. O'zgaruvchi birlamchi kattalik (argument)larning qiymatlarini absissalar o'qiga, birlamchi kattaliklarning o'zgarishi natijasida hosil bo'lgan o'zgaruvchi ikkilamchi fizik kattalik qiymatlarini esa ordinatalar o'qiga qo'yiladi.

Grafik chizishda eng muhim – o'lchanayotgan va aniqlanayotgan kattaliklarning o'zgarish intervalini hisobga olgan holda masshtab hamda koordinatalar boshi – sanoq boshini tanlashdan iboratdir. Demak, koordinatalar boshiga albatta nol emas, balki o'lchangan fizik kattalikning eng kichik yoki unga yaqin qiymatini qo'yish maqsadga muvofiqdir. Grafik chizish avval tajriba natijalarini jadval ko'rinishida rasmiylashtirish va hisoblash amallarini bajarish zarur. So'ngra bu natijalar kerakli bog'lanishni ifoda qiluvchi koordinatalar sistemasiga qalam bilan qo'yib (belgilab) chiqiladi va ular asosida bog'lanish chizig'i – grafigi chiziladi. Chiziq shunday o'tkaziladiki, unda chiziqda yotmagan nuqtalar chiziqqa nisbatan ikkala tomonda simmetrik joylashgan bo'lishi kerak. Tasodifiy va simmetrik xatoliklar mavjud bo'lgan uchun barcha nuqtalar bu chiziq ustida yotmaydi. Bunga 1-rasmda keltirilgan grafik misol bo'ladi. Shuni ta'kidlash lozimki, qo'pol xatoliklar grafikda yaqqol ko'rinish qoladi va tajriba o'tkazuvchiga bu nuqtani qayta tekshirib ko'rish kerakligini bildiradi. Tajriba natijalarini grafik ravishda tasvirlash fizik qonuniyatlar tavsifini ko'rgazmali tasvirlash, namoyish etishga imkon beradi. Shu jumladan, grafikdan aniqlangan fizik kattalikning qiymati uning asl qiymatiga juda yaqin bo'ladi.



Laboratoriya ishlarining natijalarini hisoblashda taqribiy hisoblash aniqligini tanlash zarur. Bu aniqlik o'lchash asboblarning bog'liq. Masalan, Eyer soni $e = 2,73$; $\pi = 3,14$ va $g = 9,86 \text{ m/s}^2$ deb taqriban olinsa, u holda hisoblashlarni 0,01 aniqlikda olib borish maqsadga muvofiqdir. SHu jumladan, hisoblash jarayonida sonlarni yaxlitlash qoidalariga ham avval qilinishi kerak. Masalan, $5,9 \cdot 46,7 = 275,53 \approx 275,5$ va $2,85 \cdot 5,27 = 15,0195 \approx 15,02$ deb yozish tavsiya etiladi.

1 - LABORATORIYA ISHI “MAYDONLARNI MODELLASHTIRISH USULI BILAN ELEKTROSTATIK MAYDONNI O‘RGANISH”

Ishning maqsadi: O'rganilayotgan elektrostatik maydonning kuch chiziqlari va ekvipotensial sirtlarining rasmini yaratish, o'rganilayotgan maydon nuqtasining intensivligini aniqlash.

Uskunalar:

modullar: "blokni o'rnatish maydoni va maydonni modellashtirish", "multimetrlar bloki".

past o'tkazuvchan plitalar to'plami.

Kirish

Elektr zaryadi atrofdagi fazoda maydon hosil qiladi-bu materiyaning maxsus shakli bo'lib, u orqali elektr zaryadlari o'rtasidagi o'zaro ta'sir amalga oshiriladi. Elektr maydoni bo'lgan bo'shliq elektr kuchlarining namoyon bo'lish sohasidir. Har bir nuqtadagi elektrostatik maydon ma'lum bir nuqtada maydonning kuch va elektr maydon kuchlanganligi (E) va potentsial (φ) qiymatlari bilan tavsiflanadi.

Elektr maydonini kuch chiziqlari yordamida grafik tarzda tasvirlash mumkin. Kuch chizig'i - bu elektr maydon kuchlanganlik vektoriga to'g'ri keladigan har bir nuqtada urinish chizig'i. Maydon chiziqlari kesishmaydi, chunki har bir nuqtadagi maydon kuchi bitta aniq yo'nalishga ega. Maydonning grafik tasviri uchun kuch chiziqlari yoki ekvipotensial sirtlardan foydalanish mumkin. Ekvipotensial sirt bir xil potentsial nuqtalarning geometrik joyi deb ataladi.

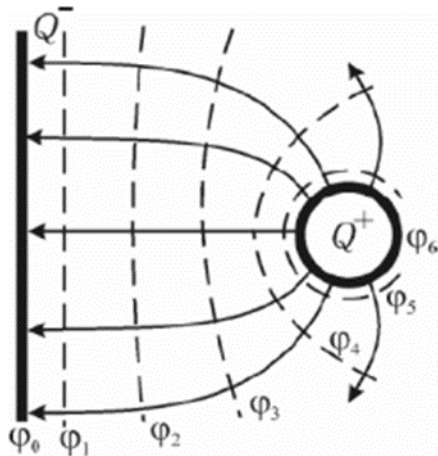
1 – rasmda zaryadlangan tekislik va nuqta zaryadi natijasida hosil bo'lgan elektrostatik maydonning kuch (qattiq) va ekvipotensial (nuqta) chiziqlari ko'rsatilgan. Ekvipotensial chiziqlar chizilgan tekislik bilan ekvipotensial sirtlarning kesimida tasvirlangan. Ekvipotensial yuzalar bir xil qadam bilan amalga oshiriladi. Maydon chiziqlari singari, ular kesishmaydi, chunki maydonning har bir nuqtasi faqat bitta $\Delta\varphi$ qiymatiga to'g'ri keladi.

Zaryadning ekvipotensial sirt bo'ylab harakatlanishi ishni talab qilmaydi: $A=Q*\Delta\varphi=0$, chunki $\Delta\varphi =0$. Boshqa tomondan, ish F elementar harakatdagi kuchlar dl :

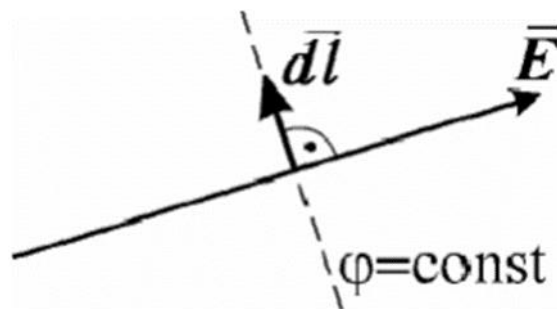
$$A = \int_1^2 F \cos \alpha dl \quad (1)$$

bundan kelib chiqadiki, $F \neq 0$ va $dl \neq 0$ uchun $\cos \alpha =0$ qiymati.

Bu shuni anglatadiki, zaryadga ta'sir qiluvchi kuch teng potentsial yuzasi bo'ylab harakatga perpendikulyar. Shuning uchun kuch chiziqlar har qanday ekvipotensial yuzaga perpendikulyar (2-rasm).



1-rasm-ekvipotensial va kuch chiziqlarning joylashishi.



2-rasm-kuch (qattiq) va ekvipotensial kuch chiziqlari tasviri.

Potensialning maydon kuchlanganligi bilan bog'liqligi quyidagi formula bilan ifodalanadi

$$\vec{E} = -\overrightarrow{grad}\varphi \quad (2)$$

bu yerda

$$\overrightarrow{grad}\varphi = \frac{d\varphi}{dx} \vec{i} + \frac{d\varphi}{dy} \vec{j} + \frac{d\varphi}{dz} \vec{k} \quad (3)$$

Funktsiya gradienti $\varphi(x,y,z)$ - bu funktsiyaning maksimal o'sishiga yo'naltirilgan vektor, uning moduli bir xil yo'nalishdagi funktsiyaning hosilasiga teng:

$$\overrightarrow{grad}\varphi = \frac{d\varphi}{dn} \vec{n} \quad (4)$$

Bu erda n ekvipotensial sirt uchun birlik normal.

Shunday qilib, (2) va (4) ifodalardan kelib chiqadiki, har bir nuqtada elektrostatik maydon kuchlanishi vektori egri chiziq bo'ylab potentsialning o'zgarish tezligiga son jihatdan teng va potentsialning pasayishiga yo'naltirilgan:

$$\vec{E} = -\frac{d\varphi}{dn} \vec{n} \quad (5)$$

Maydon tadqiqot usuli

Ko'pgina elektron asboblarni loyihalashda elektrodlar orasidagi bo'shliqdagi elektrostatik maydonni o'rganish talab etiladi.

Maydonni o'rganish uning har bir nuqtasida \vec{E} va φ qiymatlarni aniqlashni anglatadi

Murakkab elektrostatik maydonlar eksperimental ravishda o'rganiladi.

Maydonlarni o'rganish uchun ularni modellashtirishning eksperimental usullari qo'llaniladi. Ulardan biri elektrodlar bilan zaif o'tkazuvchan plastinkadan foydalanishga

asoslangan. Elektrostatik maydon elektr maydon bilan almashtiriladi, unda elektrodlar simulyatsiya qilingan maydon bilan bir xil potentsialga ega. Zaryadlangan zarrachalarning harakatiga qaramay, elektrodlardagi zaryadlarning zichligi doimiydir, chunki yangilari doimiy ravishda zaif o'tkazuvchan plastinka bo'ylab ketadigan zaryadlar o'rniga keladi. Shuning uchun elektrodning zaryadlari fazoda bir xil zichlikdagi statsionar zaryadlar bilan bir xil elektr maydonini hosil qiladi va elektrodlar ekvipotensial sirtlardir. Plastinadan foydalanish elektrostatik qurilmalarga qaraganda osonroq va ishonchli ishlaydigan o'lchash moslamalarini ishlatishga imkon beradi.

Maydonni o'rganayotganda biz maydon nuqtalarining potentsialini o'lchash uchun zond usulidan foydalanib, ekvipotensial sirtlarning holatini topamiz. Elektr zondi - bu potentsialni o'lchash kerak bo'lgan joyga joylashtirilgan uchli o'tkazgich. Supero'tkazuvchanlik muhitda zondning potentsiali o'rganilayotgan maydon nuqtasining potentsialiga teng.

O'rganilayotgan maydonning ekvipotensial sirtlarining olingan tasviri kuch chiziqlarini (yuzalarga ortogonal ravishda) chizish E va (5) formula bo'yicha istalgan nuqtada kuchlanish qiymatini uzunlik maydonidagi o'rtacha qiymat sifatida hisoblash imkonini beradi Δn :

$$E \approx - \left| \frac{\Delta \varphi}{\Delta n} \right| = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{\Delta n} \quad (6)$$

Bu erda φ_1 va φ_2 - qo'shni ekvipotensial sirtlarning potentsiallari, Δn - ular orasidagi eng qisqa masofa (normal bo'yicha). Ushbu ishda elektrostatik maydonni o'rganish uchun zaif o'tkazuvchan plastinka usuli qo'llaniladi.

O'rnatish tavsifi

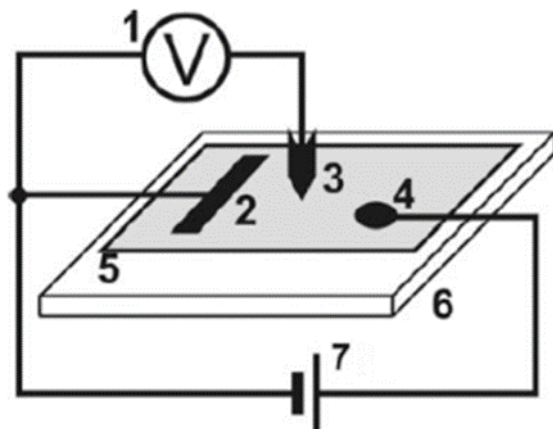
Elektrostatik maydonni o'rganish uchun 3-rasmda ko'rsatilgan sxema bo'yicha elektr sxemasi yig'iladi. (ulanish sxemasi 4-rasm.).

Agar zond (3) plastinkaning ixtiyoriy nuqtasiga (5) joylashtirilsa, u holda (1) strelka voltmetri bu nuqtada maydon potentsialining qiymatini ko'rsatadi, uning potentsiali (2) elektrodga nisbatan o'lchanadi, uning potentsiali nolga teng. Xuddi shu potentsial qiymatiga ega bo'lgan o'rganilayotgan maydonning nuqtalari to'plami ekvipotensial sirtini hosil qiladi.

Ishni bajarish tartibi

Vazifa. Elektrostatik maydon chiziqlari rasmini tayyorlash.

Diqqat! Ishni bajarish uchun laboratoriyaga A4 grafik qog'oz varag'i (210x297).olib kelish kerak



3-rasm-elektrostatik maydonni o'rganish sxemasi:

1-modulning "blokni o'rnatish maydoni va maydonni modellashtirish" 2 - strelka voltmetri; 4 – zaif o'tkazuvchan plastinka elektrodleri; 3-zond (zond, plastinka koordinatali panjarasining teshiklariga o'rnatiladi); 5-zaif o'tkazuvchan plastinka(modul plitalari to'plamidan); 6-terish maydoni; 7-modulning quvvat manbai "blokni o'rnatish maydoni va maydonni modellashtirish"

O'lchovlarni bajarish.

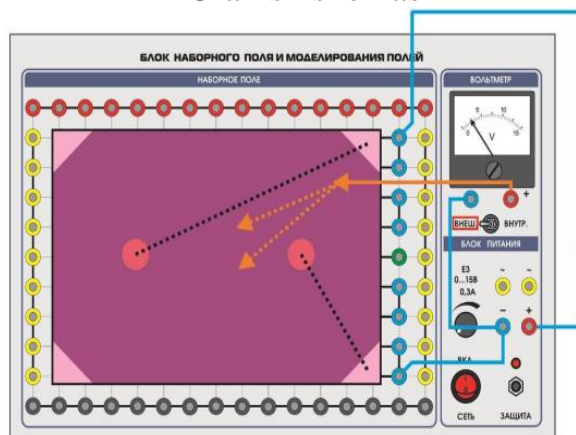
1. Grafik qog'oz varag'iga elektrodning konturlarini (haqiqiy o'lchamdagi) va o'rnatish bilan bir xil koordinata panjarasini qo'llang.
2. 3 - rasmda ko'rsatilgan elektr sxemasini yig'ing, ulanish shakl bo'yicha maydonlarni modellashtirish blokining kirishlari.
3. Sxemani quvvat bilan ta'minlang. Buning uchun "СЕТЬ" tugmachasini "BKJI" holatiga o'tkazing. "Almashtirish tugmasini "ВНЕИИ./ВНУТРИИ." holatga o'tkazing., bu tashqi zanjirlarda o'lchovlar o'tkazilishini ko'rsatadi. Quvvat manbai chiqish kuchlanishning qiymatini E3 multimetr o'lchash mumkin.
4. Elektrodlanga zond bilan tegib, qaysi elektrodda nol borligini aniqlang potensial φ_0 .
5. "E3 0...15v" quvvat manbaining chiqish kuchlanish qiymatini regulyator bilan boshqa elektrodning potensialini (o'qituvchining ko'rsatmasi bo'yicha) voltmetr (yoki multimetr) bilan boshqarish orqali o'rning. Elektrodlar potensial qiymatlarni rasm maydonida ko'rsatadi.. Shunday qilib, ikkita ekvipotensial sirt topildi.
6. $\Delta\varphi$ Zond potensialini o'lchashning bunday usulini tanlang, shunda maydon rasmida o'qituvchining ko'rsatmasi bo'yicha N(5-10) ekvipotensial chiziqlarni Nol potentsialli qurish mumkin.

$$\Delta\varphi = \varphi / (N+1)$$

7. Elektrod yaqinida $\varphi_1 = \varphi_0 + \Delta\varphi$ potentsialli maydon nuqtasini toping va uni maydon rasmiga belgilang. Zondni maydon bo'ylab harakatlantirganda, potensial qiymatiga ega bo'lgan kamida sakkizta nuqtaning koordinatalarini aniqlang va ularni grafik qog'ozga belgilang. Birinchi va oxirgi ekvipotensial chiziqlar uchun elektrodlar orqasida 2-3 nuqtani toping.

8. Bir xil potensial nuqtalarni silliq chiziq bilan tutashtring. Maydon rasmida berilgan chiziqning potensial qiymatini ko'rsating.
9. Teng potensialning har bir yuzasi uchun 7, 8-bandlarda o'lchovlarni bajaring.
10. O'chirish quvvatini o'chiring
11. Tajribani boshqa turdagi zaif o'tkazuvchan plastinka uchun takrorlang (plitalar to'plamidan).

Ulanish sxemasi



4 – rasm.

O'lchov natijalarini qayta ishlash

1. Potensialning elektrodan masofaga nol potensial φ bilan grafigini tuzing. $\varphi(r)$
2. O'rganilayotgan maydonning rasmida maydon chiziqlarini ko'rsating.
3. Maydonning ikki, uch nuqtasi uchun (grafikning $\varphi(r)$ o'qqa turli qiyaliklari bo'lgan hududlarda tanlangan) (6) formula bo'yicha elektrostatik maydon kuchining qiymatini hisoblang.
4. Ish xulosasida o'rganilayotgan maydonni tahlil qiling: kuchliroq maydon maydoni qayerda joylashganligini maydon rasmida va grafikda $\varphi(r)$ qanday ajralib turishini bilib oling.

Nazarot savollari

1. Ekvipotensial sirtini aniqlang. Uning xususiyatlari qanday?
2. Maydon chiziqlarining xususiyatlarini nomlang.
3. Elektrostatik maydonda (ESM) zaryadga ta'sir qiluvchi kuch nimaga bog'liq?
4. Bir hil ESM uchun nima xarakterlidir?
5. \vec{E} va φ miqdorlarni bog'laydigan tenglamani yozing.
6. ESM-da \vec{E} , \vec{F} , $\overrightarrow{grad}\varphi$ harakatlanadigan zarrachaning vektorlari va tezlanishlari \vec{a} qanday yo'naltirilgan?
7. O'rganilayotgan maydon rasmida ekvipotensial va kuch chiziqlari qanday chiziladi?

8. Potensial gradient vektorining xususiyatlaridan foydalangan holda kuch chiziq-lari yo'nalishini qanday aniqlash mumkin?
9. Ishda o'rganilayotgan ESM nuqtalarida kuchlanish qanday topiladi?

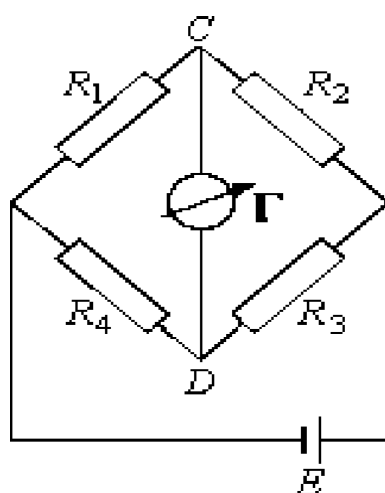
2 - LABORATORIYA MASHG'ULOTI "UISTON KO'PRIGI SXEMASI YORDAMIDA QARSHILIKLARNI ANIQLASH"

Ishning maqsadi: Uiston ko'prigi sxemasi yordamida qarshilikni tajribaviy aniqlash.

Qisqacha nazariy ma'lumotlar

Ko'prik sxemalari laboratoriya amaliyotida qiymatlari ma'lum bo'lgan o'xshash miqdorlar bilan taqqoslash orqali elektr xususiyatlarini (masalan, R, C, L) o'lchash uchun keng qo'llaniladi. Bu usul juda ko'p afzalliklarga ega, xususan, murakkab va qimmatbaho asboblardan foydalanmasdan yuqori o'lchov aniqligiga erishish mumkin.

Ko'prik sxemasining eng oddiy misoli "Uiston ko'prigi" – birinchi marta 1844 – yilda Charlz Uiston (Charlz Uiston, 1802 – 1875) tomonidan qarshilikni o'lchash uchun ishlab chiqilgan sxema (1 – rasm).



1 – rasm.

Ushbu oddiy misolda ko'prik sxemasining prinsipini ko'rib chiqamiz. Uiston ko'prigi to'rtta rezistori (R_1 , R_2 , R_3 , R_4) o'z ichiga oladi – to'rtburchak bilan bog'langan ko'prikning to'rtta qo'li, bitta diogonalga kiritilgan tok manbai (E) ko'prik va boshqa diogonalga kiritilgan galvanometer (G). Qarshiliklardan biri no'malum, yana uchasi ma'lum va ulardan kamida bittasi o'zgarishi mumkin. Qarshilikning bir qiymatini o'zgartirib, sxemaning C va D nuqtalari orasidagi potensial farq 0 ga teng bo'lgan holatiga erishish mumkin. Galvanometr ko'rsatkichi CD nuqtada tok yo'qligini ko'rsatadi. Bu holatda ko'prik muvozanatli holatda deb aytiladi. Quyidagi holatda bo'ladi

$$I_1 = I_2, I_3 = I_4, I_1 \cdot R_1 = I_4 \cdot R_4, I_2 \cdot R_2 = I_3 \cdot R_3 \quad (1)$$

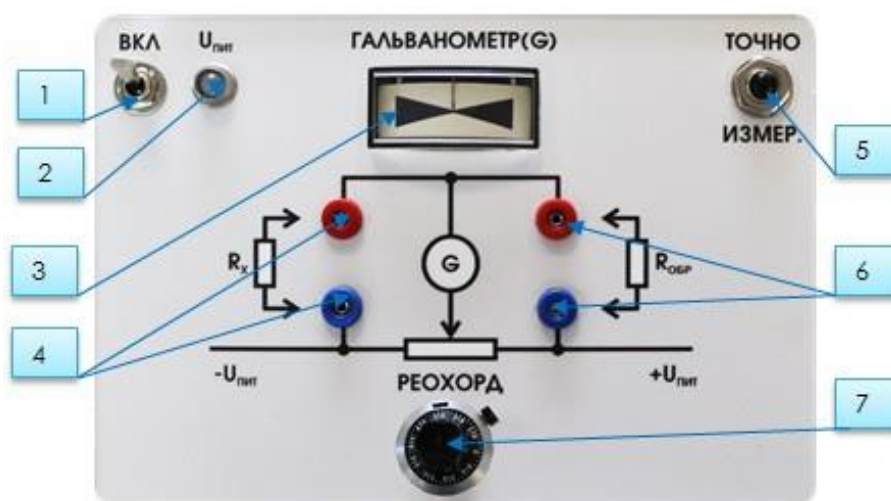
Tenglamalarni yechish orqali biz quyidagini olamiz

$$R_1 \cdot R_3 = R_2 \cdot R_4 \quad \text{yoki} \quad \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_4}{R_3} \quad (2)$$

Quvvat manbai va yig'ilgan maydonni o'z ichiga olgan reoxordli o'lchov ko'prigi (2 – rasm) Uiston ko'prigi sxemasini yig'ish va o'rganish uchun mo'ljallangan.

Yig'ilgan maydon o'rganilayotgan sxemani yig'ish va almashtirish uchun mo'ljallangan. Bu mini – modullarni va qarshiliklar magazini uchun belgilangan maydon.

Reoxord o'lchash ko'prigi ko'prik sxemasidan foydalanadigan umumiy qarshilik o'lchash usullaridan biridir.



2 – rasm. Ko'rgazmali ko'prik sxemasi.

1 – quvvat manbai moduli uchun yoqish tugmasi; 2 – quvvat moduli ko'rsatkich chirog'i; 3 – galvanometr; 4 – qarshiliklar magazinini ulash uchun terminallar; 5 – aniq o'lchash uchun qulflanmagan tugma; 6 – namunaviy qarshilikni ulash uchun terminallar; 7 – reoxord rezistor aylanma hisoblagichi.

Ishni bajarish tartibi:

1. Uskuna bilan ishlashni boshlash uchun ko'rgazmali ko'prik sxemasi (bundan buyon matnda modul deb yuritiladi) doimiy tok manbai yordamida 220 V tarmoqqa ulanishi kerak.
2. Reoxord rezistorining joylashuvi hisoblagichini (2 – rasm) 50% (5 burilish) ga teng

oʻrta holatga keltiring.

3. R_{namuna} qarshilik oʻlchash rezistorining har qanday namunasini (10 Om, 100Om, 1kOm) terminallarga (6) oʻrnatib. Namunaning qarshilik qiymati belgilangan qarshilik R_x qiymatining 10 barobari ichida boʻlishi kerak.
4. Qarshiliklar magazini yordamida kerakli qarshilikni ulagich kabellar orqali (4) terminallarga ulang.
5. Modulning quvvat manbaini oʻzgartirish tugmasi BKJI (1) bilan yoqing, shu bilan birga yorugʻlik indikatori U_{pit} (2) yonadi.
6. Galvanometr koʻrsatkichini (3) nol holatga keltirish uchun reoxord qarshiligining aylanish tugmachasini (7) aylantiring.
7. R_r reoxord koʻrsatkichini aniqlang va quyidagi tenglama boʻyicha noʻmalum qarshilik R_x ni hisoblang:
$$\frac{R_x}{R_{\text{obr}}} = \frac{R_r}{100 - R_r}$$
8. Aniqlangan qarshilikni aniqroq oʻlchash uchun ТОЧНО ИЗМЕР (5) tugmasini bosib. Qulflanmaydigan tugmani ushlab turing (5), 6 – 7 – bosqichlarni takrorlang.
9. Xulosa chiqaring.
10. Oʻchirish tugmasi BKJI (1) bilan quvvatni oʻchiring, U_{pit} (2) yorugʻlik indikatori oʻchadi. Uskunani tarmoqdan uzib.

1 – jadval.

| $R_{\text{namuna}} = 10 \text{ Om}$ | | |
|---------------------------------------|------------|------------|
| Qiymatlar | Oʻlchash 1 | Oʻlchash 2 |
| R_r | | |
| R_x | | |
| $R_{\text{namuna}} = 100 \text{ Om}$ | | |
| Qiymatlar | Oʻlchash 1 | Oʻlchash 2 |
| R_r | | |
| R_x | | |
| $R_{\text{namuna}} = 1000 \text{ Om}$ | | |
| Qiymatlar | Oʻlchash 1 | Oʻlchash 2 |
| R_r | | |
| R_x | | |

| $R_{\text{namuna}} = 10 \text{ k}\Omega$ | | |
|------------------------------------------|------------|------------|
| Qiymatlar | O'lchash 1 | O'lchash 2 |
| R_r | | |
| R_x | | |

Nazorat savollari

1. Rezistor nima, rezistorning qarshiligi nimaga bog'liq?
2. Qanday qarshilikni chiziqli deb atash mumkin?
3. Ko'priknı o'lchash sxemasi nima? O'lchash prinsipini tushuntiring.
4. Ko'priknı o'lchash usulining boshqa usullardan qanday afzalliklari bor?.
5. Ko'priknı sxemasida no'malum qarshilikni aniqlash formulasini chiqaring.

3-LABORATORIYA ISHI "TURLI METALLAR O'TKAZGICHLARINING QARSHILIGINI ANIQLASH"

Maqsad: O'tkazgichlarning qarshiligini o'lchash asboblari va usullarini o'zlashtirish, o'tkazgichlarning qarshiligini aniqlash.

Jihozlar:

modullar: "blokni o'rnatish maydoni va maydonni modellashtirish", "multimetrlar bloki", "quvvat moduli";

minibloklar: "o'tkazgichning qarshiligi".

Kirish

Elektr qarshiligi o'tkazgichning tok oqimiga qarshi turishini tavsiflaydi. Om qonuniga muvofiq o'zgarmas tok uchun

$$R = \frac{U}{I} \quad (1)$$

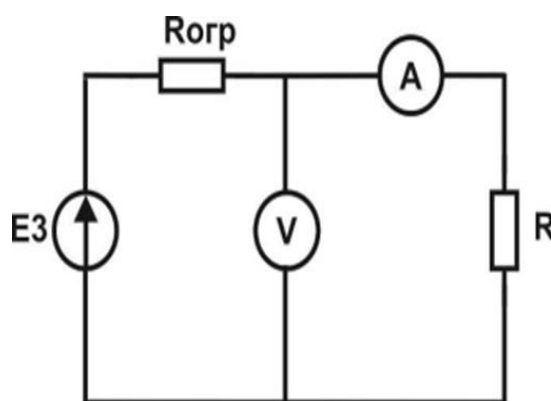
Ushbu faol qarshilik o'tkazgichning shakli va hajmiga bog'liq:

$$R = \int_0^l \rho \frac{dl}{S} \quad (2)$$

S yuzali va l uzunlikdagi bir hil o'tkazgich uchun

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (3)$$

Solishtima elektr qarshiligi o'tkazgich materialining xarakteristikasidir. (2) formulaga muvofiq, qiymatni ρ o'lchash o'tkazgichning o'zgarmas tokga qarshiligini R va o'tkazgichning geometrik parametrlarini o'lchashga kamayadi l va S.



1-rasm. Elektr sxemasi

E3 - "0 ...15v"sozlanishi doimiy kuchlanish manbai;

V-voltmetr (rejim V 20 V, COM kirishlari, VΩ); A—ampermetr (rejimi A 200 mA, COM kirishlari, mA); r—qarshilik bilan "o'tkazuvchilar qarshiligi" miniblok R; Rog – cheklovchi qarshilik (100 Om).

O'lchash usullari

Ishda o'tkazgichning qarshiligini o'lchashning ikkita usuli qo'llaniladi:

- 1) texnik usul-tok va kuchlanishning o'lchangan qiymatlari bo'yicha;
- 2) ommetrdan foydalanish orqali.

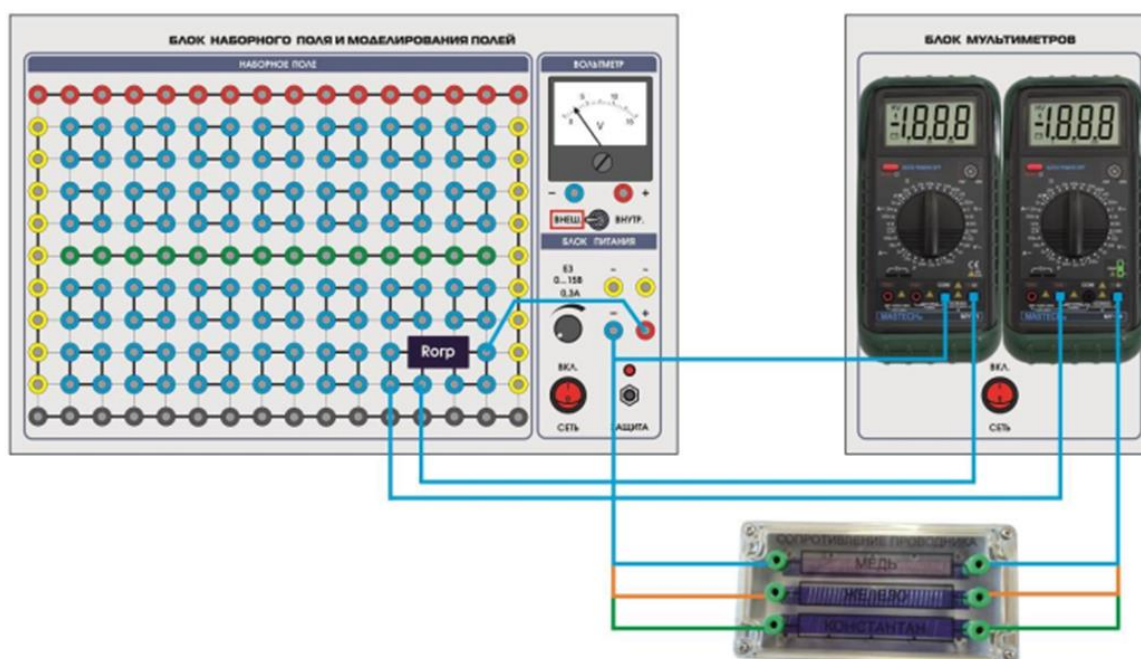
Texnik usul 1 - sxema bo'yicha amalga oshirilishi mumkin. Bunda tok kuchi I , qarshilik R va kuchlanish U_R orqali o'lchanadi.

Ommetrdan foydalanish eng oddiy usul: o'lchangan qarshilikni ommetrning kirishlariga ulash kifoya. Ommetrlarning ishlashi odatda taxminiy texnik usulga asoslanadi: qurilma shkalasi elementlar akkumulyatorining sobit kuchlanishli formula (3) yordamida kalibrlanadi. Ushbu usul yuqori o'lchov aniqligi talab etilmaganda qo'llaniladi.

O'rnatish tavsifi

Texnik usul va ommetr yordamida o'lchash usuli

Texnik usulning elektr sxemasi 1 – rasmda ko'rsatilgan, ulanish sxemasi 2 – rasmda.



2-rasm. Ulanish diagrammasi

Ish o'tkazgich materiallarning uch turini – mis, temir va konstantanni o'rganadi, ularning asosiy parametrlari 1 – jadvalda keltirilgan. Ma'nosi qarshilik maqsadli mos yozuvlar parametri sifatida ko'rsatilgan keyinchalik tajriba natijalari bilan taqqoslang.

1 – jadval

| Namuna turi | Mis | Temir | Konstantin |
|-------------------------|-------|-------|------------|
| L, sm | 320 | 100 | 50 |
| S, mm ² | 0,01 | 0,012 | 0,014 |
| D, mm | 0,112 | 0,124 | 0,133 |
| R, om | 5,5 | 10,5 | 17,0 |
| ρ , $\mu k om * m$ | 0,017 | 0,13 | 0,5 |

Ishni bajarish tartibi

O'lchovlarni bajarish

a) texnik usul

1. Elektr zanjirini (1-rasmga qarang) shaklda ko'rsatilgan ulanish sxemasiga muvofiq yig'ing. 2 - rasmga e'tibor bering, stend modullari quvvat moduli orqali 220V AC tarmog'iga ulangan - stend uskunasi ortiqcha yuklanish va qisqa tutashuvlardan himoya qilish uchun

O'rganilayotgan o'tkazgichni tanlang.

2. Stend quvvat modulini yoqing. Buning uchun elektron to'xtatuvchilarni "BKJI" ga aylantiring. "I" pozitsiyasiga. Multimetr blokini va terish paneli blokini yoqing - "CETB" quvvat tugmachalarini "BKJI" holatiga aylantiring.

3. "blokni o'rnatish maydoni va maydonni modellashtirish" modulining quvvat manbai "E3 0...15v" tugmachasini aylantirib, $I \approx 10 - 30$ mA tokini o'rning. Tok va kuchlanish qiymatlarini 2-jadvalga yozing.

4. Oqimni ≈ 10 mA dan 50 mA gacha oshirib, shunga o'xshash o'lchovlarni bajaring.

5. Modullarning quvvatini o'chiring.

6. Sinov namunasi sifatida temirni o'rning. Takrorlang tajriba. Ma'lumotlarni jadvalga kiriting.2.3.2.

7. Tekshirilayotgan namuna sifatida konstantanni o'rning. Takrorlang tajriba. Ma'lumotlarni jadvalga kiriting.2.3.2.

2 – jadval

| I, mA | U, V | l, mm | S, mm ² | R _{mex} , om | R _{om} , om | $\rho, \text{om} \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$ |
|------------|------|-------|--------------------|-----------------------|----------------------|------------------------------------------------------|
| MIS | | | | | | |
| | | | | | | |
| TEMIR | | | | | | |
| | | | | | | |
| KONSTANTIN | | | | | | |
| | | | | | | |

b) Ommetr bilan o'lchash

8. Ommetrni "o'tkazgichlar qarshiligi" mini-blokiga ulang. Ommetr sifatida multimetrdan foydalanadi: Ω 200 Om rejimi, COM, $V\Omega$ kirishlari.

9. Kerakli rejim va o'lchov oralig'ini o'rning.

10. Asbob ko'rsatgichlarini 2-jadvalga yozing. (R om).

11. Modullarning quvvatini o'chiring.

O'lchov natijalarini qayta ishlash

1. Texnik o'lchash usuli bilan o'tkazgichning qarshiligini R_{mex} hisoblang (3);

$$R_{mex} = \frac{U}{I}$$

2. O'tkazgichlarning qarshiligini hisoblang:

$$\rho = R \frac{S}{l}$$

Hisob-kitoblar natijalarini 2-jadvalga yozing.

Hisoblangan qarshilik qiymatlarini mos yozuvlar qiymat ma'lumotlari bilan taqqoslang (1 - jadval).

3. Ish xulosasida turli xil o'lchash usullari bilan olingan natijalarni taqqoslang.

Xavfsizlik masalalari

1. O'tkazgichlarning elektr qarshiligi qanday qiymatlarga bog'liq?
2. O'tkazgichlarning o'lchamlari bo'yicha qarshilikni hisoblash formulasini ko'rsating.
3. O'tkazgichlarning qarshiligi qanday qiymatlarga bog'liq?
4. O'tkazgichlarning qarshiligini o'lchash usullari qanday?
5. O'tkazgichlarning qarshiligini aniqlash uchun formulalarni yozing
texnik usul. Ushbu usulda qanday miqdorlar o'lchanadi?
6. Raqamli multimetr (ommetr) ishining asosi nima?
7. O'lchashda raqamli multimetrning ishlash rejimini belgilang qarshilik.

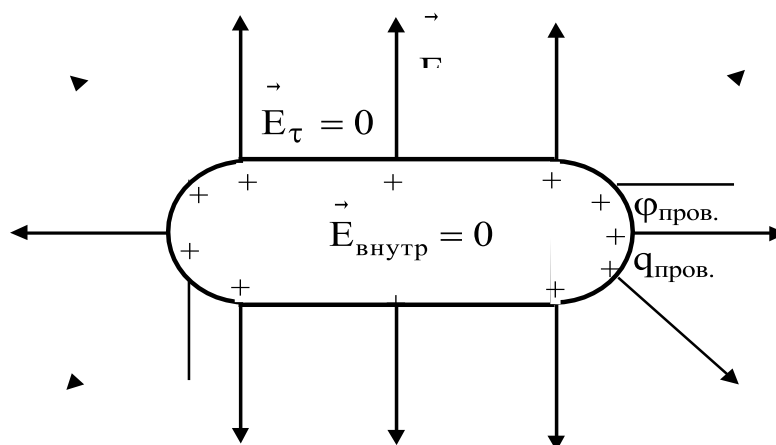
4 – LABORATORIYA ISHI. “KONDENSATORNING SIG‘IMINI ANIQLASH”

Ishning maqsadi: kondensatorning elektr sig‘imini o'lchash usullaridan biri bilan tanishish; kondensatorlar batareyalarining sig'imini, ularning parallel va ketma-ket ulanishlarini, hisoblash uchun formulalarni eksperimental tekshirish.

NAZARIY QISM

1. Yakka o‘tkazgichning elektr sig‘imi

Boshqa jismlardan uzoqda joylashgan (yakka) o'tkazgichni zaryadlash jarayonini ko'rib chiqamiz (1-rasm).



1 – rasm. Yakka zaryadlangan o‘tkazgichning elektrostatik maydoni.

Buning natijasida o'tkazgichning zaryadi $q_{prov} = q$ ga teng bo'ladi. Elektrostatikaning elektrostatik maydondagi o'tkazgichlarga bag'ishlangan bo'limida bunday zaryad o'tkazgich yuzasida majburiy ravishda taqsimlanishi isbotlangan, shunda o'tkazgich ichidagi maydon kuchi nolga ($E_{ichki} = 0$) aylanadi va uning yuzasi ekvipotensial bo'ladi. Bu sirt potensialining qiymati $\varphi_{prov} = \varphi$ ga teng bo'lsin.

Agar biz o'tkazgichga yana bir xil zaryad q kiritsak, u holda o'tkazgichdagi oldingi zaryad yangi zaryadning taqsimlanishiga ta'sir qilmaydi, chunki o'tkazgich ichidagi maydon kuchi $E_{ichki} = 0$, o'tkazgich yuzasida esa quvvatning tangensial komponenti $E_{\tau} = 0$ ga teng. Binobarin, yangi zaryad q birinchisi kabi sirt ustida taqsimlanadi. Bunday holda, shubhasiz, o'tkazgichning zaryadi ham, potentsiali ham ikki barobar ortadi:

$$q_{prov} = 2q, \quad \varphi_{prov} = 2\varphi$$

q zaryadi o'tkazgichga n -marta kiritilganda hammasi takrorlanadi:

$$q_{prov} = nq, \quad \varphi_{prov} = n\varphi.$$

Shunday qilib, simli o'tkazgichning potentsiali φ_{prov} har doim simdagi zaryadga q_{prov} mutanosib bo'ladi. Bu nisbat sifatida yoziladi

$$q_{prov} = C * \varphi_{prov} \quad (1)$$

bu erda C - proportsionallik koeffitsienti, yakka o'tkazgichning elektr sig'imi (yoki oddiygina sig'imi) deb ataladi.

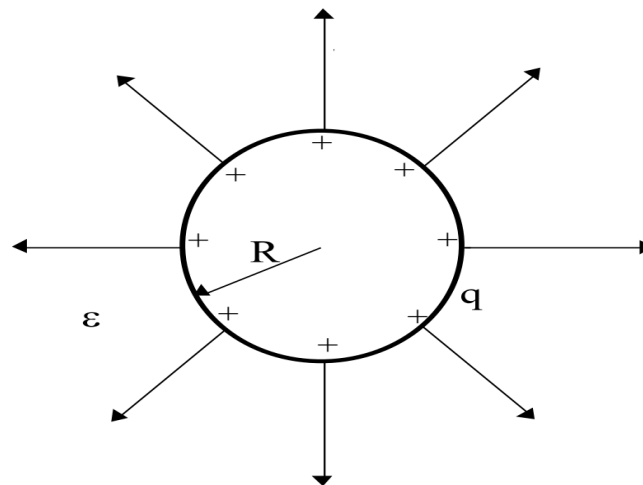
C koeffitsientining fizik ma'nosini aniqlashtirish uchun (1) formulani quyidagicha qayta yozamiz:

$$C = \frac{q_{prov}}{\varphi_{prov}}. \quad (2)$$

(2) ga muvofiq, yakka o'tkazgichning elektr sig'imi son jihatidan ushbu zaryadsiz o'tkazgichga berilishi kerak bo'lgan zaryadga teng bo'lib, uning potentsiali $\varphi_{prov} = 1V$ ga teng bo'ladi.

Sig'imning birligi qilib farad (F) qabul qilingan, $1F = 1Kl/1V$.

Endi o'tkazuvchanligi ϵ bo'lgan bir jinsli va izotrop cheksiz dielektrikda joylashgan, radiusi R bo'lgan yakka o'tkazuvchan sharning sig'imining ifodasini topamiz (2-rasm).



2 – rasm.

Buning uchun to'pga q zaryadini beramiz va uning potentsialini φ potentsialni φ kuchini E kuchiga bog'lovchi formuladan foydalanib hisoblaymiz:

$$\varphi = \int_R^{\infty} E dr = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_R^{\infty} \frac{q}{\epsilon r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{\epsilon R} \quad (3)$$

bu yerda $E(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{\epsilon r^2}$.

(3) ni (2) bilan taqqoslab, biz yakka o'tkazuvchi sharning sig'imi uchun kerakli formulani olamiz:

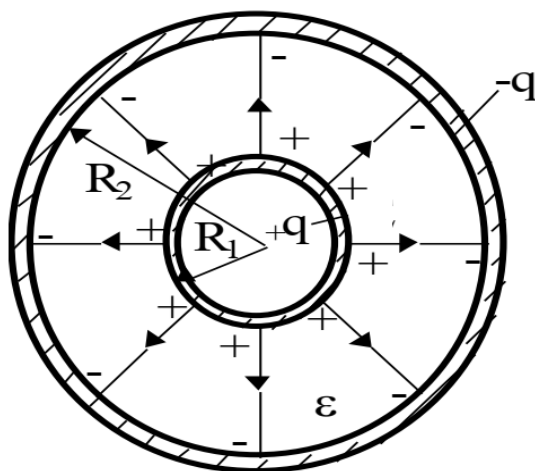
$$\tilde{N} = 4\pi\epsilon_0\epsilon R \quad (4)$$

(4) ifodadan kelib chiqadiki, yakka o'tkazuvchan sharning elektr sig'imi uning o'lchamlari R va muhitning dielektrik xossalari ϵ bilan aniqlanadi. Shuni ta'kidlash kerakki, umumiy holatda, bir o'tkazgichning elektr sig'imi uning shakliga ham bog'liq.

2. O‘zaro sig‘im. Kondensatorlar.

Bir-biriga yaqin joylashgan ikkita metall o‘tkazgichning amaliy muhim holatini ko‘rib chiqaylik.

O‘tkazgichlar radiuslari R_1 va R_2 bo‘lgan yupqa sharsimon konsentrik qobiqlar shaklida bo‘lsin, ular orasidagi bo‘shliq o‘tkazuvchanligi ϵ bo‘lgan bir xil va izotrop dielektrik bilan to‘ldirilgan (3-rasm).



3 – rasm. Sfera.

Bu o‘tkazgichlarga mutlaq qiymatlari teng, lekin ishorasi bo‘yicha qarama-qarshi $+q$ va $-q$ zaryadlarini kiritaylik. O‘zaro tortishish tufayli bu zaryadlar 3-rasmda ko‘rsatilganidek, bir-biriga qaragan sferik qobiqlarning sirlari bo‘ylab bir tekis taqsimlanadi (agar ichki qobiq metall shar bilan almashtirilsa, zaryadlar xuddi shunday taqsimlanadi). Natijada, tashqi elektrostatik maydonlardan butunlay mustaqil bo‘lgan metall qobiqlar orasida sferik simmetriyaga ega elektrostatik maydon paydo bo‘ladi. Bunday holda, elektrostatik maydonning rolini R_2 radiusli tashqi metall sharsimon qobiq bajaradi

Ko‘rib chiqilayotgan qobiqlar orasidagi potentsial farq $\varphi_1 - \varphi_2$ taniqli formula bo‘yicha topiladi, bu bizning holatimizga nisbatan shunday yoziladi.

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \int_{R_1}^{R_2} E dr \quad (5)$$

bu yerda E - ularning markazidan ixtiyoriy r masofada joylashgan qobiqlar orasidagi maydon kuchining qiymati; dr - radial yo‘nalishdagi elementar siljish vektorining moduli.

(5) dadagi $E(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{\epsilon r^2}$. formulasini almashtirib, $\varphi_1 - \varphi_2$ potentsiallar ayirmasi bilan qobiqlarning har biridagi q zaryadining mutlaq qiymati o‘rtasida proporsional bog‘lanish hosil bo‘ladi.

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_{R_1}^{R_2} \frac{q}{\epsilon r^2} dr = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{R_2 - R_1}{\epsilon R_1 R_2} q \quad (6)$$

Darhaqiqat, zaryadning q ning n marta oshishi bilan qobiqlar orasidagi maydonlarning superpozitsiyasi tufayli maydon kuchi $E(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{\epsilon r^2}$ ham qobiqlar orasidagi har bir nuqtada n marta ortadi, demak ular orasidagi potentsiallar farqi $\varphi_1 - \varphi_2$ n marta ortadi.

Odatda $\varphi_1 - \varphi_2$ va q orasidagi proporsionallik quyidagicha yoziladi”

$$q = C (\varphi_1 - \varphi_2) \quad (7)$$

bu erda C - mutanosiblik koeffitsienti, kondensatorning sig'imi deb ataladi.

Bunday holda, ikkita sferik metall plastinka bilan chegaralangan jism kondensator deb ataladi va plastinkalarning o'zi kondensator qoplamalari deb ataladi. Kondensatorning sig'imi uning qoplamalarining o'zaro sig'imidir.

Umumiy holda, kondensator (oddiy kondensator) bir-biridan kichik masofada joylashgan va nisbatan katta o'zaro elektr sig'imga ega bo'lgan ikkita o'tkazgich (plastinka) tizimidir. qoplamalarning zaryadlari ishora jihatidan qarama-qarshi va mutlaq qiymatga teng (2) ga o'xshab, kondensatorning sig'imini nisbat sifatida yozilsa

$$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} \quad (8)$$

bu yerda q - qoplamalarning har biridagi zaryadning mutlaq qiymati; $\varphi_1 - \varphi_2$ - qoplamalar orasidagi potentsiallar farqi.

(8) ga muvofiq, kondensatorning elektr sig'imi son jihatidan uning har bir plastinkasida joylashgan zaryadning mutlaq qiymatiga teng, agar qoplamalar orasidagi potentsial farq birga teng bo'lsa $\varphi_1 - \varphi_2 = 1V$. Ko'pincha bu formulada potentsiallar farqi $\varphi_1 - \varphi_2$ - qoplamalar orasidagi kuchlanish U deb ataladi. Keyin (8) formula quyidagi ko'rinishga keladi

$$C = \frac{q}{U} \quad (9)$$

Kondensatorlarning sig'imi yakka o'tkazgichlarning sig'imi bilan bir xil birliklarda o'lchanadi - faradlarda (F).

Qoplamalarning shakliga ko'ra, 3-rasmda ko'rsatilgan kondensator sferik deb ataladi. (6) ni (8) bilan taqqoslab, biz sferik kondensatorning sig'imi formulasini olamiz:

$$C = 4\pi\varepsilon_0 \varepsilon \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1} \quad (10)$$

(10) va (4) ni solishtirsak, deyarli bir xil o'lchamlarda sferik kondensatorning sig'imi yakka o'tkazuvchan shar (sfera) sig'imidan ancha katta bo'lishi mumkinligini tushunish oson. kondensatorning ichki qoplamasining radiusi R_1 ga teng radius bilan

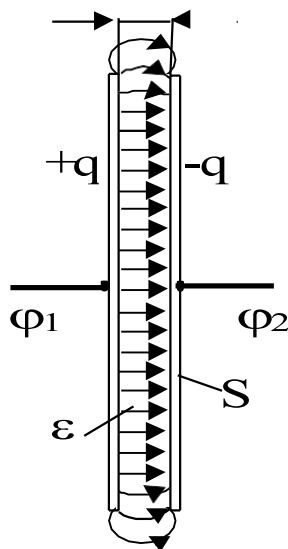
$$4\pi\varepsilon_0 \varepsilon R_1 \frac{R_2}{R_2 - R_1} > 4\pi\varepsilon_0 \varepsilon R_1$$

Masalan, bir xil dielektrik muhitda, radiusi $R_1 = 1\mu$ va plitalar orasidagi masofa $d = R_2 - R_1 = 1\text{mm}$ ga teng bo'lsa, sferik kondensatorning sig'imi yakka o'tkazuvchan sharning (sfera) sig'imidan taxminan 100 marta kattaroqdir.

Hisoblash va tajriba shuni ko'rsatadiki, agar tashqi jism kondensator maydoniga kirsam, u holda bu jism yuzasida potentsial farqni o'zgartiradigan induktsiyalangan (agar tana o'tkazgich bo'lsa) yoki bog'langan (agar tana dielektrik bo'lsa) zaryadlar paydo bo'ladi, shuning uchun kondensator qoplamalari orasidagi potentsiallar farqi $\varphi_1 - \varphi_2$ va uning sig'imi o'zgaradi. Tashqi jismlar sig'imga ta'sir qilmasligi uchun qoplamalar shunday shakllangan va ular bir-biriga nisbatan joylashtirilganki, zaryadlangan kondensatorning maydoni faqat ular

orasidagi maydonda to'plangan. Bunda qoplamalardagi zaryadlar mutlaq qiymatda bir xil va ishorasi (+q va -q) bo'yicha qarama-qarshi bo'lishi kerak. Gauss teoremasi yordamida bunday shartni quyidagi shaklga ega bo'lgan bir-biriga yaqin bo'lgan qoplamalar bilan qondirishini ko'rsatish oson: a) ikkita konsentrik shar; b) ikkita koaksial silindr; c) ikkita parallel tekislik. Shunga ko'ra, sferik, silindrsimon va yassi kondensatorlarga ajratiladi.

Texnikada eng keng tarqalgan yassi kondensator sig'imi formulasini topamiz. Uning bir xil bo'lgan maydoni 4 - rasmda ko'rsatilgan.



4 – rasm. Yassi kondensator maydoni.

Rasmda chekka effekti deb ataladigan qoplamalarning chekkalarida kondensator maydonining buzilishi ko'rsatilgan. Gauss teoremasi bo'yicha hisoblash chekka ta'sirini hisobga olmagan holda yassi kondensatorning E maydon kuchi uchun formulani beradi:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon}$$

bu yerda $\sigma = q/S$ - kondensator plastinkasidagi zaryadining sirt zichligi.

Yassi kondensatorning E maydon kuchining kattaligini S qoplama yuzi orqali va undagi q zaryadining mutlaq qiymatini ifodalaymiz.

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon} = E = \frac{q}{\epsilon_0 \epsilon S}.$$

Yagona maydon uchun qoplamalar orasidagi potentsiallar farqi

$$\varphi_1 - \varphi_2 = Ed = \frac{qd}{\epsilon_0 \epsilon S}.$$

bu erda d - yassi qoplamalar orasidagi masofa.

Bu erdan, (8) ga asoslanib, biz yassi kondensatorning sig'imi formulasini olamiz

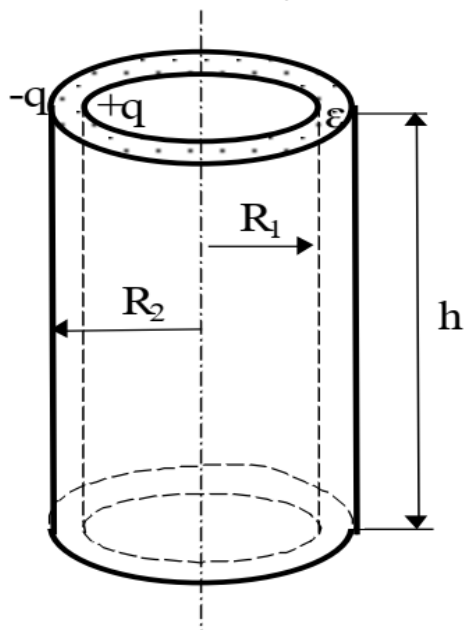
$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d} \quad (11)$$

bu erda ϵ - qoplamalar orasidagi masofani to'ldiruvchi moddaning o'tkazuvchanligi; d - qoplamalar orasidagi masofa; S-qoplamaning yuzi.

Qoplamalarning chiziqli o'lchamlari bilan solishtirganda masofa d qanchalik kichik bo'lsa, chekka effekti qanchalik kichik bo'lsa, formula (11) haqiqiy yassi kondensatorning

sig'imini aniqroq aniqlaydi.

Slindrsimon kondensator radiuslari R_1 va R_2 bo'lgan h uzunlikdagi koaksial silindrlar ko'rinishidagi ikkita yupqa metall qoplamadan iborat bo'lib, ular orasidagi masofa o'tkazuvchanligi ϵ bo'lgan dielektrik bilan to'ldirilgan (5-rasm).



5 – rasm. Slindrsimon kondensator.

Agar qoplamalar kattaligi bo'yicha teng, lekin $+q$ va $-q$ ishorali zaryadlar bo'yicha qarama-qarshi berilgan bo'lsa, ikkinchisi teng taqsimlangan holda, silindrsimon simmetriyaga ega bo'lgan qoplamalar o'rtasida elektr maydoni hosil qiladi (bu erda chekka effektini e'tiborsiz qoldiramiz). Bu shuni anglatadiki, maydon kuch chiziqlari radial yo'naltirilgan va Gauss teoremasi bilan hisoblangan E vektorining moduli faqat kondensator o'qidan masofa r ga bog'liq:

$$E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{\tau}{\epsilon r} \quad (12)$$

$\tau = q/h$ - kondensator qoplamasida zaryadning chiziqli zichligi.

Biz (12) ni har bir qoplamadagi q zaryadi va kondensatorning h balandligi bilan ifodalaymiz.

$$E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{q}{\epsilon hr} \quad (13)$$

Qoplamalar orasidagi potentsiallar ayirmasi $\varphi_1 - \varphi_2$ quyidagi formula bilan topiladi:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \int_{R_1}^{R_2} E dr \quad (14)$$

bu erda E - silindrsimon qoplamalar orasidagi o'z o'qidan r ixtiyoriy masofada joylashgan maydon kuchining qiymati; dr - radial yo'nalishdagi elementar siljish vektorining moduli.

(13) ni (14) ga almashtirib, biz quyidagi formulani hosil qilamiz

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{q}{2\pi\epsilon_0\epsilon h} \int_{R_1}^{R_2} \frac{dr}{r} = \frac{q}{2\pi\epsilon_0\epsilon h} \ln \frac{R_2}{R_1}$$

Bu yerdan (8) ga muvofiq silindrsimon kondensatorning sig'im formulasini topamiz.

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon h}{\ln\frac{R_2}{R_1}} \quad (15)$$

Ushbu formula h va R_1 ga nisbatan qoplamalar orasidagi masofa $d = R_2 - R_1$ qanchalik kichik bo'lsa haqiqiy kondensatorning sig'imini aniqroq aniqlaydi.

(10), (11) va (15) formulalardan kelib chiqadiki, kondensatorlarning sig'imi ularning qoplamalarining shakli va o'lchami, ular orasidagi masofaning o'lchami, shuningdek to'ldirilgan muhitning dielektrik xususiyatlari bilan belgilanadi.

Bundan tashqari, kondensator buzilish kuchlanishi bilan tavsiflanadi, bunda uning buzilishi kondensatordagi dielektrik qatlam orqali elektr zaryadsizlanishi orqali bo'lishi mumkin. Buzilish kuchlanishining qiymati dielektrikning xususiyatlariga, uning qalinligi va qoplamalar shakliga bog'liq.

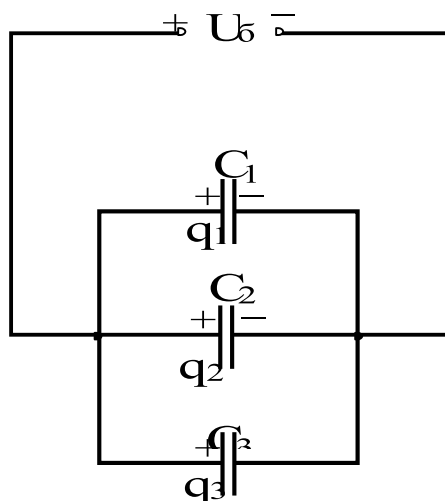
3. Kondensator ulanishlari.

Kerakli sig'im va ishchi kuchlanish qiymatlarini tanlash uchun kondensatorlar batareyalarga ulanadi. Bunday holda, ularning parallel va ketma-ket ulanishi ishlatiladi. Ushbu birikmalarning kombinatsiyasi ham qo'llaniladi. Oddiylik uchun biz uchta kondensator bilan cheklanamiz.

3.1. Kondensatorning parallel ulanishlari

Parallel ulanish bilan kondensator qoplamalari orasidagi kuchlanish bir xil va batareyadagi U_b kuchlanishga teng:

$$U_b = U_1 = U_2 = U_3 \quad (16)$$



6 – rasm. Kondensatorlarni parallel ulash.

Batareyaning zaryadi q_b har bir kondansatkichning zaryadlari yig'indisiga teng:

$$q_b = q_1 + q_2 + q_3 \quad (17)$$

(9) ga muvofiq biz (17) ifodani o'zgartiramiz:

$$C_b U_b = C_1 U_1 + C_2 U_2 + C_3 U_3$$

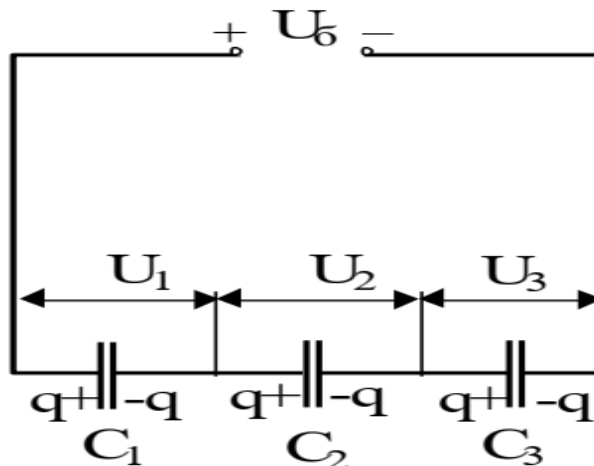
bu erdan biz kondensatorlar to'plamining C_b sig'imining formulasini olamiz:

$$C_b = C_1 + C_2 + C_3 \quad (18)$$

Kondensatorlar parallel ravishda ulanganda, batareya quvvati batareyaga kiritilgan kondansatkichlarning sig'implari yig'indisiga teng bo'ladi.

3.2. Kondensatorning ketma – ket ulanishlari

Agar ketma-ket ulangan kondensator batareyasi kuchlanishi U_b bo'lsa, u holda ularning ekstremal qoplamalarida kattalik jihatidan teng, lekin ishorali $+q$ va $-q$ zaryadlar paydo bo'ladi. Elektrostatik induksiya tufayli barcha oraliq qoplamalarda zaryadlar induksiya qilinadi, ularning kattaligi tashqi qoplamalardagi zaryadlarga teng $|+q| = |-q|$ (7 – rasm).



7 – rasm. Ketma – ket ulanish.

Shunday qilib, kondensatorlar ketma – ket ulanganda batareyaning zaryadi q_b va har bir kondensatorning zaryadlari bir-biriga teng bo'ladi.

$$q_b = q_1 = q_2 = q_3 = q \quad (19)$$

Batareyadagi kuchlanish U_b har bir kondensatordagi kuchlanishlar yig'indisiga teng:

$$U_b = U_1 + U_2 + U_3 \quad (20)$$

$$\text{bu yerda, } U_1 = \frac{q}{c_1}; \quad U_2 = \frac{q}{c_2}; \quad U_3 = \frac{q}{c_3}$$

(20) ifodani (9) ga muvofiq o'zgartiramiz:

$$U_b = \frac{q}{c_1} + \frac{q}{c_2} + \frac{q}{c_3} = \left(\frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2} + \frac{1}{c_3}\right)q,$$

bu erdan biz kondensator batareyasining C_b sig'imini hisoblash formulasini olamiz

$$\frac{1}{c_b} = \frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2} + \frac{1}{c_3}. \quad (21)$$

Kondensatorlar ketma-ket ulanganda, batareya quvvatining o'zaro nisbati batareyaga kiritilgan kondensatorlarning o'zaro sig'imlarining yig'indisiga teng bo'ladi.

TAJRIBA QISMI

1.O'lchash usuli.

Kondensatorning sig'imini o'lchash turli usullar bilan amalga oshirilishi mumkin. Ushbu tajribada sig'im o'lchovi kondansator zaryadi q , uning sig'imi C va kondansator

qoplamalaridagi potentsial farq U o'rtasidagi nisbatga asoslanadi (9):

$$C = \frac{q}{U} \quad (22)$$

Kondensatorning sig'imini o'lchash joriy tok integratorni va noma'lum sig'imni ikkita usul bilan aniqlashni o'z ichiga oladi.

Bu ishda zaryadni o'lchash uchun tok integratoridan foydalaniladi. Qurilmaning bunday nomi to'liq zaryadsizlanganda integratordan o'tgan tushirish toki $I(t)$ q kondensator zaryadining qiymatini o'zgaruvchanligi bilan bog'lovchi formulaga bog'liq:

$$q = \int_0^t I(t) dt. \quad (23)$$

Bunday holda, integratordan o'tgan zaryad miqdori voltmetr U_{int} chiqish kuchlanishiga mutanosibdir:

$$q = \gamma U_{int} \quad (24)$$

Biz (22) va (24) tengliklari yordamida o'lchangan sig'im uchun hisoblash formulasini topamiz.

$$C = \frac{\gamma U_{int}}{U} \quad (25)$$

Kalibrlash konstantasini aniqlash (integratorni kalibrlash) shuningdek, ma'lum sig'imli C_e bo'lgan mos yozuvlar kondensatori uchun o'lchovlarni olib, formula (25) yordamida amalga oshiriladi.

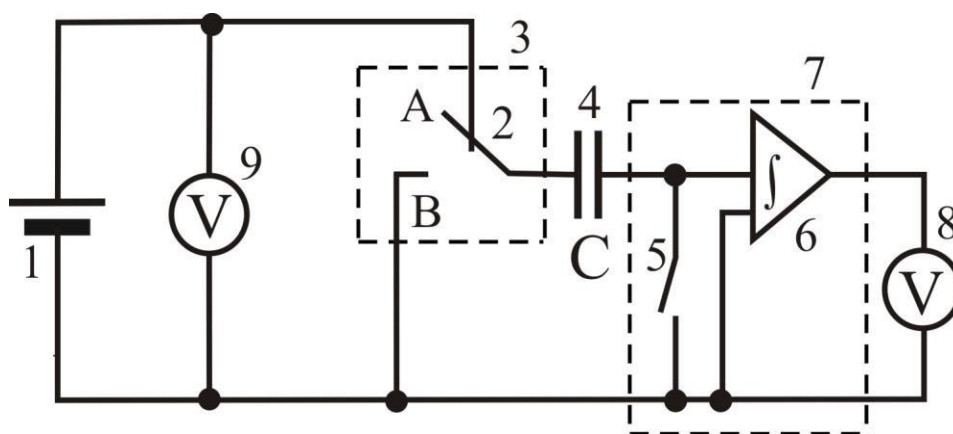
$$\gamma = \frac{C_e U_e}{U_{int}^e} \quad (26)$$

γ qiymatini hisoblash imkonini beradi ("e" indeksli qiymatlar mos yozuvlar kondensatori bilan o'lchovlarga tegishli)

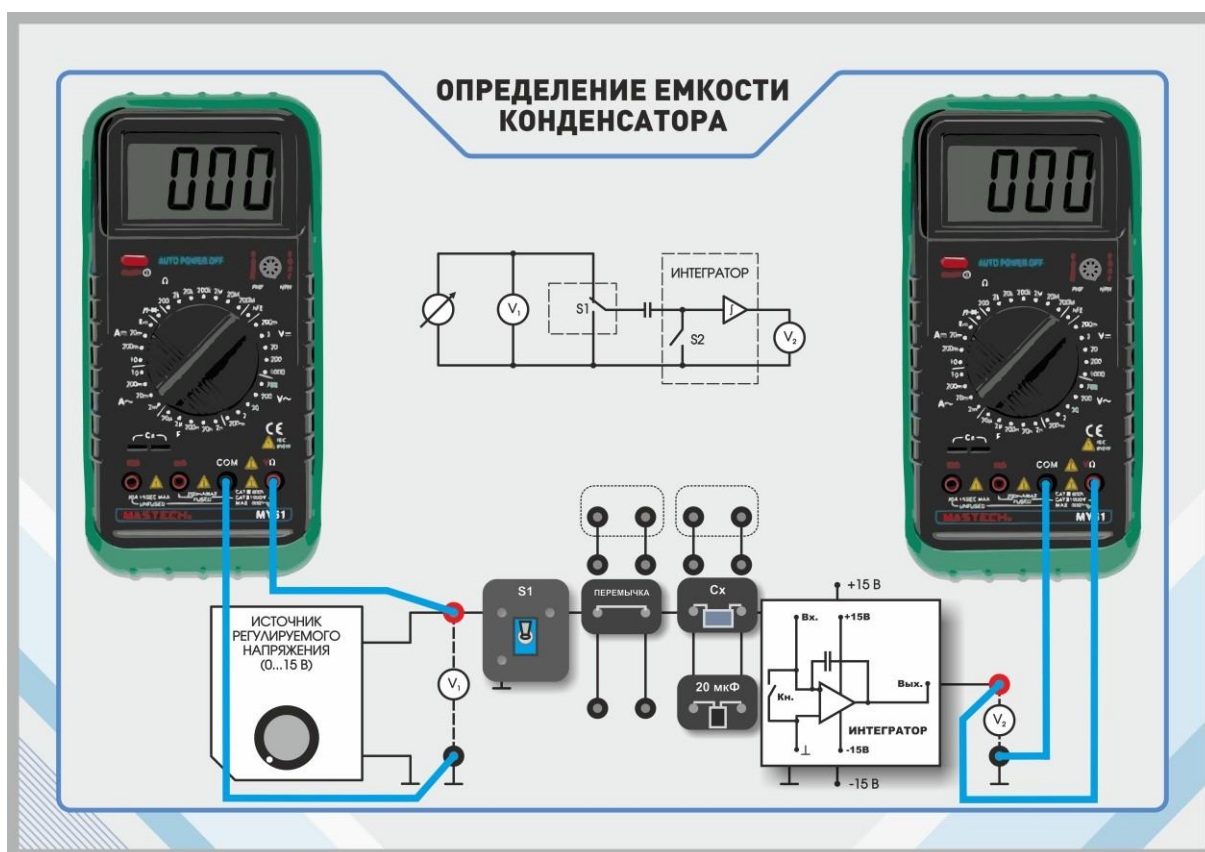
Integratorning to'g'ri kalibrlanganligini tekshirish uchun uning yordami bilan noma'lum sig'im C_x ni o'lchash kerak. Keyin olingan C_{eksp}^x sig'imining qiymatini boshqa usul bilan, masalan, multimetr yordamida o'lchangan C_{izm}^x qiymati bilan solishtirish kerak.

2. Eksperimental qurilmaning tavsifi.

Elektr sxemasi 8 – rasmda ko'rsatilgan, ulanish sxemasi 9 – rasmda.



8 – rasm. Elektr sxemasi: 1 - "0...+15V" doimiy kuchlanishni tartibga solinadigan manba; 2 - kalit; 3 - miniblok "Kalit"; 4 - o'rganilayotgan kondensator C; 5 - damping kaliti; 6 - tok integratori; 7 - "Tok integrator" miniblok; 8, 9 – multimetrlar ($U = 20V$, kirishlar COM,



9 – rasm. Ulanish sxemasi

Kondensatorni zaryad qilish uchun kalit 2 "A" holatiga o'rnatiladi va damping kaliti 5 yopiladi ("Qayta tiklash" holati). Kondensator voltmetr 9 tomonidan boshqariladigan U kuchlanishiga ($2 V$ dan ko'p bo'lmagan) zaryadlanadi. O'lchovdan oldin amortizator 5

ochiladi va kalit 2 "B" holatiga o'tkaziladi. Bunday holda, kondensator qoplamalarida mavjud bo'lgan zaryad tok integratordan o'tadi va voltmeter 8 (voltage ko'rsatkichi U_{int}) tomonidan qayd etiladi. Keyinchalik, tok tufayli, voltmeter 8 tomonidan qayd etilgan kuchlanish o'zgarishi mumkin.

3.O'lchovlarni olish.

1. Multimetr 9 tomonidan hisoblangan zaryadlash kuchlanishining qiymatini to'g'ri tanlash uchun o'lchovlarning boshida eng katta o'lchanadigan sig'imni oling. C_x va C_e kondensatorlarini parallel ulash orqali olinadi
2. Elektr sxemasi yig'ing: C_x va C_e kondensatorlarini parallel ravishda ulang, kondensatorlarni integratorning kirishiga ulash uchun o'tish moslamasini o'rning. 1-jadvalga mos yozuvlar sig'imi C_e qiymatini yozing.
3. "Сеть" tugmalari yordamida kuchlanish generatori blokining va multimetr blokining quvvat manbaini yoqing.
4. Buning uchun kondensatorlarni zaryadlang.
 - a) damping kaliti 5 "yopiq" holatiga o'rnatiladi;
 - b) kalit 2 (tumbler) "A" holatiga o'rnatiladi;
 - c) "0 ... + 15V" kuchlanish regulyatori bilan kondensatorning zaryadlash kuchlanishini o'zgartirib, uni 2V dan oshmasligi kerak (multimetrda o'qing 9).
5. Buning uchun integrator orqali zaryadlangan kondensatorlarni zaryadsizlang:
 - a) damping tugmachasini 5 oching;
 - b) kalitni 2 "B" holatiga o'tkazing. Kondensatorlarning zaryadlanish kuchlanishini pasaytirish, multimetrning maksimal o'qishini 14V dan kamroq tanlang. Kondensatorning zaryadsizlanishidan so'ng darhol multimetr 8 ning maksimal ko'rsatkichini eslang.
6. 4 va 5-bosqichlarni bir necha marta takrorlang, shunday zaryadlash kuchlanishini (multimetr ko'rsatkichi 9) U_{paral} tanlab, tushish kuchlanishi (multimetr ko'rsatkichi 8) U_{int}^{paral} 8-10V (kondensatorning zaryadiga mutanosib qiymat) bo'ladi. Jadvalga U_{paral} kuchlanishini yozing. 1 va undan keyin laboratoriya davomida, uni o'zgartirmang.
7. Zaryadlash kuchlanishini U_{paral} o'zgartirmasdan, qiymatlarni jadvalga yozib, 5 ta U_{int}^{paral} o'lchovini bajaring. 1 – jadvalga yozing.
8. C_x va C_e ni ketma – ket ulang. U_{k-k} dan keyin kuchlanishni U_{paral} ga teng qoldiring. U_{int}^{k-k} keyingi 5 ta o'lchovni bajaring va natijalarni 1 – jadvalga yozing.

1 – jadval. Kondensatorlar va kondensator batareyalaridagi kuchlanish.

| № | Na'munaviy kondensator | Ulangan sig'im C, mkF | |
|---|------------------------|-----------------------|------------------------|
| | | No'malum | Kondensatorlarni ulash |
| | | | |

| | $C_e = \text{mkF}$ | kondensator | parallel | Ketma - ket |
|----------|-----------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------|
| | $U_e = V$ | $U_x = V$ | $U_{\text{paral}} = V$ | $U_{k-k} = V$ |
| | U_{int}^e, V | U_{int}^x, V | $U_{\text{int}}^{\text{paral}}, V$ | U_{int}^{k-k}, V |
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |
| O'rtacha | | | | |

9. Mos ravishda C_e kondensatori uchun U_{int}^e qiymatini va noma'lum sig'imli C_x kondansator uchun U_{int}^x qiymatini alohida o'lchashni amalga oshiring. U_e va U_x qiymatlar U_{paral} va U_{k-k} ga teng keladi. Olingan natijalarni 1 – jadvalga yozing.

10. Buning uchun integrator kalibrlashning to'g'riligini tekshiring:

a) noma'lum sig'im C_x ni o'lchash uchun multimetrdan foydalaning;

b) C_{izm}^x natijasini jadvalga yozing. 2 (multimetrlar bilan o'lchash xatosi $\delta=5\%$).

11. "Сеть" tugmalari yordamida kuchlanish generatori blokining va multimetr blokining quvvat manbaini o'chiring.

4. O'lchov natijalarini qayta ishlash.

1. 1 - jadvaldagi ma'lumotlardan foydalanib, kalibrlash konstantasini γ (26) hisoblang.

$$\gamma = \frac{C_e U_e}{U_{\text{int sred}}^e}$$

2. (25) formuladan foydalanib: noma'lum kondensatorning sig'imini hisoblang

$$C_{\text{eksp}}^x = \gamma \frac{U_{\text{int sred}}^x}{U_x}$$

parallel ulangan kondensatorlarning sig'imi

$$C_{\text{eksp}}^{\text{paral}} = \gamma \frac{U_{\text{int sred}}^{\text{paral}}}{U_{\text{paral}}}$$

ketma – ket ulangan kondensatorlarning sig'imi

$$C_{\text{eksp}}^{k-k} = \gamma \frac{U_{\text{int sred}}^{k-k}}{U_{k-k}}$$

Olingan natijalarni 2 – jadvalga yozing.

| No'malum sig'im C_x , mkF | | Ulangan sig'im C, mkF | | | |
|--------------------------------|-------------------------|-------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| | | Parallel | | Ketma - ket | |
| eksper. C_{eksp}^x | izmeren. C_{izm}^x | eksper. C_{eksp}^{paral} | taxmin qilingan C_{rasch}^{paral} | eksper. C_{eksp}^{k-k} | taxmin qilingan C_{rasch}^{k-k} |
| δ_{C^x} | | $\delta_{C_{paral}}$ | | $\delta_{C_{post}}$ | |

3. C_e va C_{eksp}^x sig'im qiymatlaridan foydalanib, hisoblash uchun kondensatorlarning parallel va ketma-ket ulanishi uchun formulalardan foydalaning.

$$C_{rasch}^{paral} = C_e + C_{eksp}^x \quad \text{va} \quad C_{rasch}^{k-k} = \frac{C_e C_{eksp}^x}{C_e + C_{eksp}^x}$$

Olingan natijalarni 2 – jadvalga yozing.

4. Hisoblanganlarning eksperimental qiymatlarining nisbiy og'ishini % bilan toping.

$$\delta_{C_{paral}} = \frac{|C_{eksp}^{paral} - C_{rasch}^{paral}|}{C_{rasch}^{paral}} 100\%$$

$$\delta_{C_{post}} = \frac{|C_{eksp}^{k-k} - C_{rasch}^{k-k}|}{C_{rasch}^{k-k}} 100\%$$

Olingan natijalarni 2 – jadvalga yozing.

5. C_{eksp}^x ning C_{izm}^x dan nisbiy og'ishini toping (ikki usul bilan noma'lum sig'imni o'lchash natijalari)

$$\delta_{C^x} = \frac{C_{eksp}^x - C_{izm}^x}{C_{izm}^x} 100\%$$

Olingan natijalarni 2 – jadvalga yozing.

6. Ushbu og'ishlarning kattaligiga asoslanib, o'lchovlarning aniqligi haqida xulosa chiqaring.

Nazorat savollar.

laboratoriya ishiga o'z-o'zini tayyorlash uchun

1. Yakka o'tkazgichning sig'imini aniqlang.
2. Yakka o'tkazgichli sharning dielektrik muhitdagi sig'imlari formulasini yozing.
3. Yakka o'tkazgichning sig'imi qanday kattaliklarga bog'liq?
4. Kondensator va uning sig'imiga ta'rif bering.
5. Texnologiyada ishlatiladigan kondensatorlarning uch asosiy turni ayting. (Kondensatorning turi uning qoplamalarining shakliga qarab belgilanadi.)
6. Yassi kondensator sig'imi formulasini yozing
7. Kondensator sig'imi qanday kattaliklarga bog'liq?
8. Kondensatorning afzalliklari nimada? ularning sig'imlarini solishtirganda bir xil

shakl va o'lchamdagi o'tkazgich ustidagi kondensator.

9. Muhitning dielektrik o'tkazuvchanligi ϵ va uning qoplamalari orasidagi masofa d o'zgarganda sig'im kondensator qanday o'zgaradi: a) kondensator elektr tarmog'idan uzilgan bo'lsa. tok manbai b) kondansatör tok manbaiga ulangan
10. Kondensatorlar parallel ulanganda uchta nisbatni (formulalarni) yozing: a) kondansatör batareyasidagi kuchlanish U_b va ushbu akkumulyatorning alohida kondensatorlaridagi kuchlanish o'rtasida; b) batareyaning zaryadi q_b va batareya zaryadlari o'rtasida. ushbu batareyaning individual kondensatorlari; c) akkumulyator sig'imi C_b va ushbu akkumulyator batareyalarining alohida kondensatorlarining sig'implari o'rtasida.
11. Olingan maksimal sig'imni olish uchun kondensatorlarni qanday ulash kerak?
12. Kondensatorlar ketma-ket ulanganda uchta nisbatni (formulalarni) yozing: a) kondensator batareyasidagi kuchlanish U_b va ushbu akkumulyatorning alohida kondensatorlaridagi kuchlanishlar o'rtasida; b) akkumulyatorning zaryadi q_b va ushbu akkumulyatorning alohida kondensatorlari zaryadlari o'rtasida; c) akkumulyator sig'imi C_b va ushbu batareyaning alohida kondensatorlarining sig'implari o'rtasida
13. Olingan eng kichik sig'imni (ulangan kondensatorlardan birining eng kichik sig'imidan kam) olish uchun kondensatorlarni qanday ulash kerak?
14. Tok integratori qanday qiymat va qanday o'lchanadi. bu ish?
15. Kalibrlash konstantasining qiymati qanday topiladi?
16. Kondensatorning noma'lum sig'imi qanday o'lchanadi?

5 – LABORATORIYA ISHI.

"Faradey doimiysini aniqlash" FARADEYNING ELEKTROLIZ QONUNLARI

Ishning maqsadi

Elektroliz qonunlarini o'rganish. Faradey doimiysi, elementar elektr zaryadi va Avogadro soni vodorod va kislorod hajmlarining eksperimental ravishda topilgan bog'liqligi va natriy karbonatning suvli eritmasini elektroliz qilishda bunga sarflangan zaryadni aniqlash.

Nazariy ma'lumotlar

Elektrolitga botirilgan elektrolarlarda elektr toki ta'sirida sodir bo'ladigan kimyoviy jarayonlar elektroliz deb ataladi.

Hosil bo'lgan moddaning miqdori elektrolitdan o'tgan elektr miqdori bilan bog'liq.

Faradey qonunlari elektrolizning asosiy qonunlari bo'lib, elektrokimyoviy reaksiya sharoitida moddalarning saqlanish umumiy qonunini aks ettiradi.

Faradeyning birinchi qonuniga ko'ra, elektr toki I o'tganda elektrolarning har birida ajralib chiqadigan m moddaning massasi I ga to'g'ridan-to'g'ri proporsionaldir. Elektrolitdan o'tadigan elektr miqdori:

$$Q = It,$$

agar I t ga bog'liq bo'lmasa; aks holda massa m ga proporsional bo'ladi

$$\int_{t_1}^{t_2} I dt$$

bu yerda t_1 va t_2 - tokni yoqish va o'chirish momentuari.

Faradeyning ikkinchi qonuniga ko'ra, elektrolitlar orqali bir xil elektr zaryadlari o'tganda elektrolarda kimyoviy o'zgarishlarga uchragan turli moddalar massalarining nisbati ularning kimyoviy ekvivalentlari nisbatiga tengdir. (Kimyoviy ekvivalent - bu bir kilomol atom ($1,0078$ kg) vodorod bilan o'zaro ta'sir qiladigan yoki almashtiradigan element yoki birikmaning kilogramm soni.)

Bu qonunlarning ikkalasini ham bitta tenglama sifatida yozish mumkin:

$$m = \frac{Q \mu}{Fz}$$

Bu yerda m - elektrodda ajralib chiqadigan moddaning massasi, Q - elektr miqdori, μ - elektrolizda ishtirok etuvchi moddaning molyar massasi, z -bu moddaning bir molekulasining o'zgarishiga mos keladigan elementar zaryadlar soni, F - $9,648456 \cdot 10^7$ Cl/kmolga teng Faraday doimiysi.

Faradeyning ikkala qonuni ham, agar u orqali o'tgan elektr energiyasi elektrolit ionlari tomonidan o'tkazilsa, mutlaqo to'g'ri bo'ladi. Ba'zi hollarda kuzatilgan ushbu qonunlardan chetga chiqishlar hisobga olinmagan yon elektrokimyoviy reaksiyalar (masalan, ba'zi metallarning elektrodepozitsiyasi paytida gazsimon vodorodning evolyutsiyasi) yoki qisman elektron o'tkazuvchanlik (masalan, ba'zi eritmalarning elektrolizi paytida) bilan bog'liq bo'lishi mumkin.

Ko'rsatilgan sabablar aniq bo'lgan tizimlar

Faradey qonunidan chetga chiqishlar kulometrlar deyiladi; ularning qo'llanilishi hosil bo'lgan elektroliz mahsulotlari miqdori bilan o'tgan elektr miqdorini aniq aniqlash imkonini beradi.

Elektrolitdan o'tayotganda, elektr miqdori

$$1 F (\text{фарадей}) = 9,648456 \cdot 10^7 \text{ Cl/kmol}$$

har qanday moddaning bir kimyoviy ekvivalenti (ya'ni ekvivalent massasi) chiqariladi. Shuning uchun, $1 C$ (kulon) dan o'tish paytida chiqarilgan massa $9,648456 \cdot 10^7$ ga bo'lingan 1 ekvivalentga teng.

1 ekv hosil qilish uchun zarur bo'lgan elektr miqdori. har qanday modda, barcha moddalar uchun bir xil; u $9,648456 \cdot 10^7 C$ ga teng va Faradey soni yoki Faradey doimiysi (asosiy fizik konstanta) deb ataladi.

Ushbu naqsh amaliyotda keng qo'llaniladi. Iste'mol qilinadigan elektr quvvati miqdoridan kelib chiqib, chiqarilgan moddaning massasini yoki aksincha, hisoblash mumkin, shuningdek, moddaning ma'lum bir massasini olish uchun qancha elektr energiyasi talab qilinishini taxmin qilish mumkin.

Faradey qonunlari kimyoviy bog'lanishning mohiyatini tushunishda va atom-molekulyar nazariyaning rivojlanishida muhim rol o'ynadi.

Elektrod reaksiyalarining tezligi elektrolitning tarkibi va konsentratsiyasiga, elektrod materialiga, elektrod potensialiga, haroratga va boshqa bir qator omillarga bog'liq. Har bir elektrod reaksiyasining tezligi vaqt birligida elektrod yuzasining birligi orqali elektr zaryadlarini uzatish tezligi bilan belgilanadi; tezlik o'lchovi, shuning uchun oqim zichligi.

Odatda, elektroliz tashqi oqim manbaiga ulangan elektrodlardagi elektrokimyoviy hujayralarda amalga oshiriladi. Ikki xil elektrokimyoviy hujayralar mavjud: galvanik elementlar va elektrolitik elementlar (elektrolizatorlar). Kimyoviy energiyani elektr energiyasiga aylantiruvchi galvanik elementlar tok manbalari - batareyalar va akkumulyatorlar, shuningdek, yonilg'i elementlari asosini tashkil qiladi. Elektrolitik elementda elektrod-elektrolit interfeysidagi reaksiyalar elektr energiyasining tashqi manbai tufayli davom etadi; ikkinchisi elektrodlarda sodir bo'ladigan reaksiyalar mahsulotlarining kimyoviy energiyasiga aylanadi.

E'tibor bering, bir xil hujayra, ish rejimiga qarab, galvanik element yoki elektrolizator sifatida harakat qilishi mumkin. Shunday qilib, qo'rg'oshin kislotali avtomobil akkumulyatori dvigatelni ishga tushirishda (u zaryadsizlanayotganda) foydalanilganda galvanik element va avtomobil alternatori yoki zaryadlovchidan zaryadlanganda elektrolizator vazifasini bajaradi.

Elektrolitlar, ion o'tkazuvchanligi bo'lgan moddalar; ular ikkinchi turdagi o'tkazgichlar deb ataladi, chunki ular orqali oqim o'tishi materiyaning o'tishi bilan birga keladi. Elektrolitlarga, masalan, kislotalarning suvdagi eritmaları kiradi. Elektrolit eritmasi orqali elektr tokini o'tkazish uchun ikkita

metall yoki uglerod qoplamalari - elektrodlar - va ularni to'g'ridan-to'g'ri tok manbai qutblariga ulang.

Musbat elektrod anod, manfiy elektrod esa katod deb ataladi. Platina yoki ko'mir kabi inert materialdan tayyorlangan anodda gazsimon kislorod suvli eritmada chiqariladi. Elektr tokining ta'siri ostida rux, mis yoki kadmiy anodlari asta-sekin o'zlarini eriydi; bu holda gaz ishlab chiqarilmaydi.

1833 yilda M. Faradey elektrolitlar orqali tokni elektr zaryadlangan zarrachalar - ionlar orqali olib o'tishini taklif qildi, ular tok ta'sirida paydo bo'ladi. Elektrodlarda ionlar o'z zaryadini yo'qotadi, katodda kationlardan metall yoki vodorod atomlari, anionlardan esa anodda galogenlar yoki kislorod hosil bo'ladi deb taxmin qilingan.

1884 yilda shved fizik-kimyogari S. Arrenius tuzlar, kislotalar va asoslar mos erituvchida (masalan, suvda) eritilganda ionlarga parchalanadi (dissotsiatsiyalanadi) degan fikrni ilgari surdi.

Masalan, natriy xlorid NaCl natriy ionlari Na^+ va xlorid Cl^- ga ajraladi. Elektr toki hech qanday tarzda dissotsiatsiya jarayonida ishtirok etmaydi, u faqat ionlarni mos keladigan elektrodلarga yo'naltiradi.

Arrheniusning fikriga ko'ra, dissotsiatsiya darajasi, ya'ni. eritma suyultirilganda molekullarning ionlarga parchalangan qismi ortadi.

Chunki yog'ingarchilik yoki neytrallash uchun 1 ekv. har qanday modda bir xil miqdordagi elektr energiyasini talab qiladi, ko'rinib turibdiki, 1 ekv. tarkibidagi ionlar tomonidan olib boriladigan zaryad barcha moddalar uchun bir xil. Bir mol iondagi ekvivalentlar soni ionning valentligiga teng, shuning uchun ion olib yuradigan birlik zaryadlar (elektronlar) sonini uning valentligi bilan aniqlash mumkin. Shunday qilib, bir valentli kationda (masalan, Na^+ , K^+ , Ag^+) neytral atomga nisbatan bitta elektron yetishmaydi; bu kation birlik musbat zaryadga ega.

Ikki valentli kationda (masalan, Ca^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+}) ikkita elektron yo'q, ikkita bitta musbat zaryad olib yuradi va hokazo. Bir valentli anionning bitta manfiy zaryadi (Cl^- , Br^-) neytral atomdan ortiq bo'lgan bitta elektron tomonidan hosil bo'ladi.

Elektrokimyoviy usullar sanoatning turli sohalarida keng qo'llaniladi. Elektroliz - xlor va ishqorlar, ko'plab oksidlovchi moddalar, ftor va organoflorli birikmalar ishlab chiqarishning eng muhim usuli. Alyuminiy, magniy, natriy, litiy, berilliy, tantal, titan, rux, misni tozalash elektrokimyoviy usullarga asoslangan. Vodorod suvni elektroliz qilish natijasida hosil bo'ladi. Texnologiyaning turli sohalarida himoya va dekorativ galvanik qoplamalar, shuningdek, belgilangan optik, mexanik va magnit xususiyatlarga ega galvanik qoplamalar qo'llaniladi. Metallarning anodli erishi qattiq va o'ta qattiq metallar va qotishmalarni mexanik qayta ishlashni muvaffaqiyatli almashtiradi.

Oziq-ovqat energiyasini assimilyatsiya qilish va ishlatish, asab impulsining tarqalishi, vizual tasvirni idrok etish kabi eng muhim biologik jarayonlarni tushunish, birinchi navbatda, biologik membranalarning ishlashi bilan bog'liq bo'lgan elektrokimyoviy aloqalarni hisobga olmasdan mumkin emas.

Elementar elektr zaryadi tabiatda ma'lum bo'lgan eng kichik elektr zaryadidir. Uning mavjudligini birinchi marta 1874 yilda ingliz olimi J. Stoni aniq ta'kidlagan. Uning gipotezasi Faradey tomonidan o'rnatilgan elektroliz qonunlaridan kelib chiqqan. 1881 yilda u birinchi bo'lib univalent ionning elektr zaryadining qiymatini $e = F/N_A$ ga teng hisobladi, bu erda F - Faradey soni, N_A - Avogadro soni.

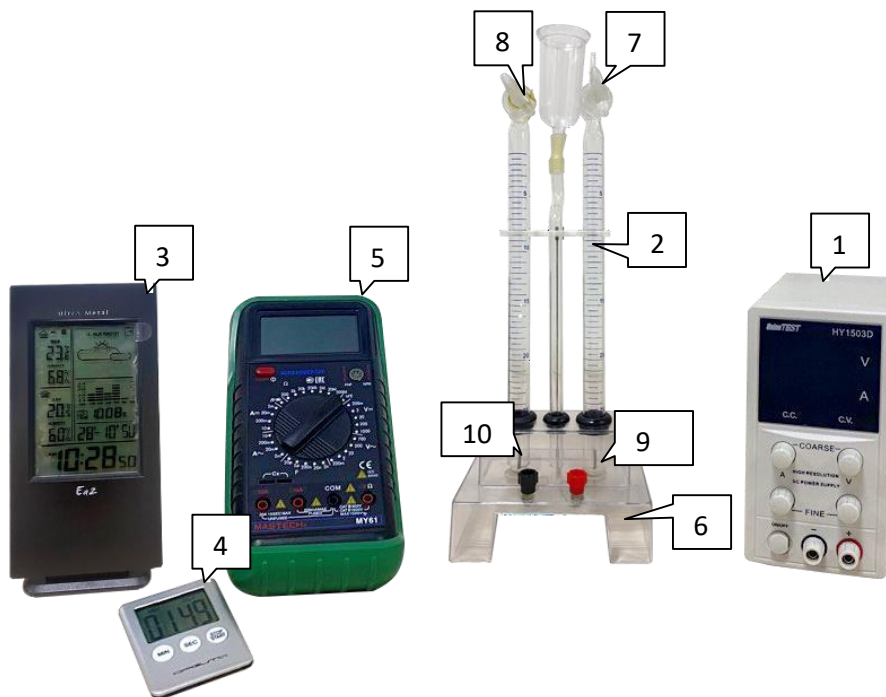
1911 yilda elementar elektr zaryadining kattaligi R. Milliken tomonidan to'g'ridan-to'g'ri o'lchovlar bilan o'rnatildi. Uning zamonaviy ma'nosi: $|e| = (1,6021892 \pm 0,0000046) \cdot 10^{-19} \text{ Cl}$.

Elementar elektr zaryadining qiymati elektromagnit o'zaro ta'sirlarning doimiysi bo'lib, mikroskopik elektrodinamikaning barcha tenglamalariga kiritilgan. Bu elektron, proton va deyarli barcha boshqa zaryadlangan elementar zarralarning elektr zaryadining kattaligiga to'liq tengdir, shuning uchun ular tabiatdagi eng kichik zaryadning moddiy tashuvchilari hisoblanadi. Elementar elektr zaryadini yo'q qilib bo'lmaydi; bu fakt mikroskopik darajada elektr zaryadining saqlanish qonunining mazmunidir.

Ijobiy va manfiy elementar elektr zaryadlari bor, zaryadlangan elementar zarra va uning antizarrasi esa qarama-qarshi belgilarga ega bo'lgan zaryadlarga ega. Har qanday mikrotizim va makroskopik jismlarning elektr zaryadi har doim e (yoki nol) ning butun soniga teng.

Eksperimental qurilmaning tavsifi

Eksperimental qurilmaning umumiy ko'rinishi rasmda ko'rsatilgan. 1.

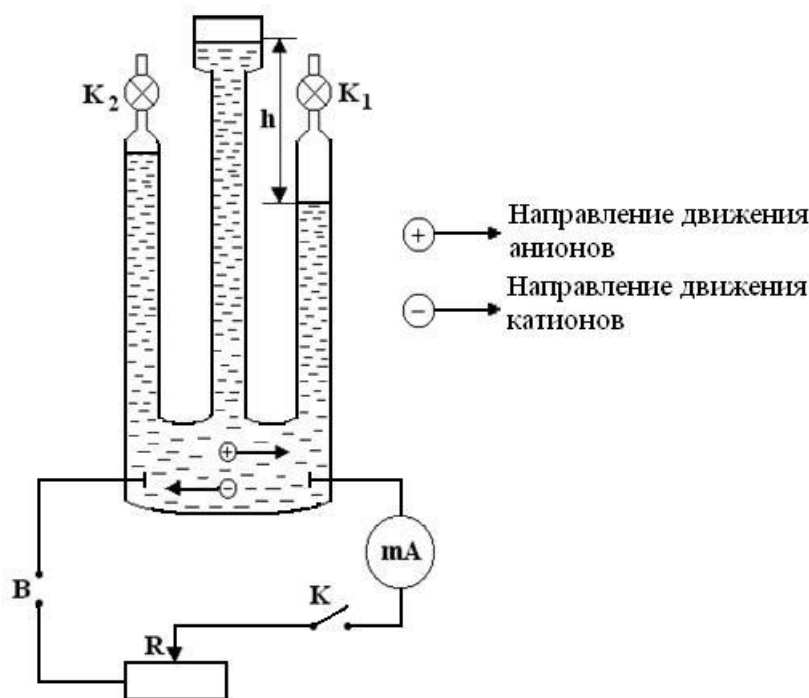


1-rasm - Tajriba qurilmasi:

1-DC manbai; 2-Hoffman apparati; 3-manometr; 4-sekundomer; 5 - milliampermetr; 6 - uchburchak; 7, 8-kran; 10,9 - platina elektrod

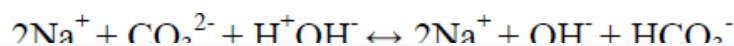
Elektroliz jarayonida ajralib chiqadigan gazlarni ajratish uchun uchta aloqa qiluvchi tomirdan iborat Hoffman apparati qo'llaniladi, ulardan ikkitasi Kr1 va Kr2 musluklari bilan tugaydi, elektrodlar o'rnatiladi va idishlarni elektrolitlar bilan to'ldirish uchun uchinchisiga voronka o'rnatiladi. (natriy karbonatning suvli eritmasi).

Haddan tashqari tomirlarda bo'linmalar qo'llaniladi, bu sizga millilitrdagi hajmni aniqlashga, suyuqlik darajasi h balandligini o'lchashga imkon beradi. Hoffman qurilmasi suv bilan to'ldiriladi, unga ma'lum miqdorda natriy karbonat qo'shiladi (yaxshisi Na_2CO_3 konsentratsiyasi 2-4%) va elektrodlar yordamida reostat R, ampermetr bo'lgan sxemaga ulanadi. , kalit K va doimiy oqim manbai B. (2-rasmga qarang).



Shakl 2 - Oddiy o'rnatish sxemasi

Natriy karbonatning gidrolizi ikki bosqichda davom etadi. Birinchi bosqichning ion tenglamasini yozamiz



Ikkinchi bosqichda:

Na^+ ionlari OH^- bilan birikishi mumkin. NaOH bo'lib chiqadi, ammo natriy gidroksid kuchli elektrolitdir, ya'ni molekula shaklida suvli eritmada.

NaOH mavjud emas va u Na^+ va OH^- ionlariga parchalanadi. CO_3^{2-} ionlari esa H^+ bilan birikishi mumkin. Oxir-oqibat, karbonat kislota hosil bo'ladi - suvli eritmada molekular holatida bo'lishi mumkin bo'lgan juda zaif elektrolit.

Katodda elektr toki tufayli H^+ kamayadi:

$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$. Vodorod normal sharoitda gazdir, shuning uchun u elektrolitdan pufakchalar shaklida chiqariladi.

Salbiy OH^- ionlari anodga o'tib, unga ortiqcha manfiy zaryad beradi va vodorod periksini hosil qiladi, bu esa o'z navbatida suv va kislorodga parchalanadi. Natriy gidroksidi NaOH , H_2CO_3 karbonat kislotasi bilan reaksiyaga kirishib, natriy karbonat molekulasini va suv molekulasini hosil qiladi. Shunday qilib, elektrolitlar orqali oqim oqimi paytida bir molekula natriy karbonat Na_2CO_3 bir molekula H_2 va kislorod atomi O ni beradi.

Demak, anodda bir molekula kislorod O_2 chiqishi uchun ikki molekula Na_2CO_3 dissotsiatsiyasi zarur, katodda esa ikki molekula vodorod (2H_2) ajralib chiqadi. Shunday qilib, bir xil termodinamik sharoitda kislorod hajmi. katodda ajraladigan vodorod kislorod anodida chiqarilgan hajmdan ikki baravar ko'p bo'ladi. Agar ajraladigan gazlar alohida yig'ilsa,

keyin ma'lum bosim va haroratda ular egallagan hajm bo'yicha elektrodlarda hosil bo'lgan u yoki bu gaz molekularining sonini aniqlash mumkin. Gaz molekularining sonini bilib, ionlar sonini va o'lchash orqali topish oson.

ular tomonidan o'tkazilgan zaryad Q, bitta ionning zaryadini hisoblang.

Elektrolitdan tok o'tganda, vodorod manfiy elektrodli idishda, kislorod esa musbat elektrodli idishda to'planadi. Bu gazlar elektrolitni oxirgi tomirlardan siqib chiqaradi va elektrolitlar yuzasi ustidagi hajmda bosim hosil bo'ladi, bu atmosfera bosimi va o'rta idishdagi ortiqcha suyuqlik ustunining bosimi bilan muvozanatlanadi. oxirgi tomirlar.

Faradey doimiysi F ta'rifi

E agar Hoffman apparati ishining ikki momenti uchun ideal gazning holat tenglamasini yozsak: u holda bu ikki tenglamaning farqi quyidagilarni beradi:

$$P_1V_1 = \frac{m_1RT}{\mu} \quad \text{u} \quad P_2V_2 = \frac{m_2RT}{\mu} \quad (2)$$
$$P_2V_2 - P_1V_1 = \frac{(m_2 - m_1)RT}{\mu}$$

Chiqarilgan gaz massasining o'zgarishini Faradey qonuni bilan taqqoslash mumkin (1):

$$m_2 - m_1 = \Delta m = \frac{\Delta Q \mu}{Fz} = \frac{(P_2V_2 - P_1V_1)\mu}{RT} \quad (3)$$

(3) tenglamadan Faradey doimiysini ifodalashimiz mumkin:

$$F = \frac{ItRT}{(P_2V_2 - P_1V_1)z_1} \quad (4)$$

Vodorod uchun $z_1 = 1$, kislorod uchun $z_1 = 2$.

Elementar elektr zaryadining kattaligini aniqlash

Tok I t soniya davomida elektrolit orqali katod tomon oqib o'tganda, vodorod ionlari zaryadni o'tkazadi:

$$Q^+ = I \quad (5)$$

Xuddi shu zaryad, lekin teskari ishorali, kation tomonidan anodga o'tadi.

Har bir vodorod molekulasini ikkita vodorod atomidan hosil bo'lishini hisobga olsak, biz vodorod ionlarining sonini aniqlashimiz mumkin.

:

$$n^+ = 2 \frac{M}{m}$$

(6)bu erda M - vodorodning massasi, m - bitta H₂ molekulasining massasi

Chiqarilgan vodorodning massasi ideal gazning holat tenglamasidan aniqlanadi:

$$M = \mu \frac{P_{H_2} V_{H_2}}{RT} \quad (7)$$

bu yerda μ - bir kilomol H_2 massasi, $R = 8,31 \cdot 10^3 \text{ J/K kmol}$ universal gaz doimiysi, P_{H_2} - chiqarilgan vodorodning bosimi, V - chiqarilgan vodorodning hajmi va T - harorat.
 (7) ifodani (6) ifodaga almashtirib, vodorod ionlari sonini olamiz

$$n^+ = 2 \frac{M_{H_2} P_{H_2} V_{H_2}}{m_{O_2} RT}$$

(8)

Kislorod ionlari uchun xuddi shunday mulohaza yuritib, ikkita vodorod ioni hosil bo'lganda, faqat bitta kislorod ioni hosil bo'lishini hisobga olib, biz quyidagilarni olamiz:

$$n^- = \frac{M_{O_2} P_{O_2} V_{O_2}}{m_{O_2} RT}$$

(9)

$Q = ne$, bu erda n - ionlar soni, e - elementar elektr zaryad ekanligini hisobga olib, (8) va (9) tenglamalarning o'ng va chap qismlarini e ga ko'paytiramiz va (5) munosabatni hisobga olamiz. , biz elementar elektrni hisoblash uchun formulalarni olamiz

vodorod va kislorodning zaryadi mos ravishda:

$$e^+ = \frac{1}{2} \frac{m RTIt}{\mu P_{H_2} V_{H_2}}$$

(10)

$$e^- = \frac{m RTIt}{\mu P_{O_2} V_{O_2}}$$

(11)

$m/\mu = 1/N_A$, bu erda $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Shunday qilib, Xoffman o'rnatmasi yordamida elementar zaryadni aniqlash uchun vodorod va / yoki kislorodning hajmini, bosimini va haroratini o'lchash, shuningdek, tokning kattaligini va elektrolitdan o'tish vaqtini o'lchash kerak. .

Avogadro sonining ta'rifi. Faraday doimiysi $F = eN_A$, bu erda N_A - Avogadro soni. Keyin Avogadro raqami $N_A = F/e$.

Таблица 1. Технические данные приборов

| №№ п/п | Название прибора | Пределы измерений | Число делений | Цена деления | Класс точности | Абсолют- ная приборная погреш- ность |
|-----------|--------------------------------|----------------------|------------------|-----------------|-------------------|--------------------------------------------------|
| 1 | Универсальный источник питания | | | | | 0,01 А |
| 2 | Цифровой мультиметр | | | | | 0,01 А |
| 3 | Секундомер, цифровой | | | | | 1 сек |
| 4 | Барометр/Манометр | | | | | $5 \cdot 10^3 \text{ Па}$ |
| 5 | Цифровой термометр | | | | | $0,1^\circ\text{C}$ |

Ish tartibi

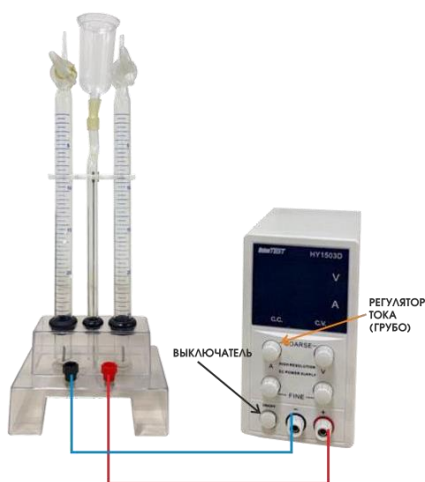
Ishni bajarishda laboratoriyada talabanning ish joyida o'rnatilgan xavfsizlik va mehnatni muhofaza qilish qoidalariga qat'iy rioya qilish kerak. O'rnatish bilan ishlash uchun uning tuzilishi va ishlash prinsipi bilan tanish bo'lgan shaxslarga ruxsat beriladi.

Diqqat. Vodorod havo bilan aralashganda "portlovchi gaz" deb ataladigan portlovchi aralashma hosil qiladi. Shuning uchun vodorod asta-sekin va kichik qismlarda chiqarilishi kerak. Yaqin atrofda ochiq olov bo'lmasligi kerak.

1. Kr1 va Kr2 kranlari ochiq bo'lgan o'rta idishdagi huni orqali

Hoffman apparati naychalarini distillangan suvdagi natriy karbonatning 2% li eritmasi bilan havo to'liq chiqarib yuborilguncha to'ldiring.

2. Zanjirni sxema bo'yicha yig'ing:



3. Elektr ta'minotini yoqing, regulyator bilan $I = 50 \text{ mA}$ tokini o'rnatib va orqali bir muncha vaqt, elektroliz ajraladigan gazlar bilan to'yingan bo'lsa, ularning pufakchalari boshlanadi. atrof-muhit havosiga chiqing, Kr1 va Kr2 kranlarini yoping va o'lchovning boshlanish vaqtini qayd qiling.

4. Regulyatordan foydalanib, 300 soniya davomida tok doimiyligini saqlang, so'ngra vaqtga e'tibor bering va quvvat manbasini o'chiring.

5. Eritma xona harorati T, K ga qadar sovishini kuting.

6. Vodorod bosimini aniqlang P_{H_2}

Atmosfera bosimi Sichqoncha. barometr bilan o'lchash, Elektrolitlar darajasidagi farqni h o'lchab, bosimni hisoblang $P_H = \rho gh$, bu erda $g = 9,81 \text{ m / s}^2$ – erkin tushish tezlanishi, ρ - elektrolitning zichligi (bizning holatda, 3% bilan. Na_2CO_3 eritmasi, u $\rho = 1,03 \times 10^3 \text{ kg / m}^3$ ga teng). To'yingan suv bug'ining bosimi $P_{\text{par.aq.}} = aP_t$, bu erda a - elektrolitlar konsentratsiyasiga bog'liq empirik koeffitsient va bu tajribada $a = 0,9$ ga teng, P_t - bu tajribada 2-jadvalga muvofiq aniqlangan xona haroratidagi to'yingan suv bug'ining bosimi. Shunday qilib, qisman bosim vodorodning nisbati quyidagicha aniqlanadi:

$$P_{H_2} = P_{am} + \rho gh - aP_t$$

1
2
)

Jadval 2. 16 ... 230C oralig'ida haroratda to'yingan bug' bosimi

| | | | | | | | | |
|---------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| $t, ^\circ\text{C}$ | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22. | 23 |
| $P_t,$ кПа | 1,8 | 1,94 | 2,06 | 2,20 | 2,34 | 2,49 | 2,64 | 2,81 |
| | 2 | | | | | | | |

7. Chiqarilgan vodorod V hajmi Hoffman apparatining ekstremal tomirlarida bo'linishlar bilan aniqlanadi.

8. H_2 hajmining eritmadan tok o'tadigan zaryadga bog'liqligini aniqlash uchun o'lchangan va hisoblangan qiymatlar 3a-jadvalga va O_2 hajmining eritmadan tok o'tuvchi zaryadga bog'liqligini aniqlash uchun 3b-jadvalga kiritilgan. Tajriba belgilangan tokda amalga oshiriladi. Gaz hajmi har 300 sekundda aniqlanadi.

3a-jadval. H_2 hajmining eritma orqali oqadigan zaryadga bog'liqligini aniqlash uchun o'lchangan va hisoblangan qiymatlar

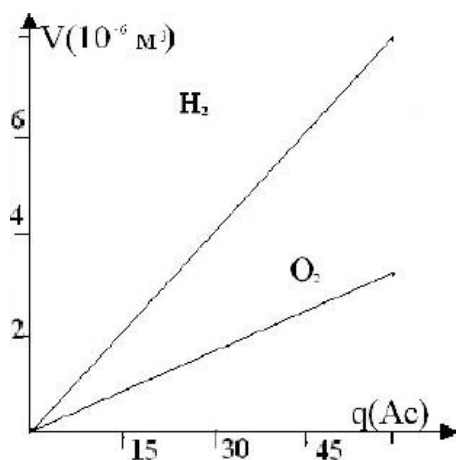
| № п/п | I, (A) | t, (сек) | T, ($^{\circ}$ K) | V, (m^3) | $P_{ат.}$, (МПа) | h, (м) | P_{h_2} , (кПа) | P_t , (кПа) | P_{H_2} , (кПа) |
|----------|--------|----------|--------------------|--------------|----------------------|--------|-------------------|------------------|----------------------|
| 1 | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | |

Таблица 3б. O_2 hajmining eritma orqali oqadigan zaryadga bog'liqligini aniqlash uchun o'lchangan va hisoblangan qiymatlar

| № п/п | I, (A) | t, (сек) | T, ($^{\circ}$ K) | V, (m^3) | $P_{ат.}$, (МПа) | h, (м) | P_{h_2} , (кПа) | P_t , (кПа) | P_{O_2} , (кПа) |
|----------|--------|----------|--------------------|--------------|----------------------|--------|-------------------|------------------|----------------------|
| 1 | | | | | | | | | - |
| 2 | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | |

Tajriba natijalarini qayta ishlash Faraday doimiysini aniqlash.

3a va 3b-jadvallarga ko'ra, iste'mol qilinadigan elektr energiyasi miqdoriga qarab chiqarilgan gaz hajmining grafigi chiziladi. (Misol 3-rasmda ko'rsatilgan)



3 – rasm.

Erigan sulfat kislotani elektroliz qilishda ($T = 296,050$ K va $p = 100,4$ kPa) buning natijasida olingan vodorod va kislorod hajmlari va o'tgan zaryad o'rtasidagi bog'liqlik grafigi.

Grafikdan $\Delta V/\Delta q$ nisbati topiladi. F doimiysi (4) formula bilan topiladi. O'lchov xatosini formula bo'yicha hisoblang

$$\varepsilon = \frac{\Delta F}{F} = \sqrt{\left(\frac{\Delta I}{I}\right)^2 + \left(\frac{\Delta T}{T}\right)^2 + \left(\frac{\Delta t}{t}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V}{V}\right)^2 + \left(\frac{\Delta P_{H_2(O_2)}}{P_{H_2(O_2)}}\right)^2}$$

1
3
)

Yakuniy natijani yozib oling $F = F \pm \Delta F$, uni Faraday doimiysi qiymati bilan solishtiring. Elementar elektr zaryadining kattaligini aniqlash.

Olingan eksperimental ma'lumotlar 4a va 4b jadvallarga kiritilgan.

4a-jadval. H_2 hajmining eritma orqali oqadigan zaryadga bog'liqligini aniqlash uchun o'lchangan va hisoblangan qiymatlar

| N_0 n/n | I, (A) | t, (сек) | T, ($^{\circ}$ K) | V, (m^3) | $P_{ar.}$ (МПа) | h, (м) | P_{H_2} (кПа) | P_{O_2} (кПа) | P_{H_2} (кПа) |
|--------------|--------|----------|--------------------|--------------|--------------------|--------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1 | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | |

Jadval 4b. O_2 hajmining eritma orqali oqadigan zaryadga bog'liqligini aniqlash uchun o'lchangan va hisoblangan qiymatlar

| N_0 n/n | I, (A) | t, (сек) | T, ($^{\circ}$ K) | V, (m^3) | $P_{ar.}$ (МПа) | h, (м) | P_{H_2} (кПа) | P_{O_2} (кПа) | P_{O_2} (кПа) |
|--------------|--------|----------|--------------------|--------------|--------------------|--------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1 | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | |

Elementar elektr zaryadining qiymati vodorod hajmini o'lchashda (10) formula bo'yicha, kislorod hajmini o'lchashda (11) formula bilan aniqlanadi.

O'lchov xatosini formula bo'yicha hisoblang

$$\varepsilon = \frac{\Delta F}{F} = \sqrt{\left(\frac{\Delta I}{I}\right)^2 + \left(\frac{\Delta T}{T}\right)^2 + \left(\frac{\Delta t}{t}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V}{V}\right)^2 + \left(\frac{\Delta P_{H_2(O_2)}}{P_{H_2(O_2)}}\right)^2}$$

Yakuniy natijani $e = e \pm \Delta e$ ko'rinishda yozing, uni elementar zaryadning qiymati bilan taqqoslang va xulosa chiqaring.

Avogadro sonining ta'rifi

Avogadro soni $N_A = F/e$ munosabatidan topiladi. Nisbiy xato

$$\varepsilon = \frac{\Delta N_A}{N_A} = \sqrt{\left(\frac{\Delta F}{F}\right)^2 + \left(\frac{\Delta q}{q}\right)^2}$$

Yakuniy natijani yozing $N_A = N_A \pm \Delta N_A$, uni Avogadro sonining qiymati bilan solishtiring.

Vazifalar

1-mashq.

1. Katodda ajralib chiqadigan gaz hajmi va buning uchun iste'mol qilinadigan elektr energiyasi miqdoriga bog'liqligini eksperimental tadqiqot o'tkazing.
2. Tajriba natijalaridan Faradey doimiysini aniqlang.
3. Faradey doimiysining tajribada olingan qiymati va elementar elektr zaryadining qiymatidan Avogadro sonini aniqlang.

Vazifa 2.

1. Anodda ajralib chiqadigan gaz hajmi va buning uchun iste'mol qilinadigan elektr miqdori bog'liqligini eksperimental tadqiqot o'tkazing.
2. Tajriba natijalaridan Faradey doimiysini aniqlang.
3. Faradey doimiysining tajribada olingan qiymati va elementar elektr zaryadining qiymatidan Avogadro sonini aniqlang.

Vazifa 3.

1. Katodda ajralib chiqadigan gaz hajmi va buning uchun iste'mol qilinadigan elektr energiyasi miqdoriga bog'liqligini eksperimental tadqiqot o'tkazing.
2. Tajriba natijalaridan elementar elektr zaryadining qiymatini aniqlang.
3. Elementar elektr zaryadi va Faradey doimiysining tajribada olingan qiymatidan Avogadro sonini aniqlang.

Vazifa 4.

1. Anodda ajralib chiqadigan gaz hajmi va buning uchun iste'mol qilinadigan elektr miqdori bog'liqligini eksperimental tadqiqot o'tkazing.
2. Tajriba natijalaridan elementar elektr zaryadining qiymatini aniqlang.
3. Elementar elektr zaryadining tajribada olingan qiymati va Faraday doimiysidan Avogadro sonini aniqlang.

6 - LABORATORIYA ISHI

"YARIMO'TKAZGICHLARDA XOLL EFFEKTINI O'RGANISH"

Maqsad: Xoll hodisasi bilan tanishish, Xoll doimiysini va yarimo'tkazgichdagi elektron tashuvchilarning konsentratsiyasini aniqlash.

Uskunalar:

modullar: "generator bloki", "multimetr bloki", "blokni o'rnatish maydoni va maydonni modellashtirish";

minibloklar: "Xoll effekti", "solenoidlar".

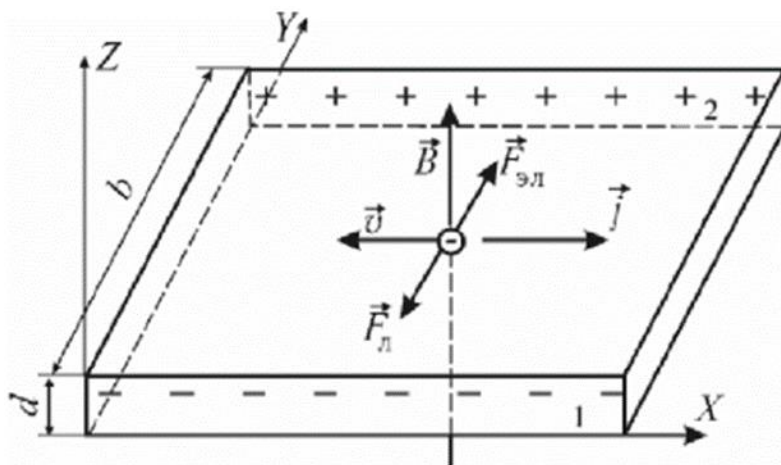
Kirish

Xoll effekti-tok zichligi j bo'lgan o'tkazgichda (yoki yarim o'tkazgichda) paydo bo'lishi, D magnit maydoniga joylashtirilgan, kuchlanish u vektorlarga perpendikulyar yo'nalishda va (1 – rasm). Effekt 1879 yilda amerikalik fizik E. G. Xoll tomonidan kashf etilgan bo'lib, u kuchlanish uchun quyidagi ifodani eksperimental ravishda aniqlagan:

$$U = R \frac{IB}{d} \quad (1)$$

bu yerda R-proportsionallik koeffitsienti (Xoll koeffitsienti) bo'lib, uning kattaligi o'tkazgichning kimyoviy tarkibiga, haroratga va tok tashuvchilarning zaryadlariga bog'liq;

I-namunadagi tok kuchi; B-magnit maydonning induksiyasi; d-namuna qalinligi.



1-rasm. Xoll effekti

Xoll effektining elementar nazariyasini ko'rib chiqing. Tok tashuvchilar erkin elektronlar bo'lsin (masalan, n-tipidagi metallar va nopoklik yarimo'tkazgichlarda). Namunadagi tok zichligi \vec{j} bo'lganda, elektronlar siljish tezligiga ega $\vec{v} \uparrow \downarrow \vec{j}$ agar tok o'tkazgichi magnit maydonga joylashtirilgan bo'lsa, u holda elektronga Lorents kuchi ta'sir qiladi;

$$\vec{F}_L = -e[\vec{v}, \vec{B}] \quad (2)$$

zaryadning Y o'qi yo'nalishi bo'yicha qayta taqsimlanishiga olib keladi (1 - rasmga qarang). Elektronlar yuzlardan biriga burilib, qarama-qarshi tomonga

kompensatsiyalanmagan musbat zaryad qoldiradi. Natijada, Y o'qi bo'ylab elektr maydoni paydo bo'ladi \vec{E}_y Lorentz kuchiga qarama-qarshi yo'naltirilgan $\vec{F}_{el} = -e\vec{E}_y$ kuchiga ega elektronga ta'sir qiladi. Statsionar holat shartga mos keladi

$$F_{el} = F_l \text{ yoki } eF_y = evB \quad (3)$$

chunki bu holda tezlik vektori $\vec{v}, \perp \vec{B}$ tenglamadan biz Holl maydon kuchini topamiz:

$$F_y = vB \quad (4)$$

va 1 va 2 yuzlar orasidagi potentsial farq (Xoll kuchlanishi):

$$U = \int_0^b E_y dy = vBb \quad (5)$$

bu erda B - Xoll maydonining yo'nalishi bo'yicha namunaning o'lchami. Elektron tezligini ifodalang v formulalar yordamida tok orqali:

$$I = jbd; \quad j = env; \quad v = \frac{I}{enbd} \quad (6)$$

namunadagi o'tkazuvchanlik elektronlarining konsentratsiyasi (5) tenglamaga muvofiq (6) formulani hisobga olgan holda Xoll kuchlanishini quyidagicha yozamiz

$$U = \frac{1}{en} * \frac{IB}{d} \quad (7)$$

Xoll koeffitsienti (m^3 / Cl) (1) va (7) ifodalarni taqqoslash orqali olinadi:

$$R = \frac{1}{en} \quad (8)$$

Tok tashuvchilarning (elektronlarning) kristall panjara bilan o'zaro ta'sirini hisobga oladigan yanada qat'iy nazariya Xoll doimiyligini beradi:

$$R = \frac{r}{en} \quad (9)$$

Xoll faktor -r qayerda; uning kattaligi > 1 va magnit maydonga, haroratga va namuna materialining xususiyatlariga bog'liq. Xona haroratida zaif qotishma germaniy uchun

$$r = 3\frac{\pi}{8}.$$

(8) formuladan kelib chiqadiki, Holl koeffitsientining belgisi aniqlanadi tok tashuvchilarning zaryad belgisi. Metall va yarimo'tkazgichlar uchun n-turi kattalik $R < 0$, va teshik o'tkazuvchanligi bo'lgan yarimo'tkazgichlar uchun (p-turi) $R > 0$.

Xoll effektini o'rganish usuli

(1) formulaga muvofiq Xoll kuchlanishi chiziqli ravishda magnit induksiyaga B va sensorida oqadigan tokga I bog'liq. O'rnatish U(B) va U(I) bog'liqliklarni olish va Xoll koeffitsientini eksperimental chiziqning burchak koeffitsientidan aniqlash imkonini beradi. Shaklning chiziqli bog'liqligi holatida $U=KB$ va (1) formulaga muvofiq burchak koeffitsientining qiymati

$$K = \frac{RI}{d} \quad (10)$$

Doimiy magnit maydonning manbai sifatida elektromagnitdan foydalanish mumkin. Elektromagnit bo'shliqdagi magnit maydon induksiyasining kattaligi B uning o'rashidagi I_{em} magnitlanish oqimiga chiziqli ravishda bog'liq emas. Shu bilan birga, B_{em} yadrosining magnitlanish egri chizig'ida formula amal qiladigan deyarli chiziqli qismni ajratish mumkin

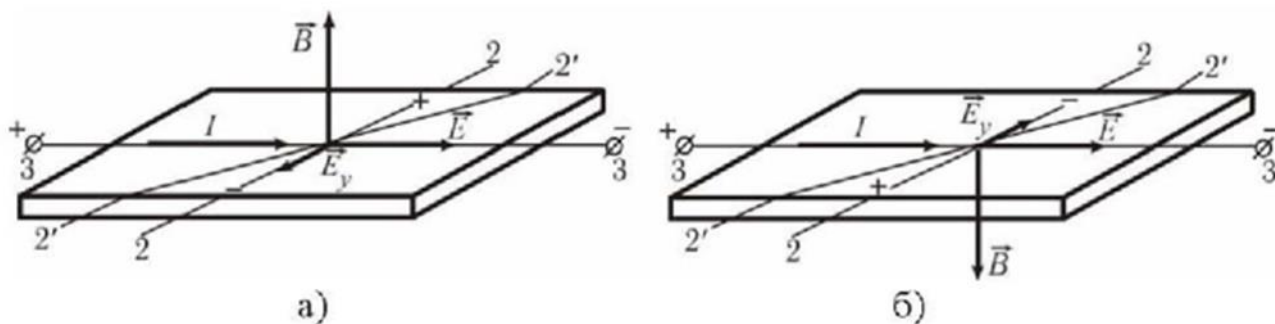
$$B = \frac{\mu_0 I_{em} N}{h} \quad (11)$$

bu erda $\mu_0 = 4\pi * 10^{-7}$ -magnit doimiy; N- elektromagnitning burilishlari soni; h -elektromagnit bo'shliqning qalinligi. Xoll kuchlanishini o'lchash vazifasi shundan iboratki, tajriba o'tkazilganda plastinkada nafaqat \vec{E}_y Xoll maydoni, balki sensorida tok hosil qiluvchi \vec{E} elektr maydoni ham mavjud (effektini kuzatish uchun ruxsat berilgan). 2 - rasmda ushbu o'zaro perpendikulyar maydonlar va Xoll kuchlanishini o'lchash uchun sensorga lehimplangan o'tkazgichlarning holati (2'-2') ko'rsatilgan. 2 - rasmda agar o'lchov kontaktlari chizig'i bo'lsa (2' - 2') ideal (2-2) dan ofset, bu tok chizig'iga mutlaqo normal bo'lishi kerak I (maydon \vec{E}), keyin 2-nuqtaning U_x potentsiali 2-nuqtaning ΔU potentsialidan kam bo'ladi. Bunday holda, o'lchangan qiymat Xoll kuchlanishidan (10 mkm $\Delta U=5mV$ siljish bilan) kamroq bo'ladi:

$$U_1 = U - \Delta U$$

2-rasmga qarang, biz (2'-2') chiziqda kuchlanishni o'lchash uchun faqat B magnit maydonining induksiya yo'nalishini o'zgartirish kifoya: $U_2 = U - \Delta U$. U_1 va U_2 qiymatlaridan foydalanib, noma'lum xato ΔU ni chiqarib tashlang:

$$U = \frac{(U_2 - U_1)}{2} \quad (12)$$



2 – rasm. Xoll kuchlanishini o'lchash

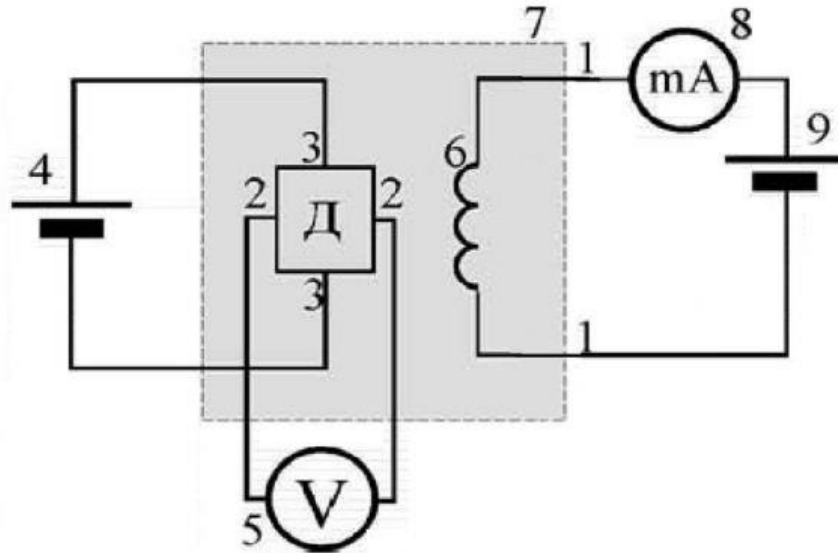
Ushbu texnikani eksperimental ravishda amalga oshirish uchun elektromagnit o'rashdagi IEM tokining yo'nalishi o'zgaradi. 2-rasmdan ko'rinib turibdiki, Xoll kuchlanishining qutubliligi ham o'zgaradi. Ammo ko'pincha bu qiymat $\Delta U \gg U$; ekanligi ayon bo'ladi; bunday holda, U_1 va U_2 o'lchangan kuchlanishlar bir xil belgiga ega va ularning qiymatlari $U_1=(\Delta U-U)$ va $U_2=(\Delta U+U)$ Holl kuchlanishini yarim kuch sifatida topishga imkon beradi:

$$U = \frac{(U_2 - U_1)}{2}$$

O'rnatish tavsifi

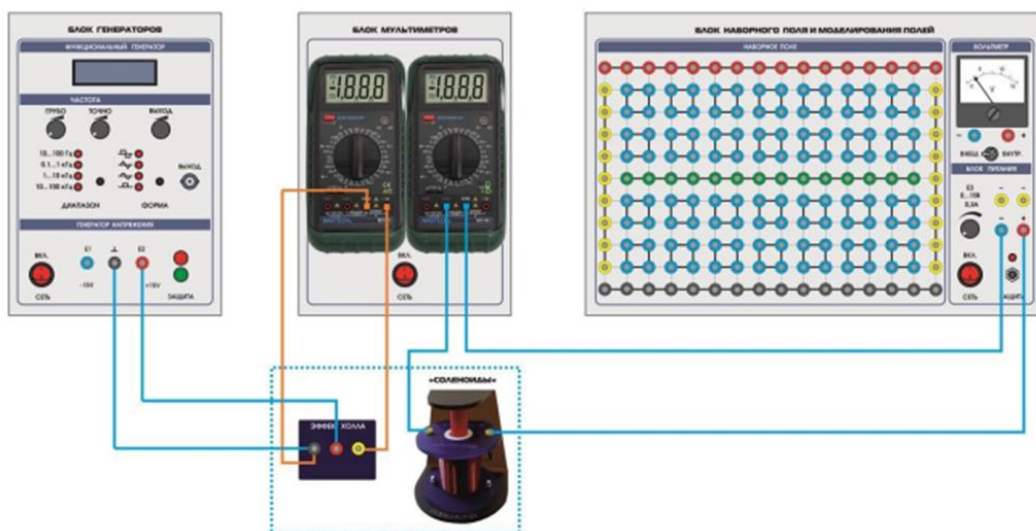
O'rnatishning elektr diagrammasi 3 - rasmda keltirilgan, sxema ulanishlar 4 - rasmda. Sinov namunasi - Xoll sensori (D) - bu xona haroratida teshik o'tkazuvchanligiga ega bo'lgan ingichka germaniy plitasi. Sensor elektromagnit 6 yadro

bo'shlig'iga joylashtirilgan va doimiy kuchlanish manbai 4 ga ulangan. Elektromagnit o'rash sozlanishi doimiy kuchlanish manbaiga ulangan 9. Elektromagnit o'rashdagi em tokning yo'nalishini o'zgartirish orqali amalga oshiriladi quvvat manbai ulanishining qutubliligi. I_{em} oqimi milliammetr bilan o'lchanadi 8. Xoll kuchlanishini o'lchash uchun 5 raqamli voltmetr mo'ljallangan.



3-rasm. elektr davri:

(1-1) - elektromagnit quvvat davri 6; 8 - multimetr (a - 200 ma rejimi, com kirishlari, ma); (2-2) - Xoll kuchlanishini o'lchash davri; 5 - multimetr (v-2 v rejimi, COM kirishlari, V); (3-3) - Xoll sensori quvvat davri d; 4-barqarorlashtirilgan doimiy kuchlanish manbai "+15 V"; 7 - Miniblok" Xoll effekti"; 9 - sozlanishi doimiy kuchlanish manbai "0... +15 V"



4 - rasm-ulanish sxemasi

Ishni bajarish tartibi o'lchovlarni bajarish

1. Jadvalga elektromagnitning burilish sonini N , bo'shliqning kengligini h va sensorning qalinligini d yozing.
2. 3 - rasmda ko'rsatilgan ulanish sxemasi bo'yicha elektr zanjirini yig'ing. Xoll effekt miniblok Xoll sensori va solenoiddan iborat.
3. Sxemani quvvat bilan ta'minlang. Buning uchun "tarmoq" modullarining quvvat kalitlarini "yoqish" holatiga o'tkazing.
4. "E3" quvvat manbaining chiqish kuchlanish darajasini regulyatori bilan I_{em} elektromagnit pallasida o'qituvchi ko'rsatmasi bo'yicha tok o'rnating (masalan, 10 mA).
5. 5-multimetr bilan 1-kuchlanishni U_1 o'lchang (elektromagnit o'rashdagi tokning bu yo'nalishi uchun).
6. Ulanish polaritesini o'zgartirib, I_{em} tokning yo'nalishini o'zgartiring quvvat manbai 9 va kuchlanishni o'lchang 2.
7. "E3" regulyatori yordamida I_{em} elektromagnit nargisidagi oqimni har ≈ 10 mA da oshirib, U_1 va U_2 kuchlanishlarni 5, 6-bandlarda o'lchang. Natijalar o'lchovlarni 1-jadvalga yozing.

1 - jadval

| O'rnatish parametrlari: $I=1\text{mA}$, $N=\dots$ burilishlar, $h=\dots\text{mm}$, $d=\dots\text{mm}$ | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-------------------------|---------------------|-------|--------|
| Hajmi | | | | | |
| N | I _{em} , mA | U ₁ , mV | U ₂ , mV | U, mV | B, mTl |
| 1 | 10 | | | | |
| 2 | | | | | |
| | | | | | |
| 10 | 10 | | | | |
| | | O'rta nuqta (1.1-ilova) | | | |

1. Modullarning quvvatini o'chiring.

O'lchov natijalarini qayta ishlash

1. Har bir I_{em} qiymati uchun magnit induksiya qiymatlarini B hisoblang, (11) formuladan foydalanib. Hisob-kitoblar natijalarini 1-jadvalga yozing.

2. (12) formula bo'yicha har bir magnit induksiya qiymati B uchun Holl kuchlanishini U hisoblang. Hisob-kitoblar natijalarini 1-jadvalga yozing.

3. Olingan ma'lumotlarga ko'ra, $U = f(B)$ bog'liqlik grafigini tuzing.

4. O'rta nuqta va nol orqali to'g'ri chiziq torting: ma'lum $U=0$ da $B=0$.

5. Eksperimental chiziqning burchak koeffitsientini K va uni aniqlang nisbiy xato δ_K (1-ilovaga qarang).

6. (10) formuladan foydalanib, tekshirilayotgan yarimo'tkazgich Xoll doimiyining qiymatini toping:

$$R = K \frac{d}{l} = \dots m^3 / K$$

7. Miqdorning nisbiy xatosini baholang R: $\delta_R = \sqrt{\delta_K^2 + \delta_l^2}$

8. (8) yoki (9) ifoda asosida teshiklarning konsentratsiyasini hisoblang n yilda tekshirilayotgan yarimo'tkazgich:

$$n = \frac{r}{Re} = \dots 1/m^3$$

9. Miqdorning ishonch oralig'ini toping n, nisbiy xato $\delta_n = \delta_R$.

10. Xulosa qilib aytganda, Xoll effektining qaysi naqshlari tekshirilganligini belgilang ishda va Xoll sensorining mumkin bo'lgan dasturlarini ko'rsating.

Nazorat savollari

1. Xoll effekti nima?

2. Xoll hodisasini kuzatish uchun qanday shartlar zarur?

3. Xoll zo'riqishining sababini ko'rsating.

4. Lorents kuchi harakatlanuvchi elektronga qanday ta'sir qiladi?

5. Xoll effektini kuzatayotganda yarimo'tkazgich plastinkasidagi elektr va magnit maydonlar uchun \vec{E} va \vec{B} vektorlarining yo'nalishini rasmda ko'rsating.

6. Plitaning qaysi yuzlari orasida Holl tarangligi paydo bo'ladi? Tok I va magnit maydonga B nisbatan yuzlarning holatini ko'rsating.

7. Ushbu ishda qanday qiymatlardan foydalanilishini o'lchash uchun:

a) milliampermetr, b) raqamli voltmetr?

8. Asboblar Xoll sensorining qaysi yuzlariga ulangan:

- a) milliampermetr,
- b) raqamli voltmeter?

9. Agar o'zgartirilsa, Xoll hodisasining kattaligi va parametrlari qanday o'zgaradi:

- a) sensorning ish oqimining kattaligi va yo'nalishi, b) elektromagnit o'rashdagi oqimning kattaligi va yo'nalishi?

10. Xoll doimiylikni hisoblash uchun yarimo'tkazgich plitasining o'lchami qanday?

11. Xoll kuchlanishini qanday o'lchash mumkin?

12. Yarimo'tkazgichdagi o'tkazuvchanlik elektronlarining konsentratsiyasini hisoblash uchun berilgan ishda ishlatiladigan formulalarni yozing.

7 - Laboratoriya ishi. “Kirxgofning birinchi qonunini tekshirish”.

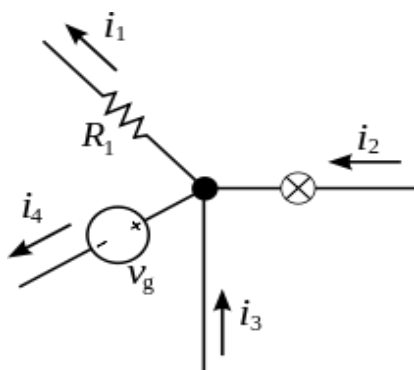
Ishning maqsadi: Kirxgofning birinchi qonunini eksperimental tekshirish.

Qisqacha nazariy ma’lumotlar. Kirxgof qoidalari (ko‘pincha adabiyotlarda Kirxgof qonunlari deb nomlanmagan) – har qanday elektr zanjirning tugunlarida tok va kuchlanish o‘rtasida amalga oshiriladigan munosabatlar. Kirxgof qoidalari to‘g‘ridan – to‘g‘ri, o‘zgaruvchan va kvazistatsionar tokning har qanday elektr davrlarini hisoblash imkonini beradi. [1] Ular ko‘p qirraliligi tufayli elektrotexnikada alohida ahamiyatga ega, chunki ular elektr zanjirlari nazariyasining ko‘plab masalalarini va murakkab elektr zanjirlarini amaliy hisob – kitoblarini yechish uchun mos keladi. Kirxgof qoidalarini chiziqli elektr zanjiriga tadbiq qilish toklar va kuchlanishlar uchun chiziqli tenglamalar tizimini olish va shunga mos ravishda zanjirning barcha tarmoqlari va barcha tugunlararo kuchlanishlardagi toklarning qiymatini topish imkonini beradi. 1845 – yilda Gustav Kirxgof tomonidan tuzilgan “Qoidalar” nomi to‘g‘riroq, chunki bu qoidalar tabiatning asosiy qonunlari emas, balki zaryadning saqlanishi va elektrostatik maydonning aylanish xususiyati asosiy qonunlardan kelib chiqadi (doimiy magnit maydon uchun Maksvelning uchinchi tenglamasi).

Kirxgof qoidalarini shakllantirish uchun elektr zanjirining tugun, tarmoq va zanjir tushunchalari kiritiladi. Tarmoq – bu sxemaga kiritilgan har qanday ikki qutbli tarmoq, masalan, 2-rasm R1, I1 bilan belgilangan segment tarmoqdir. Tugun – bu uch yoki undan ortiq shoxlarning ulanish nuqtasi (rasmda qalin nuqtalar bilan ko‘rsatilgan). Zanjir shoxlarning yopiq siklidir. Yopiq halqa atamasi zanjirning ba’zi tugunlaridan boshlab va bir necha tarmoq va tugunlardan bir marta o‘tib, siz asl tugunga qaytishingiz mumkinligini anglatadi. Bunday aylanib o‘tish vaqtida kesib o‘tiladigan shoxlar va tugunlar odatda ushbu zanjirga tegishli deb ataladi. Bunday holda, tarmoq va tugun bir vaqtning o‘zida bir nechta zanjirlarga tegishli bo‘lishi mumkinligini yodda tutish kerak.

Ushbu ta’riflar nuqtai nazaridan Kirxgof qoidalari quyidagicha tuzilgan.

Birinchi qoida



Tugunga qancha tok oqsa, undan shuncha tokoqib chiqadi. $i_2 + i_3 = i_1 + i_4$

Kirxgofning birinchi qoidasini shuni ko'rsatadiki, har qanday zanjirdagi har bir tugundagi toklarning algebraik yig'indisi nolga teng. Bunday holda, tugunga kiruvchi tok musbat, tugundan chiquvchi tok manfiy bo'ladi. Tugunga kiruvchi toklarning algebraik yig'indisi tugundan chiquvchi toklarning yig'indisiga teng

$$\sum_{j=0}^n I_j = 0$$

Boshqacha qilib aytadigan bo'lsak, tugunda qancha tok oqsa, undan yana shuncha tok oqib chiqadi. Bu qoida zaryad saqlanishining asosiy qonunidan kelib chiqadi.

Laboratoriya ishlarini bajarish tartibi:

1. O'rnatish panelining bo'sh o'rindiqlariga mini – rezistorli modullarni o'rnatish orqali elektr zanjirini yig'ing. Rezistor qiymatlari o'qituvchi tomonidan ko'rsatilgandek tanlanishi kerak. Ulagichlar yordamida o'tkazgichlarni, o'lchash moslamalarini va quvvat manbaini sxemaga ulang (1 – rasmga qarang). O'lchov moduli" blokining ampervoltmetrlarini joriy o'lchash rejimiga o'tkazing (o'zgarttirish tugmasi "I, mA" holati). E1 va E2 manbalarining chiqish kuchlanishi regulyatorlarini chapga burang (minimal holatga keltiring).



1 – rasm. Tajriba qurilmasi.

2. Elektr kabelidan foydalanib, monoblokni o‘zgaruvchan tok 220 V 50 Hz ga ulang.
3. Yoqish tugmachasini “BKJI” holatiga o‘tkazish orqali monoblokni yoqing.
4. E1 manbaning regulyatori yordamida chiqish kuchlanishini 15 V qiymatga keltiring. 1 – jadvalga ampermetrlarning ko‘rsatkichlarini yozing.
5. Elektron tugun uchun Kirxgofning birinchi qonuni bo‘yicha tenglama tuzing va unga o‘lchangan toklarning qiymatini qo‘ying., tarmoqlangan elektr zanjirini hisoblashda Kirxgofning birinchi qonuni bajarilganligiga ishonch hosil qiling.
6. Rezistorlarning qarshilik qiymatlarini o‘zgartiring va tajribani takrorlang.

1 – jadval.

| Rezistorlarning qiymati, Om | | | |
|--------------------------------------|--------|--------|--------|
| R1, Om | R2, Om | R3, Om | R4, Om |
| | | | |
| O‘lchov asboblarning ko‘rsatkichlari | | | |
| E1, V | I1, mA | I2, mA | I3, mA |
| | | | |

“Kirxgofning ikkinchi qonunini tekshirish.

Ishning maqsadi: Kirxgofning ikkinchi qonunini eksperimental tekshirish.

Qisqacha nazariy ma'lumotlar:

Kirxgofning ikkinchi qoidasi (Kirxgofning kuchlanish qoidasi) har qanday yopiq kontaktlarning so‘nishiga olib kiruvchi barcha tarmoqlardagi kuchlanish tushushining algebraik yig‘indisi ushbu zanjirning tarmoqlari EYuK ning algebraik yig‘indisiga teng ekanligini bildiradi. Agar sxemada EYuK manbalari (ideallashtirilgan kuchlanish generatorlari) bo‘lmasa, u holda kuchlanishning umumiy pasayishi nolga teng.

doimiy kuchlanish uchun:

$$\sum_{k=1}^n E_k = \sum_{k=1}^m U_k = \sum_{k=1}^m R_k I_k;$$

o‘zgaruvchan kuchlanish uchun:

$$\sum_{k=1}^n e_k = \sum_{k=1}^m u_k = \sum_{k=1}^m R_k i_k + \sum_{k=1}^m u_{Lk} + \sum_{k=1}^m u_{Ck}.$$

Bu qoida Maksvellning 3 – tenglamasidan kelib chiqadi, statsionar magnit maydonning xususiy holatida. Boshqacha qilib aytadigan bo‘lsak, konturni to‘liq chetlab o‘tilganda o‘zgaruvchan potensial asl qiymatiga qaytadi. Bitta sxemadan iborat bo‘lgan sxema uchun ikkinchi qoidaning alohida holati bu sxema uchun Om qonunidir. Kuchlanish tenglamasini tuzishda siz musbat yo‘nalishini tanlashingiz kerak. Bunday holda, tarmoqdagi kuchlanishning pasayishi, agar ushbu tarmoqning aylanib o‘tish yo‘nalishi tarmoq tokining oldindan tanlangan yo‘nalishiga to‘g‘ri kelsa, musbat va aksincha holatda bo‘lsa manfiy hisoblandi (pastga qarang).

Kirxgof qoidalari tok va kuchlanish vaqtidagi o‘zgarishlarning har qanday tabiati uchun chiziqli va chiziqli bo‘lmagan zanjirlar uchun amal qiladi.

Laboratoriya ishini bajarish tartibi:

1. O'rnatish panelining bo'sh o'rindiqlariga mini – rezistorli modullarni o'rnatish orqali elektr zanjirini yig'ing. Rezistor qiymatlarini o'qituvchi tomonidan ko'rsatigandek tanlanishi kerak. Birlashtiruvchi o'tkazgichlardan foydalanib o'lchash asboblari va quvvat manbaini ulang (2 – rasmga qarang). "Измерительный модуль" blokining amper – voltmetrlarini kuchlanishni o'lchash rejimiga o'tkazing (o'zgartirish tugmasi "U, V" holati). E1 va E2 manbalarining chiqish kuchlanish regulyatorlarini chapga burang (minimal qiymatga keltiring).



2 – rasm. Tajriba qurilmasi.

2. Elektr kabelidan foydalanib, monoblokni 220 V 50 Hz o'zgaruvchan tok tarmog'iga ulang.
3. Yoqish tugmachasidan "BKJI" holatiga o'tkazish orqali monoblokni yoqing.
4. E1, E2 manbalarining chiqish kuchlanish regulyatorini mos ravishda 15 V va

- 9 V ga qo‘ying. Voltmetrlarning ko‘rsatkichlarini 2 – jadvalga yozing.
5. O‘lchov asboblari sxemaga ulang, I1, I2, I3 yo‘nalishidagi toklarni va UR1, UR2...UR5 zanjirining passiv qismlaridagi kuchlanishni o‘lchang, ma’lumotlarni 2 – jadvalga yozing.
 6. O‘lchangan toklarning qiymatlaridan foydalanib va rezistorlarning qarshiligini bilgan holda, Ohm qonuniga binoan, $U = I \cdot R$ formulasi yordamida rezistorlar bo‘ylab kuchlanish pasayishini hisoblang. Olingan natijalarni 2 – jadvalga yozing.
 7. Elektr zanjirning ikkita zanjiri uchun Kirxgofning ikkinchi qonuni bo‘yicha tenglamalar tuzing, o‘lchangan kuchlanishlarni unga almashtiring va Kirxgofning ikkinchi qonuni bajarilganligiga ishonch hosil qiling.
 8. Rezistorlarning qarshilik qiymatlarini o‘zgartiring va tajribani takrorlang.

1 – jadval.

| Rezistorlarning qiymati, Ohm | | | | |
|-----------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| R1, Ohm | R2, Ohm | R3, Ohm | R4, Ohm | R5, Ohm |
| | | | | |
| O‘lchov asboblari ko‘rsatkichlari | | | | |
| E1, V | E2, V | I1, mA | I2, mA | I3, mA |
| | | | | |
| UR1, V | UR2, V | UR3, V | UR4, V | UR5, V |
| | | | | |
| Hisoblash natijalari | | | | |
| U1, V | U2, V | U3, V | U4, V | U5, V |
| | | | | |

Nazorat savollari

6. Tarmoqlangan va tarmoqlanmagan elektr zanjiri deb nimaga aytiladi?
7. Elektr zanjirning tuguni deb nimaga aytiladi?
8. Elektr zanjirning tarmog‘i deb nimaga aytiladi?

9. Kirxgofning birinchi qoidasining formulasini yozing.
10. Kirxgofning ikkinchi qoidasining formulasini yozing.
11. Tarmoqlangan elektr zanjirini hisoblashda Kirxgof qoidalarini qo'llash metodologiyasi qanday?
12. Musbat kuchlanish yo'nalishini tanlash tokning musbat yo'nalishiga bog'liqligi?
13. Elektr toki nima?
14. Tokning kattaligini (kuchini) aniqlang.
15. Potensiallar farqini (kuchlanish) aniqlang.
16. Potensial va kuchlanish orasidagi bog'liqlik formulasini yozing.
17. Rezistor nima?
18. Ketma – ket ulangan rezistorlar qarshiligi formulasini yozing.
19. Parallel ulangan rezistorlar qarshiligi formulasini yozing.
20. EYuK manbasini qanday belgilar tavsiflaydi?

8 – LABORATORIYA ISHI. “QARSHILIK VA SIG‘IMNI O‘Z ICHIGA OLGAN ZANJIRNING VAQT KONSTANTASINI ANIQLASH”.

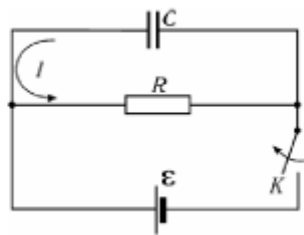
Maqsad: Kondensatorning zaryadsizlanishi vaqtida kuchlanishning o‘zgarish qonunini o‘rganish, RC zanjirining vaqt konstantasini va uning qarshiligini aniqlash.

Uskunalar:

- modullar: “Multimetrlar bloki”, “blokni o‘rnatish maydoni va maydonni modellashtirish”;
- minibloklar: "Kondensator 0,1 mkΦ", "Kondensator 1 mkΦF".

Kirish

Kondensatorni zaryad qilish yoki zaryadsizlantirishda, kontaktlarning so‘nishiga olib keladigan o‘zgaruvchan elektr toki oqadi (1-rasm). Agar bu tok I juda tez o‘zgarmasa va vaqtning har bir daqiqasida I oqimning qiymati kontaktlarning zanglashiga olib keladigan barcha nuqtalarida bir xil bo‘ladigan tarzda o‘zgarmasa, to‘g‘ridan-to‘g‘ri I oqim qonunlari tokning oniy qiymatlari uchun amal qiladi. joriy. Bunday sekin o‘zgaruvchan toklar kvazstatsionar deb ataladi.



1 - rasm. Kondensator zaryadi.

l uzunlikdagi zanjirdagi tok deyarli bir zumda o‘rnatilsa, kvazstatsionar bo‘ladi, ya‘ni agar uni o‘rnatish vaqti, $\frac{l}{c}$ ($c = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$ – elektromagnit maydon yorug‘lik tezligi) elektromagnit τ dan ancha kam bo‘lsa τ - bu sxemaning joriy o‘zgarish vaqti. Eksponensial qonun bo‘yicha tok o‘zgarganda, $\frac{l}{c} \ll T$ ning qiymati kontaktlarning so‘nishiga olib keladigan vaqt konstantasi deb ataladi T - tokning $e = 2,71$ marta o‘zgargan vaqti, elektr tebranishlarida esa toklarning kvazstatsionarliligi sharti.

O‘lchash usuli

Ushbu yo‘riqnomada RC zanjirining vaqt konstantasini o‘lchash R qarshilik orqali kondensatorni zaryadsizlantirish jarayonini o‘rganishga asoslangan.

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

Bu erda Q - kondansatör zaryadi, uning qoplamlaridagi U kuchlanishiga mutanosib,

$$Q = CU \quad (2)$$

C -kondensatorning sig‘imi . Om qonuniga ko‘ra, kvazstatsionar tok.

$$I = \frac{U}{R} \quad (3)$$

(1), (2), (3) munosabatlaridan foydalanib, vaqt o'tishi bilan kondensator kuchlanishining o'zgarishini tavsiflovchi differensial tenglama tuzamiz.

$$\frac{dU}{dt} = -\frac{U}{RC}$$

Ushbu tenglamadagi o'zgaruvchilarni bo'lish va uni boshlang'ich moment $t = 0$ (kuchlanish U_0) dan joriy t (kuchlanish U) ga integrallash orqali hosil qilinadi.

$$\int_{U_0}^U \frac{dU}{U} = -\frac{1}{RC} \int_0^t dt$$

biz kondensator kuchlanishining vaqtga bog'liqligini olamiz (2-rasm):

$$U = U_0 e^{-\frac{t}{RC}}, \text{ yoki } U = U_0 e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (4)$$

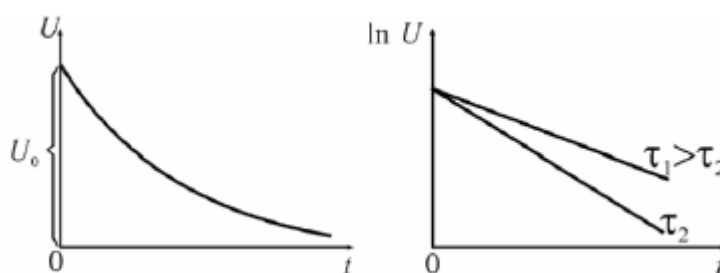
Bu erda τ - sig'im va qarshilikni o'z ichiga olgan zanjirning vaqt konstantasi,

$$\tau = RC \quad (5)$$

Logarifmni olib, (4) bog'liqlikni chiziqli qilamiz:

$$\ln U = \ln U_0 - \frac{t}{\tau} \quad (6)$$

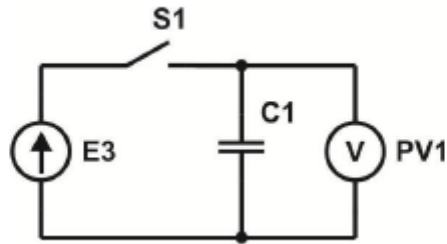
Ushbu chiziqli munosabatlarning grafigi 2 - rasmda ko'rsatilgan. Shunday qilib, kuchlanishning kondensator vaqtga bog'liqligini o'rganib, eksperimental ravishda aniqlash mumkin: RC zanjirining vaqt konstantasini, kontaktlarning zanglashiga olib keladigan R qarshiligini, agar C sig'im ma'lum bo'lsa, kondensator sig'imi, agar R qarshilik ma'lum, bu orqali u zaryadsizlanadi.



2 – rasmda. Kuchlanishning kondensatorga bog'liqligi va uning tabiiy logarifmi vaqtdan.

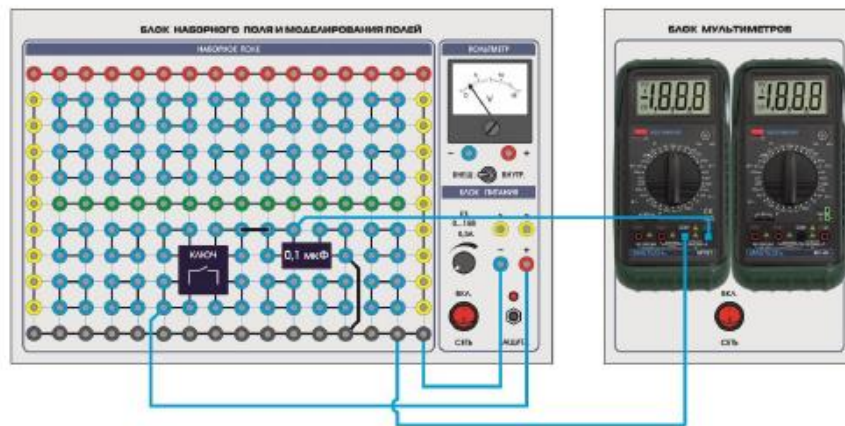
O'rnatishning tavsifi

O'rnatishning elektr diagrammasi 3 - rasmda ko'rsatilgan. ulanish diagrammasi 4 – rasmda.



3 – rasmda. elektr davri E3 - sozlanishi doimiy kuchlanish manbai "0 ... 15V"; PV1 - multimetr (rejim V 20V, COM, V \bar{O} kirishlari); S1 - miniblok "Kalit"; C - miniblok "Kondensator 0,1 uF".

Kondensator C doimiy kuchlanish manbai E3 dan U_0 kuchlanishgacha zaryadlanadi. Keyin S1 kaliti ochiladi va kondansator unga ulangan PV1 voltmetri orqali zaryadsizlana boshlaydi, bu katta kirish qarshiligiga ega R. PV1 voltmetridan foydalanib, siz kondansatkichdagi kuchlanishning joriy qiymatini kuzatishingiz mumkin, bu ko'rsatkichga ko'ra o'zgaradi. yuqoridagi qonunga (4).



4 – rasm.

Ishni bajarish tartibi

O'lchovlarni bajarish

1. 4 - rasmda olingan ulanishlar sxemasiga muvofiq elektr zanjirini yig'ing.
2. "Kombinatsion maydon birligi", "Multimetr birligi" modullarining quvvat manbaini yoqing - "CETb" tugmachasini "BKJI" holatiga o'tkazing. S1 tugmachasini yoping.
3. Elektr ta'minotida "E3 0 ... 15V" tugmachasini aylantirib, kondansatkichdagi kuchlanishni 10 dan 15 V gacha (o'qituvchining ko'rsatmasi bo'yicha) o'rnatib.
4. Kondensatorni regulyatsiya qilingan doimiy kuchlanish manбайдan ajrating? S1 kalitini ochib, kondansator har 5 soniyada zaryadsizlanayotganda, voltmetr ko'rsatkichlarini 1-jadvalga yozing.
5. Ikkinchi C2 kondensatorini (1 μ F) C1 kondansatoriga parallel ravishda ulang va parallel ulangan kondensatorlar uchun bir xil o'lchovlarni takrorlang
6. Modullarga quvvatni o'chiring.

| t, c | C ₁ = 0,1 мкФ | | C _{парал} = ... мкФ | |
|---------------|--------------------------|-------------------|------------------------------|-----------------------|
| | U ₁ , В | ln U ₁ | U _{парал} , В | ln U _{парал} |
| 0 | | | | |
| 5 | | | | |
| 10 | | | | |
| 15 | | | | |
| 20 | | | | |
| 25 | | | | |
| 30 | | | | |
| 35 | | | | |
| 40 | | | | |
| 45 | | | | |
| 50 | | | | |
| 55 | | | | |
| Средняя точка | | | | |
| | | | | |

O'lchov natijalarini qayta ishlash

7. Hisoblang va 1-jadvalga yozing. Parallel ulanish formulasi bo'yicha Spiral kondensatorning sig'imini:

$$C_{parallel} = C_1 + C_2 = \dots mk\Phi$$

2. C₁ kondensator uchun bir maydonda joylashgan U₁ = f(t) va ln U₁ = f(t) grafik tuzing, C_{parallel} uchun kuchlanish U chap koordinata, ln U esa o'ng koordinatasida U_{parallel} = f(t) va ln U_{parallel} = f(t) tuzing.

3. Grafiklardan U₁ = f(t) va ln U₁ = f(t) burchak koeffitsientlari K₁ va K_{parallel} Zanjir doimiy vaqti $\tau_1 = -\frac{1}{K_1}$ va $\tau_{parallel} = -\frac{1}{K_{parallel}}$ har bir uchun sig'im qiymatini aniqlang.

4. Har bir sig'im qiymati uchun (5) formula bo'yicha 65oltmeter R ning qarshiligini hisoblang:

$$R_1 = \frac{\tau_1}{C_1} = \dots Om, R_{parallel} = \frac{\tau_{parallel}}{C_{parallel}} = \dots Om,$$

5. Kattaliklar o'zgargandagi xatoliklarni baholang:

$$\delta_{R_1} = \sqrt{\delta_{C_1}^2 + \delta_{K_1}^2} \cong \delta_{K_1} \text{ va } \delta_{R_{parallel}} = \sqrt{\delta_{C_{parallel}}^2 + \delta_{K_{parallel}}^2} \cong \delta_{K_{parallel}}$$

Bu yerda δ_{K_1} va $\delta_{K_{parallel}}$ - burchak koeffitsient xatoligi

8. Ish bo'yicha xulosada olingan tajriba bog'liqliklarini tahlil qiling va vaqt konstantasini aniqlash usulining to'g'riligini baholang.

Nazorat savollari

1. Qanday tok kvazstatsionar deb ataladi? Elektr tokining kvazstatsionarlik shartini tuzing.
2. Kondensator zaryadsizlanganda kuchlanishning vaqtga bog'liqligini olish uchun qanday fizik qonunlar va formulalar qo'llaniladi?
3. Kondensator zaryadsizlanganda quyidagi miqdorlar vaqt o'tishi bilan qaysi qonunga muvofiq o'zgaradi: 1) plastinaning zaryadi, 2) kondansatör kuchlanishi, 3) RC zanjiridagi tok?
4. Sxemaning vaqt konstantasi deb qanday qiymatga aytiladi va u nimani ko'rsatadi?
5. RC sxemasining vaqt konstantasi ushbu sxemaning parametrlari bilan qanday bog'liq?
6. O'lchovlar vaqtida multimetrning ish rejimini belgilang: o'lchov qiymati, rejim va qurilmani ulash uchun kirishlar.
7. O'rganilayotgan elektr zanjiridagi quvvat manbai nimadan iborat?
8. $\ln U = f(t)$ qaramlik grafigini qurishdan maqsad nima?
9. Eksperimental bog'liqlikning ko'rsatkichli ekanligini qanday ko'rsata olasiz?
10. Tarkibida R va min bo'lgan zanjirning vaqt konstantasi tajriba yo'li bilan qanday aniqlanadi?
11. Bu ishda voltmetrning qarshiligi qanday o'lchanadi?
12. Ishda quyidagi kattaliklarni aniqlash uchun qanday formulalar qo'llaniladi:
 - a. zanjirning vaqt konstantasi,
 - b. multimetrning qarshiligi?
13. Ishda vaqt konstantasini aniqlashdagi xato qanday baholanadi?

9 - Labarotoriya ishi. “Tebranish konturida so`nuvchi elektr tebranishlarni o`rganish”

Maqsad: So`nuvchi elektr tebranishlarni kuzatish , tebranish konturi xarakteristikasini o`rganish: tebranishlar davri T , so`nuvchi logarifm dekrementi λ , konturning kritik qarshiligi R_{kr} .

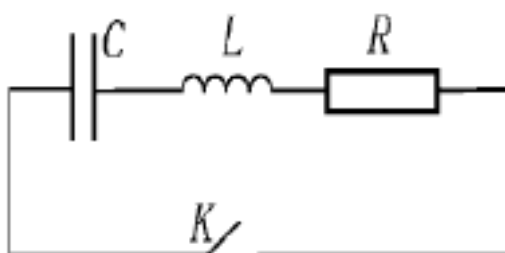
Kerakli asbob-uskanalar:

- <<Yig`ilgan maydon bolki va maydon modeli>> modullari;
- Minibloklar:<<kalit>>,<<rezistr 10 Om>>, rezistr 100 Om>>, <<kondensator 2 mkΦ>>, <<kondensator 1mkΦ>>, <<induktivlik L_x >>;
- Ossilograf;

(1-rasm)dagi kabi yig`ilgan ossilograf DSO ekranida so`nuvchi tebranishlar kuzatiladi. Iashlash prinsipi kondensator zaryadlanganda uning xususiyatlarini o`zgartirilganda tebranish pallasining xususiyatlarini o`rganishda susayagan tebranishlarni olishdir.

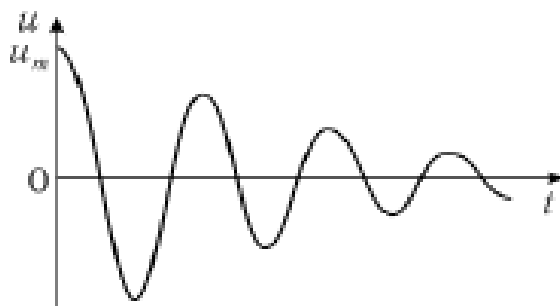
Kirish

Tebranish konturi- bu o`z ichiga olgan induktivlik L va sig`im C elektr zanjri (2.1.1 rasm).



1 – rasm – tebranish konturi: C- kondensator; L-induktivlik katushkasi; R-aktiv qarshilik; K-kalit

Agar kondensator zaryadlanib va shundan so`ng konturga energiya berib,so`ng K kalit bilan kontur yopilsa kondensator razryadlanishni boshlaydi. Tajriba shuni ko`rsatadiki, zanjirda o`zgaruvchan tok paydo bo`lib boshlaydi.bu quyidagicha tushuntiriladi, oqayotgan tok razryadi EYuK o`zinduksiya paydo bo`lishi bilan birga kuzatiladi, boshida tok o`shishiga to`squinlik qiladi, ammo zaryadlanish oxirida tok o`zining oldingi yo`nalishi bo`yicha oqishiga yordam beradi.Natijada kondensator qayta zaryadlanishni boshlaydi. Maksimal zaryadga yetguncha uning qoplamlari yana zaryadlanish protsses boshlaydi, shu bilan bir vaqtda tok konturda o`z yo`nalishini o`zgartiradi.



2-rasm. So`nuvchi tebranish

Kondensator zaryadlanganda tok oqishi natijasidagi energiya , rezistor R da qilinuvchi issiqlik energiyasiga aylanadi. Shuning uchun tebranish so`nadi. 2- rasmda kuchlanish $u=q/C$ kondensator qoplamlari orasida vaqt bo`yicha o`zgarish rafigi keltirilgan. Kuchlanish o`zgarish qonuni keyingi ko`rinishi quyidagicha

$$U(t) = U_m e^{\delta t} \cos(\omega t + \alpha) \quad (1)$$

Bu yerda, $U(t)$ - birlik vaqt ichidagi kuchlanish, U_m - kuchlanish boshlang`ich amplitudasi, ω - so`nuvchi tebranish siklik chastotasi, t - zaryad boshlangan vaqt, α - boshlang`ich faza, δ - so`nish koefitsienti

$$\delta = \frac{R}{2L} \quad (2)$$

So`nuvchi tebranish siklik chastotasi zanjir parametrlari bilan aniqlanadi uning induksiyasi L, sig`imi C va aktiv qarshiligi R:

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2} \quad (3)$$

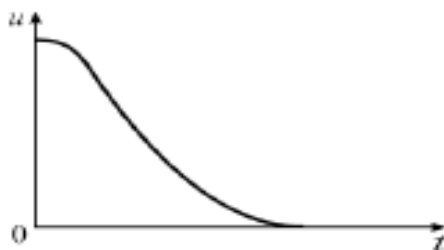
Bu yerda, ω_0 - kontur xususiy chastotasi

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (4)$$

So`nuvchi tebranish davri

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \delta^2}} \quad (5)$$

katta, $T = \frac{2\pi}{\omega_0}$ ga qarganda va shunday (2)-(5) chi formulalarga ko`ra undan farq qilsa , shuncha δ kattalik katta. $\delta \gg \omega_0$ bo`lsa tebranish davri $T = 2\pi\sqrt{LC}$ ga teng. Bu shuni anglatadiki, zanjirda tebranish kondensator aperoidik zaryadiga almashishi mumkin (3-rasm).



3-rasm. Aperiodik zaryad

Kontur qarshiligida vujudaga keluvchi bu zaryad kritik zaryad deb ataladi. R_{kr} kattalik $\delta = \omega_0$ bo`lganda va (2),(4) formulalarga ko`ra quyidagi ko`rinishda ifodalanadi

$$R_{kr} = 2\sqrt{\frac{L}{C}} \quad (6)$$

So`nuvchi tebranishni so`nuvchi logarifmik dekrement xarakterlaydi:

$$\lambda = \ln \frac{U_t}{U_{t+T}} \quad (7)$$

Bu yerda, U_t va U_{t+T} - bir vaqt momentlaridagi kuchlanish amplitudalari, ular davri bo`yicha farqlanadi. Shunga ko`ra tebranish qonuni bilan (1) bizda quidagi hosil bo`ladi :

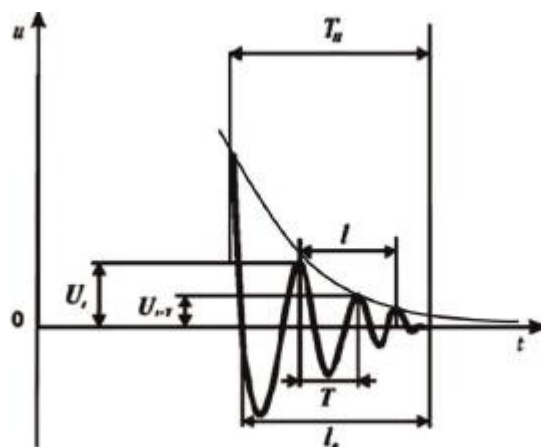
$$\lambda = \delta T \quad (8)$$

O`lchash metodikasi

So`nuvchi tebranish kuchlanishi U bilan kondensator qoplamlarini kuzatish uchun tebranish konturi Y ossillografga kirish beradi. Bunda kondensator doimiy kuchlanish manbai E3 ga ulangan. Kondensatorga berilgan birinchi kuchlanish U yarmi EYuK manbaiga teng. Kuchlanish yarmi o`tkazilgandan so`ng $U = 0V$ ga teng bo`lib qoladi. Konturda erkin so`nuvchi tebranish boshlanadi. 4-rasmda bu tebranishlar ossillogrammasi ko`rsatigan.

So`nuvchi tebranishlar parametrlari ossillogrammada o`lchash

Kuchlanish amplitdolari U_t va U_{t+T} (2.1.4-rasm), logarifmik dekrementi λ ni (7) formula bo`yicha aniqlash uchun kerak bo`lb, shkalali Y ossillografda o`lchash mumkin.



4-rasm . Ossillogramma

Tebranish davri T ni o`lchash uchun ma`lum bo`lgan T_i davrni ossillograf vaqt koordinatalari bo`yicha aniqlab o`lchalad. Bundna oldin X o`qi uzunlik o`lchov biligini (s/uzunlik) ko`rinishida aniqlanadi

$$m = \frac{T_i}{l_0}$$

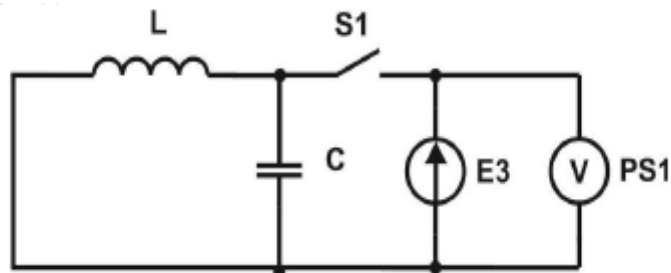
Naijada, so`nuvchi tebranishlar davri quyidagicha:

$$T = \frac{ml}{n} = \frac{T_i l}{nl_0}$$

Bu yerda, l_0 - uzunlik, shunga ko`ra ajratilgan vaqt tebranish davri T_i ga teng(3 va 4- rasmlar); $n-1$ uzunlik koordinatalarda ajratilgan to`la tebranishlar butun soni. Aniqlangan λ va T lar (8) formula yordamida eksperimental ahamiyatga ega bo`lgan so`nish koefitsienti δ aniqlanadi. Kritik konturur qarshiligi R_{kr} bajarilgan tajriba bo`ylab konturning R aktiv qarshiligini oshirishi kabi $U(t)$ bog`lanish o`zgarishini kuzatadi. Aperiodiocheski zaryad kondensatorlari chiqish rejimini ko`rsatish belgilari bu $U(t)$ uchi hisoblanib, u tebranishni o`z ichiga olmaydi (1- rasm).

O`natish yo`riqnomasi

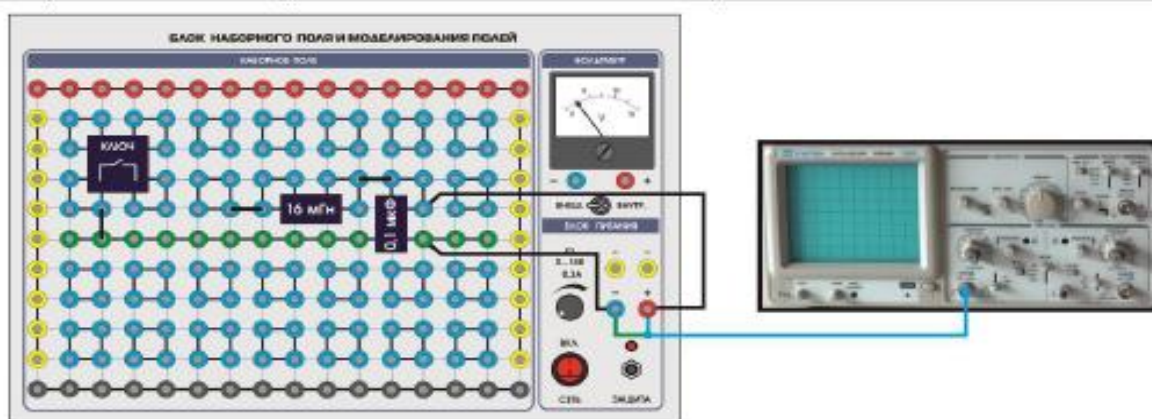
Elektr zanjir sxemasi 5-rasmda keltirilgan, yig`ilgan sxema esa 6-rasmda. O`rganilayotgan tebranish konturi katushkalr bilan ma`lum induktivlik L , rezistr R va ma`lum kondensator sig`imi C lar kelma-ket birlashtirilgan.



5-rasm – Elektr sxemasi: S1-miniblok ”kalit”; L-miniblok “Induktivligi L_x ”; C-miniblok “kondensator 2.2 mkΦ” U_Y - ossillograf Y kirish signali; E3- doimiy aylanish kuchlanish manbai 0... 15V; PS1-ossillograf.

Kuchlanish U_y , tebranish konturi kondensatoridan ossillograf Y ga kirishiga beriladi. Unin ekranida qo`llaniladigan masshtabli panjara $U(t)$ bog`liqlik parametrlarini o`lchash imkonini beradi: amplituda va susayish tebranish davri.

Hamda $U(t)$ ossillogrammisida tebranish , kondensator aperiodichiskiy zaryadiga o`tishi kuzatiladi. Unga yetish uchun qarshilik magazini yordamida kontur qarshiligi oshiriladi.



6-rasm. Yig`ilgan sxema.

Ish bajarish tartibi.

O'lchashlarni bajarish

1. Elekt zanjirni sxemada ko`rsatilganday yig`ing, 6-rasmda ko`rsatilganday.
2. Ossillografni yoqing va elektr nurni ekran markazida ko`rsating.

O`rnatishni kalibrlash

3. Modulga quvvat bering- “yoqish” tugmachasini “o`chirish” tugmachasiga keltiring.
4. 4-rasmda keltirilgandek ossillografda ossillogramm grafik olinadi. Egri chiziqning barqaror tasviri ossillogrammni skanerlash chastotasini sozlash tugmachalari va sinxroniztsiya bloki bila sozlash orqali ta`minlanadi, ossillogrammaning kerakli o`lchamlari “X jadalik” va “Y jadallik” tugmachalari yordamida o`rnatilishi mumkin. Shu bilan birga , X o`qi bo`yicha jadallikni o`zgartirib , l_0 qism butun ekranni egallashiga erishing . Erishilgan l_0 1-jadvalga yozing.
5. 1 - jadvalga keyingi parametrlarni kiriting: L- g`altaklar induktivligi; C- kondensator sig`imi. $R_k=30\text{Om}$ g`altak aktiv arshiligi.

1- jadval

| $C,$ мкФ | $L,$ мГн | $R,$ Ом | $R_{kr},$ Ом | $l_0,$ с | $l,$ с | n | $U_t,$ Δελ. | $U_{t+T},$ Δελ. | $R_{kr},$ кОм |
|-------------|-------------|------------|-----------------|-------------|-----------|-----|----------------|--------------------|------------------|
| 0,1 | 16 | 470 | | | | | | | |
| 1 | 16 | 100 | | | | | | | |
| C_x | L_x | 10 | | | | | | | |

Tebranish konturi parametrlarini o`lchash

6. Ossillogramma tebranish kuchlanishi $U(t)$ ni ekrandan list varog`iga o`tkazing. Koodinatali ekranda yoki lineyka yordamida maydonni o`lchang.
7. l va l_0 kattaliklarni , U_t va U_{t+T} amplitudalarni aniqlang (ularni aniqroq hisoblash uchun o`lchangan koordinatani ekranning markaziy chizig`iga o`tkazing) to`la tebranishlar sonini , l uzunlikni o`lchang. Ushbu natijalrni 1 - jadvalga yozing.
8. “Maydon nabor bloki” va ossillograf modul quvvatini o`chiring.
9. “Rezistor 100Om” miniblokini o`rnating.
10. “Maydon nabor bloki” va ossillograf modul quvvatini yoqing.
11. So`nuvchi tebranishlar o`zgarishini kuzating. 4-rasmda ko`rsatilgan, ossillografda olingan minimal zanjir qarshiligi $R_{kr} = R_k + R$. Olingan R_{kr} ni 1 - jadvalga yozing.
12. “Maydon nabor bloki” va ossillograf modul quvvatini o`chiring.
13. Navbatma-navbat qarshilik R, sig`im C, g`altaklar L ni o`rnating va eksperimentni takrorlang. Ma`lumotlarni 1 - jadvalga yozing.

O'lov natilalarini qayta ishlash.

1. Kontur tebranish xususiy chastotasi f_0 , logarifmik decrement λ , so'nish koefitsienti δ , tebranish davri T va kontur kiritik qarshiligi R_{kr} hisob-kitoblari (p) va eksperimental (e) miqdorlarni kiriting. 2-jadvalda ko'rsatilgan raqamli kataklar qiymatlar kiritish uchun mo'ljallangan, qiymatlarni aniqlash uchun formulalar bilan ishlang.

2-jadval

| f_0 | | λ | δ, c^{-1} | | T, mc | | R_{kr}, kOM | |
|-------|-------|-----------|------------------|-------|---------|-------|---------------|-------------------|
| э | P (4) | э (7) | p (2) | э (8) | p (5) | э (9) | p (6) | э ($R_k + R_p$) |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Eslatma. Eksperiment vaqtida so'nish koefitsienti hisoblanganidan katta ekanligiga e'tibor bering, chunki g'altak o'zagida magnitlanish tufayli energiya yo'qotilishi kuztiladi.

2. Analizda olindan ma'lumotlardan xulosa qiling:
 - a) Ossillograf xarakteristik o'zgarishi va kontur qoplamalari o'zgarganda kontur parametrlari o'zgarishini ko'rsating;
 - b) Zanjir aktiv qarshiligi oshishi kabi $U(t)$ bog'liqlik o'zgarishini yozing;
 - c) Eksperimentlarda olingan qiymatlar T_6 va R_{kr} hisoblarda olingan miqdorlari bilan solishtiring.

Nazariy savollar

1. Qanday qonun bo'yicha tebranish konturda zaryadlanayotgan kondensator R,L,C o'z ichiga olib o'zgaradi va keyingi kattaliklar:
 - a) Kondensator kuchlanishi.
 - b) Qoplamlardagi zaryad
 - c) Zanjirdagi tok
2. Qaysi formulalar tebranish xarakteristikasidan tebranish parametrlari orasidagi bog'liqlikni ko'rsatadi:
 - a) Aylanish chastotasi va so'nuvchi tebranish davri
 - b) So'nuvchi tebranishlar koefitsienti
 - c) Kontur kritik qarshiligi
3. R,L,C larni o'z ichiga olgan konturning qaysi parametrlari o'zgartirilganda:
 - a) So'nish davri va so'nmas tebranishlar qiymatlari yaqinlashganda;
 - b) so'nuvchi tebraniishlar koefitsienti o'zgarganda;
 - c) kontur kritik qarshiligi o'zgargandami?
4. $\delta > \omega_0$ shart bajarilganda tebranish konturida nima sogir bo'ladi?

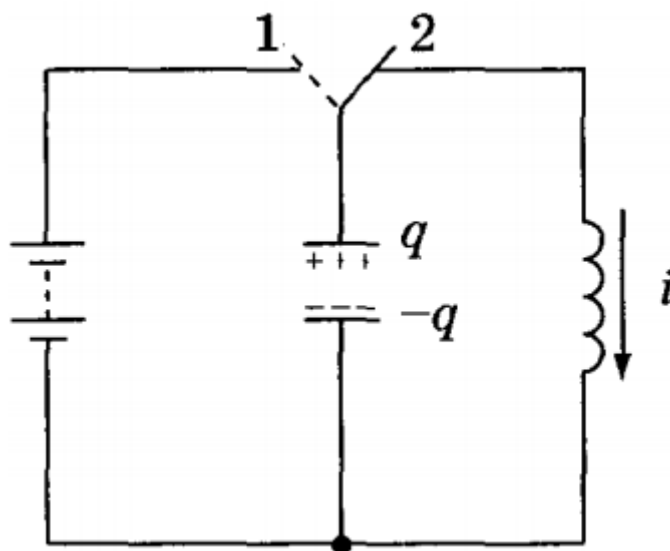
5. Tajriba uchun ossillograf tebranishida qanday kattaliklar o'lchanadi?
 - a) So`nuvchi tebranishlar davri;
 - b) So`nuchi tebranishlar logarifmik dekrementi.
6. Ossillograf X o`qi kalibrovkasi uchun qaysi kattaliklardan foydalaniladi?
7. Kontur kritik qarshiligi ekperimental qiymatini qnday aniqlash mumkin?
8. Elektr zanjirning quyidagi elementlari qqanda maqsadlarda qo`llaniladi?
 - a) Maxsus shakldagi kuchlanish gneratori;
 - b) Reostat.
9. Kondensatorning aperiodik zaryadini olish uchun tebeanish konturi qaysi parametr ish prinspini o`zgartiradi?
10. Tebranish konturini kuzatish uchun elektr zanirining qaysi elementi bilan Y ossillograf kuchlanishiga kirish berish mumkin?
11. Qaysi formula bilan aniqlanadi?
 - a) Tebranish davri eksperimental qiymati;
 - b) So`nuvchi tebranish koeffitsienti δ eksperimental qiymati;
 - c) T, δ va R_{kr} kattaliklar hisoblangan (teorik) qiymati.

10 – LABORATORIYA ISHI: “TEBRANISH ZANJIRIDAGI ERKIN ELEKTROMAGNIT TEBRANISHLARNI O‘RGANISH”

Maqsad: kontaktlarning so‘nishiga olib keladigan tok tebranishlarini o‘rganish, tebranishlarning davri va logarifmik susaytirishini aniqlash.

Qisqacha nazariy ma’lumotlar

Tebranish zanjiri induktivlik (L) va kondensator (C) dan iborat yopiq elektr zanjirdir. Odatdagi yopiq kontur diagrammasi 1-rasmda ko‘rsatilgan.



1-rasm. Yopiq tebranish konturi.

Faol qarshilik (R) kontaktlarning so‘nishiga olib kelmaydi, lekin u har doim mavjud va simlarning qarshiligidan iborat bo‘lib, kontaktlarning so‘nishiga olib keladigan energiya yo‘qotishlariga tengdir. Agar biron-bir tarzda (masalan, kondensatorni zaryadlash orqali) siz kontaktlarning so‘nishiga olib keladigan energiya saqlasangiz va keyin kontaktlarning so‘ndiradigan manbalardan uzib qo‘ysangiz, u holda kondensator zaryadsizlana boshlaydi. O‘zgaruvcha tok razryadi EMF g‘altakda o‘zinduksiya paydo bo‘lishiga olib keladi, bu (L ni qoidasiga ko‘ra) razryad tokni ushlab turadi. Natijada, kondensator nafaqat nolga tushiriladi, balki qayta zaryadlanadi. Shundan so‘ng razryad jarayoni teskari yo‘nalishda takrorlanadi.

Elektromagnit tebranishlar – kondensatoridagi zaryadning davriy o‘zgarish jarayoni va, demak, kontaktlarning so‘nishiga olib keladigan tok, u kondensatorning elektr maydonining energiyasini g‘altakning magnit maydon energiyasiga o‘tishi tufayli amalga oshiriladi va aksincha. Bunday holda, ushbu tebranish jarayonida energiyasining bir qismi Joule issiqligi ko‘rinishidagi qarshilikka chiqariladi, bu esa saqlangan energiyaning, kondensator zaryadining va kontaktlarning so‘nishiga olib keladigan tokning asta – sekin kamayishiga olib keladi. Bunday tebranishlar **so‘nuvchi tebranishlar** deb ataladi.

Kirxgofning II – qonuniga asoslanib, ko‘rib chiqilayotgan sxema uchun biz quyidagilarni yozishimiz mumkin:

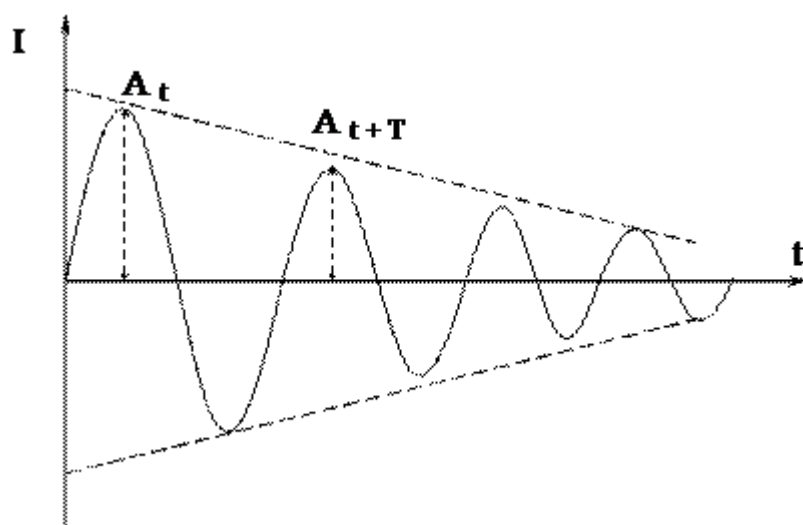
$$U_L + U_R + U_C = 0 \quad \text{yoki} \quad L \frac{dI}{dt} + IR + \frac{1}{C}q = 0 \quad (1)$$

Bu yerda U_L , U_R , U_C – mos ravishda L , R , C sxema elementlaridagi kuchlanish, I – zanjirdagi tok, q – kondensatorning zaryadi.

Bu tenglamaning yechimi quyidagi ifodada:

$$I = I_0 e^{-\frac{R}{2L}t} \cos \omega t \quad \omega = \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2} \quad (2)$$

Grafik jihatdan bu bog‘liqlik 2 – rasmda ko‘rsatilgan



2 – rasm.

$R = 0$ da tebranishlar so‘nmagan bo‘ladi, va

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}} \quad T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{LC} \quad (\text{Tomson formulasi}) \quad (3)$$

Bu yerda: ω_0 va T_0 – tebranish chastotasi va davri.

Haqiqiy sxemada $\frac{R}{2L} = \beta$ susaytirish koeffitsiyenti deb ataladi. $I_0 = e^{-\beta t}$

amplituda vaqt o'tishi bilan eksponent ravishda kamayadi.

Tebranish davri bilan vaqt bo'yicha ajratilgan ikkita qo'shni amplitudalar nisbatining logarifmi logarafimik so'nuvchi dekrement deb ataladi. (D) (2-rasm).

Tajriba qurilmasi.

Qurilma ko'rgazmali moduldan (3-rasm) va sekundomerdan (4-rasm) iborat. Qurilmaning o'lchash sxemasi modulning old panelidagi mnemonik elementlar bilan ko'rsatilgan. Tebranish sxemasi induktivligi 16 Gn bo'lgan g'altakdan va uchta kondensatordan (C, C1 va C2) iborat bo'lib, ular S1 kaliti bilan navbatma – navbat yoqiladi, bu uning chastotasini va davrini o'zgartirishga imkon beradi ($\omega_1, \omega_2, \omega_3$ mos ravishda T1, T2, T3). Erkin tebranishlar reflektoridan kondensatorni zaryadlash orqali hosil bo'ladi.

Eslatma: So'nuvchi tebranishlarning to'liqroq tasviri va jarayonning tavsifi uchun ossilografdan foydalanish tavsiya etiladi.



3 – rasm.

“Erkin elektromagnit tebranishlar” ko'rgazmali moduli (3-rasm) -15 V dan +15 V gacha bo'lgan to'g'ridan - to'g'ri tok manbai (2), turli sig'imli (1) parallel ravishda ulangan kondensatorlar sxemasi va yuqori induktivlikni(4) o'z ichiga oladi.

Submodul “Quvvat manbai” elektr zanjirini to'g'ridan - to'g'ri tok bilan ta'minlash uchun mo'ljallangan. Aylanuvchi regulyator “U” chiqish kuchlanishini -15 V dan +15 V gacha bo'lgan oraliqda o'rnatadi. Chiqish kuchlanishini aniqlash uchun “-15 ... 0 ... +15” chiqish terminallariga analog avometr ulanadi.

Submodul “Kondensator” turli quvvatga ega uchta kondensatordan iborat. Asosiy kondensator C (1100 μ F) bilan kontaktlarning so'nishiga olib boruvchi S1 (6) kaliti C1 (2500 μ F) yoki C2 (5000 μ F) kondensatorlarni parallel ravishda ulaydi. Kalit uchta

pozitsiyaga ega.

Submodul “Induktivlik” erkin elektromagnit tebranishlarni hosil qilish uchun mo‘ljallangan bo‘lib, yuqori induktiv g‘altakni o‘z ichiga oladi ($L = 16 \text{ Gn}$, $R_L = 0,5 \text{ Om} \cdot \text{m}$) qo‘shimcha o‘rash (o‘lchash parametrlari uchun), avometr, ossilograf yoki sekundomerni ulash uchun “Boshqaruv” terminallariga chiqishga ega. O‘zgartirish tugmasi S (7) kondensator submodulini zaryadlash rejimiga o‘tkazadi (tutqich chapga buriladi) yoki tushirish (tutqich o‘ngga buriladi).

Namoyish moduli kalit tugmasi BKJI (1) bilan yoqiladi va Upit yorug‘lik indikatorini yonadi.



4 – rasm.

Elektron sekundomer qurilmalari vaqt oralig‘ini o‘lchash uchun mo‘ljallangan va soniyaning mingdan bir qismigacha bo‘lgan qiymatlarni aniqlashga imkon beradi. Sekundomerning vaqt qurilmasi kvarts generatordir. Kvarts generatordan stabillashtirilgan chastota signali mikrokontrollerning kirishiga beriladi, ta’minlashning quyidagi xususiyatlari: qabul qilishi tugmachali kalitlardan va tashqi sensorlardan buyruq signallari, belgilangan ish rejimiga muvofiq dasturda signalni qayta ishlash va raqamli displey qurilmalariga ishlov berish natijalarini berish (2). Kerakli ish rejimiga mos keladigan rejim tanlash tugmasini bosish orqali bajariladi (5). Sekundomer ikki rejimda ishlaydi.

“1” rejimi ortga hisoblash boshlanishidan har bir hosil qilingan impulsgacha bo‘lgan vaqtni aniqlash imkonini beradi. Impulslarning maksimal soni 6. ZAMEP tugmasini (6) bosish orqali siz har bir impuls oldidan aniq vaqtni ko‘rishingiz mumkin.

“2” rejimi joriy va oldingi impuls o‘rtasidagi intervalni aniqlash imkonini beradi. ZAMEP tugmasini bosganingizda bizni qiziqtirgan impulslar orasidagi vaqtni ko‘rishingiz mumkin. Hisoblangan impulslarning maksimal soni - 6ta.

Da bosilgan tugmalar “START” (3) boshlanadi ortga hisoblash vaqti

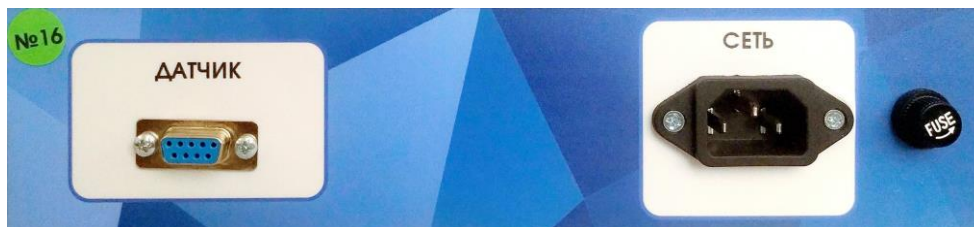
“STOP” tugmasini (4) bosish ortga hisoblasni to‘xtadi, uni qayta bosish esa qayta tiklanadi barcha ko‘rsatkichlar.

Ishni bajarish tartibi:

- 1 O‘rnatish paytida elektron elementlar bilan tanishib chiqing va ularning va ularning parametrlarini hisobotga yozing.
- 2 Namoyish modulining “Сеть” adapterini va elektron sekundomerni 220 V 50

Hz tarmoqqa ulang.

- 3 Namoyish modulining “Контроль” terminallaridan ulanish kabelini sekundomerning orqa panelidagi “Датчик” ulagichiga ulang (5-rasm).
- 4 Namoyish modulida analog avometrni submodul quvvat manbaining “-15 ... 0 ... +15” terminallariga ulang.



5 – rasm. Elektron sekundomerning orqa paneli.

- 5 O‘zgartirish tugmasi S zaryadlash rejimiga o‘tkaziladi (tutqichni chapga burang), almashtirish tugmasi S1 – to‘g‘ri holatda (sxemada faqat $C = 1100 \mu F$ li kondensator ishlaydi)
- 6 “Сеть” tugmachalari yordamida sekundomer va ko‘rgazmali modulni yoqing.
- 7 Avtometrning ko‘rsatkichlariga ko‘ra, chiqish kuchlanishini $U = -15 V$ ga keltiring.
- 8 Sekundomer panelidagi “START” tugmasini bosing va almashtirish tugmachasini S zaryadsizlashtirish rejimiga o‘tkazing (tutqichni o‘ngga burang).
- 9 Avtometrni “Контроль” terminallariga ulang (6-rasm) tekshirgich tugmachasini ± 5 holatiga keltiring. O‘qning nol holatidan og‘ishini kuzating, so‘nuvchi tebranishlarning amplitudalarini aniqlang, shuningdek, davrlar sonini aniqlang.



6 – rasm.

- 10 Vaqt bo'yicha tebranish davri bilan ajratilgan ikkita qo'shni amplituda nisbatining logarifmini aniqlang. Agar kerak bo'lsa, S o'chirish tugmachasini zaryadsizlantirish/zaryad qilish rejimidan almashtirish orqali tajribani takrorlang. O'lchov oxirida sekundomerning raqamli displeyida siz oltita tebranish davrlarining umumiy vaqtini (sekundlarda) ko'rishingiz mumkin. "ЗАМЕП" tugmasini bosib, birinchi to'lqinning davrini aniqlashingiz mumkin. Qayta bosilganda, indikator birinchi va ikkinchi to'lqinlar davrining umumiy vaqtini, so'ngra uchta davrning yig'indisini va hokazolarni ko'rsatadi. Maksimal vaqt olti tebranish davri yig'indisi bilan aniqlanadi. "РЕЖИМ" tugmasini bosish davrni o'lchash rejimini faollashtiradi. "ЗАМЕП" tugmasini bosgan holda indikator birinchi davr qiymatini, yana bosilganda ikkinchi davr qiymatini ko'rsatadi.
- 11 Ma'lumotlarni jadvalga kiriting.

1 – javal.

| | U = -15V | | | U = 5V | | | U = 15V | | |
|--------------|----------|------|------|--------|------|------|---------|------|------|
| | C | C+C1 | C+C2 | C | C+C1 | C+C2 | C | C+C1 | C+C2 |
| $t_{um., S}$ | | | | | | | | | |
| $t_{1., S}$ | | | | | | | | | |
| $t_{2., S}$ | | | | | | | | | |
| $t_{3., S}$ | | | | | | | | | |
| $t_{4., S}$ | | | | | | | | | |
| $t_{5., S}$ | | | | | | | | | |
| $t_{6., S}$ | | | | | | | | | |
| N | | | | | | | | | |
| I_{max} | | | | | | | | | |
| I_{min} | | | | | | | | | |

- 12 S1 almashtirish tutqichini chapga burang (C va $C1$ kondensatorlarning parallel ulanishi kontaktlarning so‘nishiga olib keladi. $C_{um.} = C + C1 = 1100 + 2500 = 3600 \mu F$). 8 – 11 – bosqichlarini takrorlang.
- 13 S1 almashtirish tutqichini o‘ngga burang (C va $C2$ kondensatorlarning parallel ulanishi kontaktlarning so‘nishiga olib keladi. $C_{um.} = C + C2 = 1100 + 5000 = 6100 \mu F$). 8 – 11 – bosqichlarini takrorlang.
- 14 Chiqish kuchlanishini $U = 5V$ ga keltiring. 8 – 13 – bosqichlarini takrorlang.
- 15 Chiqish kuchlanishini $U = 15V$ ga keltiring. 8 – 13 – bosqichlarini takrorlang.
- 16 Xulosa yozing.

Nazorat savollar.

1. Ishning maqsadi?
2. Tebranish konturi nima?
3. Qaysi tebranishlar erkin va so‘nuvchi tebranishlar deb ataladi? Tebranish konturidagi so‘ndirilgan tebranishlarni tavsiflovchi differensial tenglamani yozing.
4. Zanjir parametrlari bilan tebranish jarayoni parametrlari o‘rtasida qanday bog‘liqlik mavjud?
5. O‘lchov sxemasi qanday ishlaydi?

11 – LABORATORIYA ISHI. “GISTEREZIS HODISASINI O‘RGANISH”.

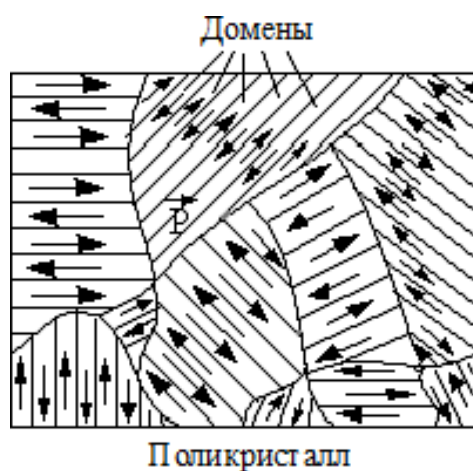
Ishning maqsadi: ferromagnitlarning asosiy parametrlari va magnit xususiyatlarini o'rganish

Qisqacha nazariy ma'lumotlar.

Ferromagnitlarning tuzilishi va ferromagnetizmning tabiati.

Ushbu masalalarni o'rganish jiddiy qiyinchiliklar bilan bog'liq, chunki ferromagnetizmning tabiati klassik fizika tomonidan ochib berilmaydi, balki faqat talabalar ish bosqichida tanish bo'lmagan kvant fizikasi bilan izohlanadi. Shuning uchun adabiyotlarni [1] o'rganishda talabalarga quyidagi asosiy qoidalarga alohida e'tibor berish tavsiya etiladi.

1. Ferromagnitlar kristalli moddalar deb ataladi, ular makroskopik, lekin hajmi jihatidan kichik ($10^{-6} - 10^{-3} \text{ mm}^{-3}$) o'z-o'zidan magnitlanish zonalari - domenlardan iborat.



1 –rasm.

O'z chegaralarida har bir domen bir xilda va to'yinganlik darajasida magnitlangan. Polikristalli ferromagnit namunaning har qanday kristalida (1-rasm) qo'shni domenlarning magnit momentlari kristalning "oson magnitlanish o'qlari" dan biri bo'ylab o'zaro qarama-qarshi yo'nalishda yo'naltirilgan.

Umuman olganda, kristalli namunada domenlarning magnit momentlari barcha yo'nalishlarda teng ehtimollik bilan yo'naltirilgan. Namuna magnitlanmagan bo'lib chiqadi va uning bu holati barqaror. U namunaning minimal energiyasiga to'g'ri keladi, u barcha domenlarning magnit maydonining energiyasidan va kristall panjaraning qo'shni atomlarining elektronlari bir-biriga kovalent bog'langanda ularning o'zaro ta'sir qilish energiyasidan iborat.

2. Domenlarning o'z-o'zidan magnitlanishining tabiati kvant, ya'ni kvant fizik nazariyasi bilan izohlanadi.

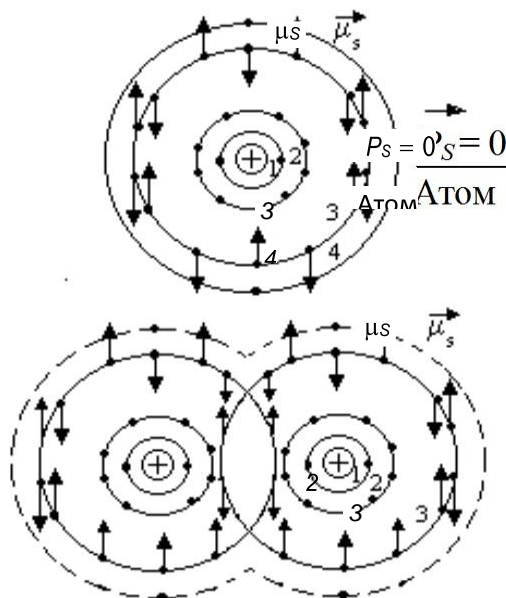
Barcha elektronlar spin (ichki) magnit momentlariga ega μ_S , ya'ni ular fazoda

ma'lum bir tarzda, masalan, o'zaro ta'sir yoki tashqi magnit maydon ta'sirida o'zlarini yo'naltirishga qodir.

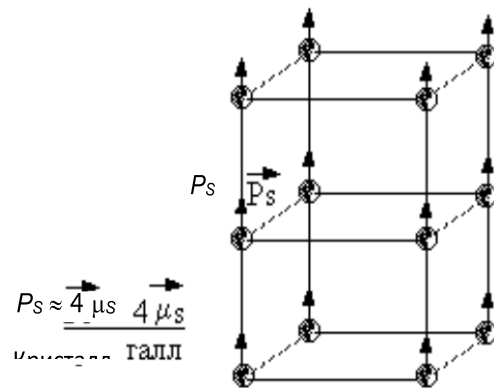
$$\mu_s = 1,6 * 10^{-23} \text{ J/Tl}$$

(1 J/Tl = 1 A*m²). Ferromagnitlarning atomlari elektronlar bilan tugallanmagan, to'liq ishg'ol qilinmagan ichki qobiqqa ega. Shunday qilib, to'rtta qobiqdagi elektronlarni o'z ichiga olgan temir atomlari uchun ularning birinchi va ikkinchisi to'liq ishg'ol qilingan, uchinchi, mumkin bo'lgan 18 ta elektrondan ichki qobiq faqat 14 ta elektronga ega, tashqi qobiqda ikkita valentlik elektron mavjud (2-rasm). Bitta atomning har bir qobig'idagi elektronlar o'zlarining magnit momentlarining antiparallel yo'nalishiga ega bo'lib, atomlarning spin magnit momentini nolga tenglashtiradi $\vec{P}_S = \sum \vec{\mu}_S = 0$.

Ferromagnitning kristallanish jarayonida tugallanmagan ichki qobiqlar elektronlarining μ_s magnit momentlari ularning o'zaro ta'siri natijasida bir-biriga qat'iy parallel ravishda yo'naltiriladi va hosil bo'lgan kristalning "oson magnitlanish o'qi" ga o'xshaydi. 2-rasmda ko'rsatilgan. Natijada kristall panjara atomlarining $P_S = 4\mu_s$ spin magnit momentlari (3-rasm) paydo bo'ladi, ular birgalikda $P_D = \sum P_S$ sohasining magnit momentini tashkil qiladi, magnitlanishi $I = P_D/V_D$ (bu erda V_D - domen hajmi) $10^7 - 10^9 \text{ A / m}$ gacha bo'lgan kattalik tartibiga teng. Bu jarayon o'z-o'zidan va qo'shni kristal atomlarining valent elektronlarini (qobiq 4) sotsializatsiyasi bilan bir vaqtda davom etadi.



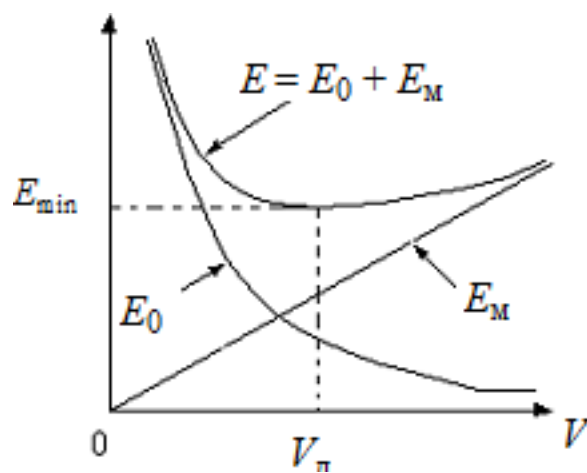
2 – rasm.



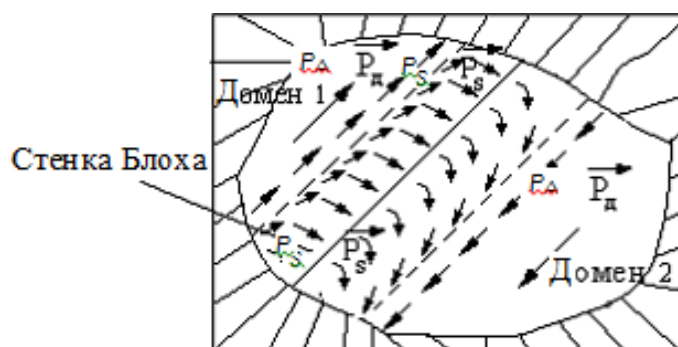
3 –rasm.

μ_s magnit momentlarining o'zaro parallel yo'nalishi qo'shni atomlar elektronlarining o'zaro ta'sir energiyasining pasayishi bilan birga keladi ("almashinuv energiyasi" E_0). U qanchalik kichik bo'lsa, V_d domen hajmi shunchalik katta bo'ladi. Biroq, domen hajmining oshishi bilan uning magnit momenti va natijada E_m domen magnit maydonining energiyasi ortadi. Minimal umumiy energiya E_{min} 4-rasmda ko'rsatilganidek, ba'zi sobit, barqaror domen hajmi V_d da olinadi.

Xuddi shu holat ferromagnit kristallarini magnit momentlarning antiparallel yo'nalishi P_D bilan domenlarga bo'linishi bilan osonlashadi (1-rasmga qarang). Bunday bo'linish vaqtida kristalning magnit energiyasi keskin kamayadi, almashinish energiyasi esa ancha kamroq darajada ortadi. Uning ortishi 5-rasmda ko'rsatilganidek, atomlarning spin magnit momentlarini bosqichma-bosqich qayta yo'naltirilishi tufayli domenlar orasidagi ommaviy chegaralarda ("Blox devorlari") sodir bo'ladi. Polikristalli ferromagnitlarning erkin energiyasining yanada pasayishiga namunaning turli xil monokristallariga tegishli domenlarning o'zbo'shimchalik bilan yo'naltirilishi yordam beradi (1-rasmga qarang).



4 – rasm.

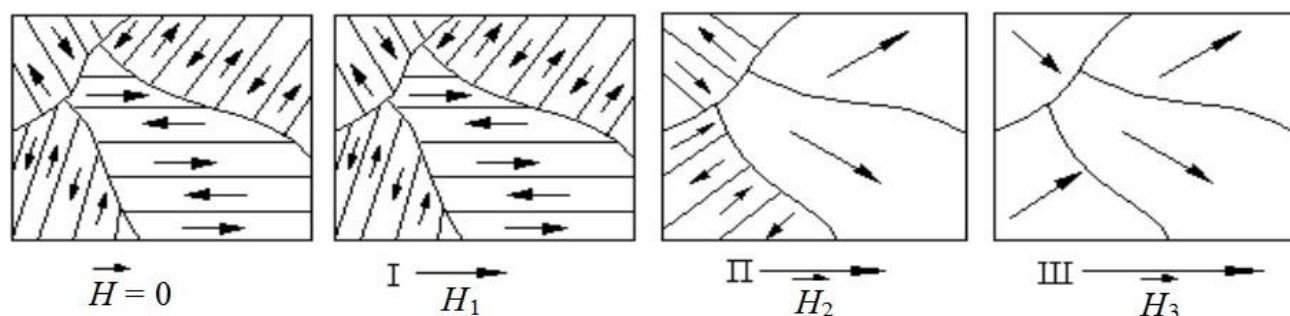


5 – rasm.

Ferromagnitning dastlabki magnetlanish egri chizig'i.

Adabiyotlarni [2] o'rganayotganda talaba ferromagnitning texnik magnetlanish jarayonining mohiyatini tushunishi kerak, uning asosiy xususiyatlari quyidagilardan iborat.

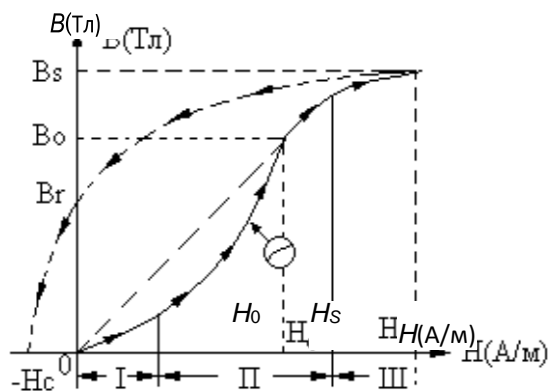
Magnetlanmagan ferromagnit (polikristal namuna) tashqi magnet maydonga joylashtirilganda, masalan, tok, uning majburiy yoki "texnik" solenoid maydonida magnetlanish sodir bo'ladi, unda namunaning barcha domenlari to'liq yoki qisman bo'ladi. 6-rasmda ko'rsatilganidek, magnetlanish maydonining \vec{H} quvvati yo'nalishi bo'yicha yo'naltirilgan ($H_1 < H_2 < H_3$ maydon). Ferromagnit namunada magnet maydon \vec{B} induksiyasi bilan tavsiflanadi va $B = f_1(H)$ bog'liqligi chiziqli bo'lmagan va umumiy holatda noaniqdir. Ferromagnitning faqat dastlabki texnik magnetlanish jarayonini $B = \mu\mu_0 H$ bog'liqlik bilan ifodalash mumkin, bu erda μ_0 - magnet doimiy; μ - moddaning magnet o'tkazuvchanligi, maydon kuchiga qarab: $\mu = f_2(H)$.



6 – rasm.

7-rasmda dastlabki magnetlanish egri chizig'i (qattiq chiziq) ko'rsatilgan. Egri chiziqning uchta xarakterli kesimi 6-rasmga mos keladi.

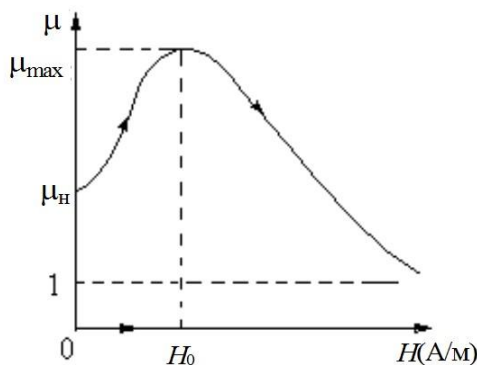
I bo'limda maydon kuchining ortishi bilan chegaralarning teskari siljishi va domenlar hajmining ortishi kuzatiladi, ularning yo'nalishi H maydonining yo'nalishiga yaqin. Qo'shni antiparallel domenlar kamayadi. 2-bo'limda bu jarayon shiddatli, spazmodik (Barxauzen effekti) va qaytarilmas holga keladi.



7 – rasm.

Maydon induksiyasining keskin o'zgarishi bilan kristallar ichida uyurmaviy toklar paydo bo'lib, moddani isitadi, buning natijasida magnitlanish maydonining energiyasi yo'qoladi. Uning bir qismi ham paydo bo'ladigan tovush to'lqinlarining energiyasiga aylanadi. II bo'lim oxirida domenlarning ko'pchiligi qo'shnilarini o'zlashtirib, \vec{H} maydoni yo'nalishi bo'yicha yaqin bo'lgan kristallarning oson magnitlanish o'qlari bo'ylab yo'naltirilgan bo'lib chiqadi. III bo'limda kuchli magnitlanish maydoni sekin jarayonni va \vec{H} maydon yo'nalishiga to'g'ri keladigan yo'nalishgacha domenlarning monotonik aylanishini keltirib chiqaradi. Natijada, ferromagnitning magnitlanishining to'yinganlik holati (H_s , B_s). \vec{B} induksiyasining keyingi oshishi uning xususiyatlariga bog'liq emas va faqat \vec{H} ning ortishi bilan bog'liq.

Magnit o'tkazuvchanligi $\mu = \frac{1}{\mu_0} \frac{B}{H}$, dastlabki magnitlanish egri chizig'idan ko'rinib turibdiki, kuchsiz maydonlarda 8-rasmda ko'rsatilganidek, $H = H_0$ da ba'zi bir boshlang'ich qiymatdan μ_n dan maksimal qiymat $\mu_{max} = \frac{1}{\mu_0} \frac{B_0}{H_0}$ gacha ortadi. Magnitlanish maydonining yanada oshishi bilan magnit o'tkazuvchanligi pasayadi, asimptotik ravishda $\mu = 1$ qiymatiga yaqinlashadi, ferromagnit o'zi egallagan hajmdagi magnit maydonga amalda ta'sir qilmasa. Ferromagnit uchun "magnit o'tkazuvchanlik" tushunchasi faqat "boshlang'ich magnitlanish egri chizig'i" uchun amal qiladi.



8 – rasm.

Laboratoriyada gisterezis halqasi yordamida ferromagnit xossalarini tekshirish.

1. Magnitlanish maydonining kuchi nolga kamayganda, magnitlangan ferromagnit qaytarilmas jarayonlar tufayli faqat qisman demagnetizatsiya qilinadi (7-rasmga qarang). $H = 0$ da ferromagnit maydoni B_r qoldiq magnit induksiyasi bilan tavsiflanadi. Induksion kechikish Bu yerda kuchlanish pasayganda H kuchlanishining "magnit histerizis"i deyiladi.

2. Teskari magnitlanish maydonida uning kuchini $H=0$ dan $H=-H$ ga o'zgartirib, qoldiq induksiyani nolga tenglashtirish mumkin (7-rasmga qarang). Maydon kuchining H qiymati ferromagnitning majburlash kuchi deb ataladi. Bu qoldiq induksiyani ferromagnit tomonidan qanchalik kuchli ushlab turishini ko'rsatadi.

3. $H_c < 80$ A/m bo'lgan ferromagnitlar yumshoq deb ataladi. Ushbu materiallar (temir, elektr po'lat, nikelli temir qotishmalari - "Permalloy") yuqori magnit o'tkazuvchanlikka ega ($\mu_{max} = 5000-50000$ va undan ko'p) va transformatorlar va elektr mashinalarining yadrolarini ishlab chiqarish uchun ishlatiladi. $H_c > 4000$ A/m bo'lgan ferromagnitlar qattiq deyiladi va doimiy magnitlar (Alniko va Magniko turdagi temir qotishmalari) ishlab chiqarish uchun ishlatiladi [2].

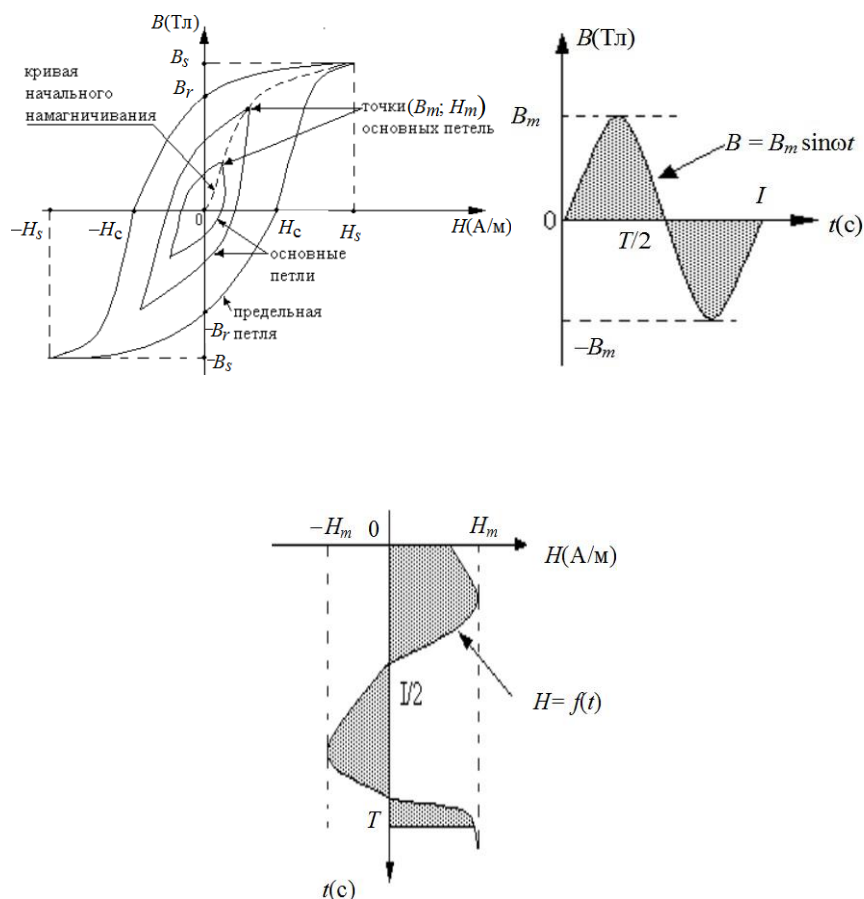
4. Ferromagnitlar $H = f(t)$ o'zgaruvchan maydonda qayta magnitlanganda, namunadagi magnit maydon induksiyasini o'zgartirish jarayoni simmetrik yopiq egri chiziq bilan tavsiflanadi, bu induksiyani o'zgartirishning kechikishi tufayli gisterezis halqasi deb ataladi. (9-rasm). Agar maydon kuchining amplitudasi namunaning magnitlanishining to'yingan hududiga kirsam, gisterezis halqasi cheklovchi deb ataladi, boshqa hollarda - asosiy tsiklning halqasi (asosiy gisterezis halqasi). Siqilishning noxiziqiligi maydon induksiyasi intensivlikning o'zgarishi qonuniga ko'ra o'zgarmasligini ko'rsatadi. Tadqiqotlarda ferromagnitlar namunadagi maydonning $B = B_m \sin \omega t$ "sinusoidal induksiya rejimida" qayta magnitlanadi, bunda maydon kuchi keskin buzilgan sinusoidning $H = f(t)$ qonuniga muvofiq o'zgaradi (9-rasm).

Gisterezis halqasining ikkita tarmog'i shuni anglatadiki, H ning har qanday qiymati namunaning magnit holatining tarixiga qarab B magnit induksiyasining ikkita qiymatiga ega bo'lgan ushbu pastadirga mos keladi.

Bir qator asosiy gisterezis halqalarining cho'qqilari (B_m, H_m) orqali chizilgan egri amalda "boshlang'ichning egri chizig'i" bilan mos keladi. Shuning uchun ferromagnitning magnit o'tkazuvchanligini formuladan foydalanib, har qanday asosiy gisterezis halqalariga tegishli B_m va H_m ning maksimal qiymatlari orqali aniqlash mumkin (9-rasm).

$$\mu_{max} = \frac{1}{\mu_0} \frac{B_m}{H_m} \quad (1.1)$$

bu yerda $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ G/m



9 – rasm.

5. Har qanday namunaning magnitlanishini qaytarishning bitta to'liq siklida iste'mol qilingan gisterezis yo'qotishlarining energiyasi namuna hajmi V_0 va koordinatalardagi (B, H) [1] gisterezis halqasining maydoniga teng, ya'ni.

$$W = V_0 H dB \quad (1.2)$$

U namunaning issiqlik energiyasiga aylanadi. Magnitlanishni qaytarish jarayonida ferromagnit qiziydi.

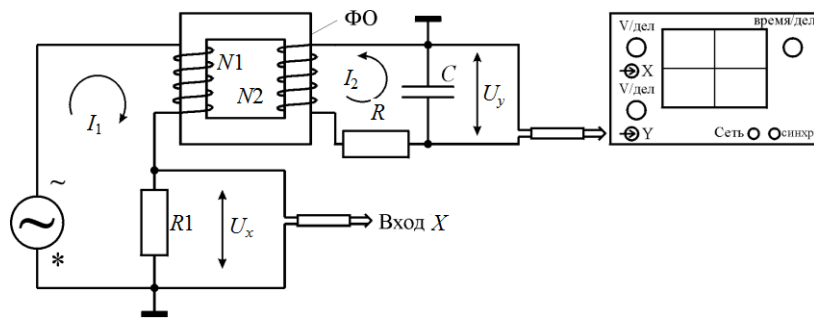
6. Ferromagnitni o'zgaruvchan magnet maydonda maydon kuchining amplitudasini bir qator davrlar davomida to'yingan H_s qiymatidan nolga silliq pasaytirish orqali qayta magnitlash orqali to'liq demagnetizatsiya qilish mumkin.

O'lchov qurilmasining sxemasi.

1. Ferromagnitning parametrlarini aniqlash uchun ma'lum ferromagnit namuna tashqi o'zgaruvchan magnet maydon tomonidan qayta magnitlanganda osilograf ekranida kuzatiladigan gisterezis halqasidan foydalaniladi.

O'lchovni sozlash sxemasi 10-rasmda ko'rsatilgan. U quyidagi elementlarni o'z ichiga oladi: o'zgaruvchan kuchlanish generatori; FO - ferromagnit namunasi (transformator yadrosi); N_1 - magnitlangan o'rash; N_2 - o'lchash sargisi; R va C -

qarshilik va kondensator RC - zanjirlar; $R_1 - U_x$ kuchlanishini olish uchun qarshilik; elektron yoki raqamli osilograf (ilovaga qarang)



10 – rasm.

2. 10-rasmda ko'rsatilgan sxemaga muvofiq, osilografning kirish Y ga o'rganilayotgan namunadagi maydonning B magnit induksiyasiga mutanosib U_y kuchlanishi, X kirishiga H quvvatiga proporsional U_x kuchlanish beriladi. namunani magnitlash maydoni (keyin osilograf nurining gorizontall siljishining ichki generatori o'chiriladi). Namuna teskarisining to'liq aylanishini tavsiflovchi U_x va U_y kuchlanishlarining o'zgarishining bir T davri uchun osilograf (noutbuk) ekranidagi elektron nur takrorlanuvchi gisterezis halqasini tasvirleydi. Uning 13 tasi har bir keyingi davr uchun. Shuning uchun ekrandagi gisterezis halqasining tasviri statsionar bo'ladi.

Gisterezis halqasi ekranda koordinatalarda (x, y) va ko'rsatiladi.

$$U_x = K_x X; \quad U_y = K_y Y \quad (1.3)$$

bu yerda X va Y - osiloskop ekranining "shkala bo'linmalarida" o'lchanadi;

K_x (B / del) va K_y (B / del) - o'lchov omillari, ularning qiymatlari elektron osilografning tutqichlari yonida yoki raqamli osilograf ekranida ko'rsatilgan.

3. **Magnit maydonning H kuchiga mutanosib bo'lgan U_x kuchlanishi quyidagicha olinadi.** Agar namuna N_1 burilishlar soniga ega bo'lgan birlamchi (magnitlashtiruvchi) o'rash bir tekis taqsimlangan bir xil yopiq yadro shaklida qilingan bo'lsa, u holda bu o'ramdagi tok I_1 va u tomonidan yaratilgan maydonning intensivligi H munosabat bilan bog'liq bo'ladi.

$$H = \frac{N_1}{l} I_1$$

bu yerda l = yadroning o'rtacha uzunligi (ferromagnit namuna).

R_1 rezistori N_1 o'ramga ketma-ket ulanadi, bunda kuchlanish tushishi hosil bo'ladi

$$U_x = I_1 R_1 = \frac{l R_1}{N_1} H \quad (1.4)$$

R_1 qarshiligi kichik. Bu magnitlanishning teskari holatini ta'minlaydi, bunda tok I_1 (t) va intensivligi H (t) sinusoidal bo'lmagan, lekin magnit induksiyasi

sinusoidal $B = B_m \sin \omega t$ (sxemani ta'minlaydigan generatorning sinusoidal kuchlanishi bilan).

(1.3) va (1.4) dan namunadagi magnit maydon kuchini o'lchash uchun oddiy formulani olamiz

$$H = \alpha X \quad (1.5)$$

bu yerda $\alpha = \frac{K_x N_1}{l R_1}$

4. Namunadagi maydonning magnit induksiyasi B ga mutanosib bo'lgan Uy kuchlanishi quyidagicha olinadi. Namuna ustiga yotqizilgan va N_2 aylanishlarga ega bo'lgan ikkilamchi (o'lchov) o'rash ferromagnit bilan kontsentrlangan holda teshiladi. $\Phi = BS$ magnit oqimi bo'lgan namuna, bu erda S - namunaning ko'ndalang kesimi yuzi. EYuK N_2 o'ramda induksiya qilinadi

$$\varepsilon_2 = -N_2 \frac{d\Phi}{dt} = -N_2 S \frac{dB}{dt}$$

hosil qiluvchi tok I_2 va kuchlanish $U_2 \approx -\varepsilon_2$ o'ramlar chiqishida (o'rashning o'zida kuchlanishning pasayishi ahamiyatsiz). Bundan kelib chiqadiki, $U_2 dt \approx \varepsilon_2 dt = N_2 S dB$ va bu

$$\int U_2 dt = N_2 S B \quad (1.6)$$

(1.6) dan ko'rinib turibdiki, o'zgaruvchan kuchlanishni (bizning holimizda sinusoidal, generator tomonidan o'rnatilgan $\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T}$ chastota bilan o'zgaruvchan) integrallash orqali $B(t)$ namunadagi magnit maydon induksiyasi oniy qiymatga proporsional signal olish mumkin. Ushbu operatsiya rasmdagi diagrammada ko'rsatilgan. 1.6 rezistor R va kondensator C dan tashkil topgan "integratsiyalashgan RC sxemasi" tomonidan amalga oshiriladi.

U_2 kuchlanishi RC zanjirida I_2 tokini va $q = \int I_2 dt$ ga teng kondensatorning o'zgaruvchan zaryadini hosil qiladi, buning natijasida kondensatorda kuchlanish hosil bo'ladi.

$$U_y = \frac{1}{C} \int I_2 dt \quad (1.7)$$

osilografning Y kirishiga kelish (biz osilografning katta kirish qarshiligining ta'sirini e'tiborsiz qoldiramiz)

RC zanjirining $\omega = \frac{2\pi}{T}$ chastotali sinusoidal tokga qarshiligi bu erda T – joriy tebranishlar davri, teng

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2} \quad C = R \sqrt{1 + \frac{1}{4\pi^2} \left(\frac{T}{\tau}\right)^2}$$

bu yerda $\tau = RC$ – Rc zanjirlarning "vaqt doimiysi". $30 < \frac{\tau}{T} < 100$ nisbatining umumiy tanlangan qiymatida qarshilik $Z \approx R$, ya'ni amalda sof faol bo'lib, tok I_2 va kuchlanish U_2 o'rtasida sezilarli faza almashinuvini yaratmaydi. Bunday holda, tok va kuchlanishning oniy qiymatlari uchun Om qonuni amal qiladi

$$I_2 \approx \frac{U_2}{Z} \approx \frac{U_2}{R}$$

Ushbu holat (1.7) va (1.6) formulalarini hisobga olgan holda, U_2 va U_y kuchlanishlari va magnit induksiya B ning oniy qiymatlariga quyidagi bog'liqlikni yozishga imkon beradi:

$$U_y = \frac{1}{RC} \int U_2 dt = \frac{U_2 S}{RC} B \quad (1.8)$$

E'tibor bering, $\tau=RC$ ning ortishi (1.8) formulani aniqroq qiladi, ya'ni integratsiya aniqligini oshiradi, lekin shu bilan birga U_y kuchlanishining pasayishiga olib keladi.

(1.3) va (1.8) dan namunadagi magnit maydon induksiyasini o'lchash uchun oddiy formulani olamiz.

$$B = \beta Y \quad (1.9)$$

bu yerda $\beta = \frac{K_y RC}{N_2 S}$ ga teng.

5. Ferromagnit namunaning magnitlanishini teskari o'zgartirish uchun bir siklda iste'mol qilinadigan $P = \frac{W}{T} = Wv$ quvvatini aniqlash formulasini (1.2), (1.5), (1.9) quyidagi shaklda topish mumkin.

$$P = \chi S_r \quad (1.10)$$

bu yerda $\chi = K_x K_y \frac{v N_1 RC}{N_2 R_2}$ $S_r = XdY$ osilograf ekranidagi gisterezis halqasining maydoni (x, y koordinatalarida), osilograf ekрани shkalasining kvadrat bo'linmalarida o'lchanadi

Ishni bajarish tartibi

1. Ish joyida berilgan o'rnatish sxemasini yig'ing (10-rasm); o'qituvchi sxemani tekshirgandan so'ng, osilografni va kontaktlarning so'nishiga olib keladigan quvvat manbaini yoqing.

2. AMPLITUDE tugmasi bilan chiqish kuchlanishini o'rta holatga o'rnatang. Chastota diapazoni kalitini "0,1 ... 1 kHz" holatiga o'rnatang. To'lqin shaklini o'zgartirgichni "ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ" holatiga o'rnatang.

3. AMPLITUDA va CHASTOTA parametrlarining qiymatini (taxminan, aniq) o'zgartirib, osilograf (noutbuk) ekranida gisterezis halqasining tasvirini oling va uni ekran shkalasi bo'ylab X va Y o'qlariga nisbatan simmetrik ravishda o'rnatang. X va Y o'qlari.

K_y ossilografning masshtablash faktorini (X va Y o'qlari bo'ylab) tanlang, shunda gisterezis halqasi butun ekran maydonini egallaydi.

4. (1.5), (1.9) va (1.10) formulalardagi α, β, χ koeffitsientlarini hisoblang.

5. Koordinatalarni X_c va Y_r - gisterezis halqasining koordinata o'qlari bilan kesishishi ekran shkalasida va (1.5) va (1.9) formulalar yordamida H_c majburlash

kuchi va qoldiq induksiya B-ferromagnit namunasini hisoblang.

6. Osilograf shkalasining kvadrat bo'linmalarida gisterezis halqasining maydonini o'lchang va (1.10) formuladan foydalanib, ferromagnit namunaning magnitlanishini qaytarish uchun sarflangan quvvatni hisoblang.

7. Gisterezis halqasining X_m va Y_m koordinatalarini o'lchang va H_m , B_m ning tegishli qiymatlarini hisoblash uchun (1.1), (1.5) va (1.9) formulalaridan foydalaning (9-rasmga qarang). Jadvalga ma'lumotlarni kiriting

8. Funktsiya generatorining boshqa kuchlanish qiymatlarini navbat bilan o'rnatib, ularga mos keladigan gisterezis halqalarini oling va 7-bandga muvofiq o'lchov va hisoblarni bajaring. Ma'lumotlarni jadvalga kiriting.

9. Jadvaldagi ma'lumotlardan foydalanib, $B = f(H)$ - dastlabki magnitlanish egri chizig'ini, shuningdek $\mu = f(H)$ bog'liqlik grafigini tuzing.

10. Natijalar asosida xulosalar chiqaring

11. Hisob-kitoblar uchun zarur bo'lgan ma'lumotlar:

Birlamchi o'rash pallasida qarshilik $R = 10 \text{ Om}$;

Integratsiyalash zanjirining qarshiligi $R_i = 5,1 \text{ kOm}$;

Integratsiyalash davri kondansatori $C_u = 0,47 \text{ mkF}$;

Birlamchi o'rashning burilish soni $N_1 = 100$ burilish;

Ikkilamchi o'rashning burilish soni $N_2 = 100$ burilish;

Barcha to'rtta namuna uchun burilishlar soni bir xil (ya'ni birlamchi o'rash 100 burilish, ikkilamchi o'rash 100 burilish).

Sinov namunasi: quyidagi nav va o'lchamdagi ferrit halqasi:

1. M1000HM razmerom 40 x 25 x 11 mm

2. M2000HM razmerom 32 x 16 x 8 mm

3. M3000HM razmerom 32 x 20 x 9 mm

4. M4000HM razmerom 29 x 19 x 15 mm

Eslatma - Laboratoriya ishlarida USB osilografidan foydalanilganda, gisterezis halqasining tasviri qandaydir "loyqalanish" xarakteriga ega. An'anaviy raqamli osilografdan foydalanilganda, gisterezis halqasi chizig'i aniqroq chiziqqa ega. Eng yaxshi tasvirni katodli trubkali osilograflarda kuzatish mumkin.

Funksional generatorning chiqishida taxminan 100 ... 1000 Hz chastotali to'rtburchaklar bipolyar impulslarni qo'llashda eng yaxshi natijalarga erishildi. Signalning amplitudasi AMPLITUDA tugmasi holatining o'rtacha qiymatidan kamroq. Katta qiymatlarda yadro magnitlanishining o'zgarishi sodir bo'ladi, bu gisterezis halqasining tartibsiz shaklidan ko'rinadi.

Eslatma – gisterezis halqasining to'g'ri shaklini olish uchun kirish simlarini Tr1 transformatorining asosiy 1-2 (yoki ikkilamchi 3-4) o'rashiga almashtirish kerak bo'lishi mumkin.

Nazorat savollari

1. Magnitlar nima? Ularning turlarini ayting.
2. Diamagnit va paramagnitlarning xususiyatlarini sanab bering.
3. Ferromagnitlar nima? Ularning tuzilishini aytib bering.
4. Domenlarning spontan magnitlanishi nima? Uning tabiati nima?
5. Ferromagnitlarning dastlabki texnik magnitlanish jarayonini aytib bering.
6. Ferromagnitlarning magnitlanish teskarisi va gisterezis halqasi nima?
7. Ferromagnitlarning magnitlanishini teskari o'zgartirish uchun gisterezis halqasi va energiya xarajatlari o'rtasidagi munosabatni tasvirlab bering.
8. Ferromagnitlarda qoldiq magnit induksiya hosil bo'lishining sababi nima? Ferromagnitning majburlash kuchi nimaga teng. U nima bilan ajralib turadi?
9. Magnitlarning magnit o'tkazuvchanligini va uning ferromagnitlardagi o'ziga xosligini tavsiflang.
10. Yumshoq va qattiq ferromagnitlarni, ularning texnikada qo'llanilishini aytib bering.
11. Laboratoriya o'rnatishda namunadagi maydonning kuchi va magnit induksiyasiga mutanosib kuchlanishlarni olish printsipi qanday?
12. Ferromagnitning magnitsizlanish jarayonini aytib bering.

12-LABORATORIYA ISHI. “ZANJIRDAGI MAJBURIY ELEKTR TEBRANISHLARNI O‘RGANISH”

Maqsad: o‘zgaruvchan tok chastotasikontur bo‘ylab tarqalgan induktivlik va elektr qarshiliklar orasidagi bog‘liqlikni o‘rganish.

Asbob-uskunalar:

- Modular:”generator bloki”,”multimetr bolki”, “maydon nabor bloke va maydon modeli”;
- Minibloklar:”rezistor 10 Om”, “rezistr 100 Om”, “rezistr 470 Om”, “solenoid” (2 ta);
- Ossillograf.

Laboratoriya ishi 2-rasmdagi sxema bo‘yicha olib boriladi. Ish prinsipi tashqi EYuK ta’sirida tebranish konturida vujuga keluvchi majburiy tebranishlar olishdan iborat. Elektr konturida tebranishni uyg‘otish uchun , generatorga o‘zgaruvchan kuchlanish yuboriladi. Majburiy tebranish ossillograf ekranida ko‘rinadi.

Kirish

Majburiy tebranishlar elektr koturida o‘zgaruvchan kuchkanish ta’sirida sodir bo‘ladi. Agar elektr zanjirda g‘altak L induktivlik bo‘lib, o‘zgaruvchan EYuK qo‘yilsa

$$\varepsilon = \varepsilon_m \cos \omega t$$

Zanjirda ε dan tashari, o‘zinduksiya EYuK yo‘naltiradi

$$\varepsilon_s = -L \frac{dI}{dt}$$

Bunday konturda tok ω chastotasi EYuK kabi tebranadi, ammo, φ fazaga orqada qoladi:

$$I = I_m \cos(\omega t - \varphi)$$

I_m tok amplitudasi EYuK amplitudasiga priparsonal:

$$I_m = \frac{\varepsilon_m}{Z} \quad (1)$$

Bu yerda Z-O‘zgaruvchan tok konturi to‘la qarshiligi (impedens kontur),

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} \quad (2)$$

Bu yerda R-zanjir aktiv qarshiligi, $X_L = \omega L$ -zanjir induktiv qarshiligi, L-solenoid induktivligi, $\omega = 2\pi\nu$ -o‘zgaruvchan tok siklik chastotasi, ν -tok chastotasi.

Induktivlik kontaktlarning so‘nishiga olib keladigan o‘z oqimini yaratish xususiyatini tavsiflaydi va undagi birlik oqimida kontaktlarning so‘nishiga olib keladigan magnit oqimi Φ_m ga teng.

$$\Phi_m = LI$$

Zanjirning induktivligi uning o'lchamiga, shakliga va kontaktlarning so'nishiga olib keladigan μ_r muhitning magnit o'tkazuvchanligiga bog'liq. Masalan, uzun solenoidning induktivligining qiymati

$$L = \mu_r \mu_0 \frac{SN^2}{L} \quad (3)$$

Bu erda μ_0 - magnit doimiysi, N - solenoidning o'ramlar soni, S- solenoidning ko'ndalang kesimi yuzi, L-solenoid uzunligi.

Ferromagnit yadroli solenoidning induktivligi oqayotgan I tokga ham bog'liq. Bundan kelib chiqadiki, ferromagnitlarning μ_r magnit o'tkazuvchanligi H magnit maydon kuchiga bog'liq bo'lib, u solenoiddagi tok bilan aniqlanadi:

$$H = I \frac{N}{L} \quad (4)$$

O'lchov usuli

Ushbu maqolada kontaktlarning so'nishiga olib keladigan impedansini o'lchash Om qonuniga (1) muvofiq o'zgaruvchan tok va kuchlanishning effektiv qiymatlarini o'lchashga asoslangan.

$$Z = \frac{U}{I}$$

(2) ifodaga ko'ra, aktiv qarshilikning kichik qiymati bo'lsa (qoidadagidek, $R \ll Z$) solenoidning umumiy qarshiligi induktiv qarshilikka to'g'ri keladi:

$$Z = \omega L \quad (5)$$

Bu formula induktivlikni aniqlash imkonini beradi

$$L = \frac{Z}{\omega} = \frac{1}{2\pi\nu} \frac{U}{I} \quad (6)$$

ν ma'lum chastotali o'zgaruvchan tokga bobinning qarshiligini o'lchash orqali (4) va (5) ifodalarga muvofiq solenoid o'rashda o'lchangan kuchlanish o'zgaruvchan tokning chastotasiga bog'liq:

$$U = IZ = I\omega L$$

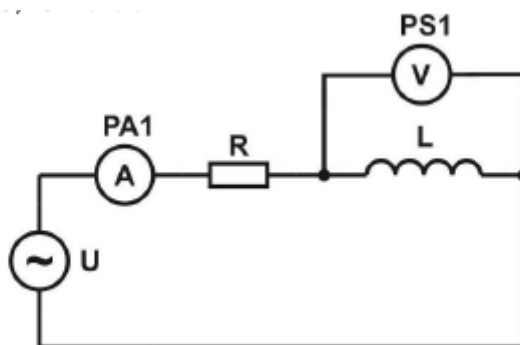
I tokning o'zgarmas qiymatida olingan $U = f(\omega)$ bog'liqligi $Z = f(\omega)$ bog'liqligi bilan shaklan mos keladi va solenoid L induktivligi doimiy bo'lsa (chastotaga bog'liq bo'lmasa) chiziqli bo'ladi. Bunday holda, $U = f(\omega)$ kuchlanishning kattaligi eksperimental ravishda to'g'ri chiziqning qiyaligi bilan aniqlanadigan kuchi, $K = IL$ gateng Formula (3) ga ko'ra, bu ferromagnit bo'lmagan muhitlar uchun xos bo'lgan magnit o'tkazuvchanligi μ_r doimiy qiymatiga to'g'ri keladi.

Ferromagnit o'zakli solenoid uchun, ta'kidlanganidek, induksiya o'rash orqali o'tadigan oqim kuchiga bog'liq. Ushbu bog'liqlikning shakli turli xil toklarda solenoidning induktiv qarshiligini aniqlash orqali eksperimental tarzda o'rnatilishi mumkin.

Shunday qilib, turli chastotali o'zgaruvchan tok o'tganda solenoid o'rashidagi kuchlanishni o'lchash orqali, solenoidning induksiyasi va uning chastotaga bog'liqligini eksperimental ravishda aniqlash mumkin.

O'rnatish tavsifi

O'rnatishning elektr diagrammasi 1-rasmda, ulanish sxemasi 2-rasmda ko'rsatilgan.



1 – rasm. Elektr diagrammasi:

U - maxsus shakldagi signal generatori ("Generator bloki" moduli); PA1 - multimetr (rejim A ~ 20 mA, COM, mA kirishlari); PS1 - ossillograf (V ~ 2 V rejimi); L - "Solenoidlar" miniblok (induktivlik L va qarshilik R bilan olinadigan yadroli bobin); R - miniblok "Rezistor 470 Om" cheklovchi qarshilik

Induktivlik L va R qarshilikka ega bo'lgan, ketma-ket ulangan multimetr maxsus to'lqin shakli generatoriga ulangan. G`altak kuchlanishini ossillografda o`lchanadi.



2-rasm. Ulanish sxemasi

Ishni bajarish tartibi

Vazifa 1. To`la qarshilik Z ning chastotaga bog`liqligini o`rganish.

O'lchovlarni bajarish

1. "Multimetr bloki" modulining ikkinchi multimetridan foydalanib, R_L g`altak qarshiligini o'lchab, jadvalga yozing. 2. 2.1. Buni amalga oshirish uchun ommetr rejimida multimetrdan foydalaning - 200Ω rejimi, kirishlar COM, V.
2. Elektr pallasini shaklda ko'rsatilgan ulanish sxemasiga muvofiq yig'ing. 2.12.2 lasanni yadrosiz ulash orqali.
3. Modullarning quvvat manbaini yoqing - "CET" tugmachalarini "ON" holatiga o'rnatib.

1-jadval.

| Катушка $R_L = \dots \text{ Ом}$ | | | | | | | |
|------------------------------------------|------------|-------------|--------------|--------------------------------------------------------|------------|-------------|--------------|
| без сердечника $I = \dots \text{ mA}$ | | | | с ферромагнитным сердечником $I = \dots \text{ mA}$ | | | |
| ν , кГц | U , В | Z , Ом | L , мГн | ν , Гц | U , В | Z , Ом | L , мГн |
| 0,75 | | | | 50 | | | |
| 1,0 | | | | 60 | | | |
| 1,25 | | | | 70 | | | |
| 1,5 | | | | 80 | | | |
| 1,75 | | | | 90 | | | |
| 2,0 | | | | 100 | | | |
| 2,25 | | | | 110 | | | |
| 2,5 | | | | 120 | | | |
| 2,75 | | | | 130 | | | |
| 3,0 | | | | 140 | | | |
| 3,25 | | | | 150 | | | |
| 3,50 | | | | 160 | | | |
| 3,75 | | | | | | | |
| 4,0 | | | | | | | |

4. "Generator bloki" modulidagi boshqaruv tugmalaridan foydalanib, chiqish signali shaklini tanlang - "sinus", diapazon "0,01 ... 1 kHz". Maksimal chastotani 4 kHz ga o'rnatish uchun qo'pol va aniq chastota boshqaruvlaridan foydalaning. "Chiqish" regulyatori bilan kontaktlarning zanglashiga olib keladigan oqim qiymatini 2 dan 7 mA gacha (PA1 ampermetr yordamida o'qishni o'qing). Oqimning ushbu sobit qiymati bilan, 1-jadvaldagi qiymatlarga muvofiq oqim chastotasini o'zgartirib, o'lchang va 2.1-jadvalga yozing, har bir oqim qiymati uchun bobindagi kuchlanish. Diqqat. Chastota o'zgarganda, belgilangan oqim "Chiqish" chiqish kuchlanish darajasini sozlash regulyatori bilan uning qiymatini sozlash orqali saqlanishi kerak.

5. Kuchlanish generator blokini o'chiring. Yadroni bobinga joylashtiring. kuchlanish generator blokini yoqing. 4-bandda tasvirlangan o'lchovlarni bajaring. 160 Gts chastotada oqimni tanlang (4-bandga qarang). O'lchov natijalarini 1 - jadvalga yozing.

6. Kuchlanish generator blokini o'chiring.

O'lchov natijalarini qayta ishlash

1. Formula (4) bo'yicha yadrosiz va yadroli induktor uchun o'zgaruvchan tokning empedansini hisoblang.

$$Z = \frac{U}{I} = \dots Om$$

va (6) formula bo'yicha induktivlik

$$L = \frac{1}{2\pi\nu} \frac{U}{I}$$

Hisoblash natijalarini 1 - jadvalga yozing.

Kattalik R_L va Z kattaliklarni solishtirish ishchi formulalar (5)–(7) uchun taxminiy kattalik $R_L \ll Z$ kattaliklari to'g'ri ekanligiga ishonch hosil qiling. Buni ikkala bobin uchun ham bajaring.

2. Ikkala g'altak uchun $Z = f(\omega)$ garfiklarni tuzing .

3. Ishga oid xulosalarda:

a) po impedansning ikkita solenoid chastotasiga bog'liqliklarini solishtiring: ferromagnit yadroli va ferromagnit yadrosiz;

b) ikkita elektromagnit uchun induktivlikning chastotaga bog'liqlik xususiyatlariga e'tibor bering.

Vazifa 2. Solenoid induktivligining oqimga bog'liqligini o'rganish.

O'lchovlarni bajarish

1. Yadrosiz lasanni sinab ko'rish uchun 1-topshiriqdagi kabi bir xil elektr zanjiridan foydalaning. Yadro lasanini sinash uchun qo'shimcha cheklovchi R rezistori bo'lmagan elektr zanjiridan foydalaning.

2. Yadrosiz lasanni ulang. Modullarni yoqing. Joriy chastotani 1 - 3 kHz ga o'rnatish uchun chastotani sozlash tugmasidan foydalaning.

3. "Chiqish" regulyatori bilan oqim kuchini o'zgartirib (~ 1 mA qadamlarda 1 mA dan 20 mA gacha), jadvalga yozing. 2. Har bir oqim uchun 2,2, g'altakning kuchlanishi.

4. Voltaj generator blokini o'chiring. Ferromagnit yadroni bobinga joylashtiring - modullarga quvvatni yoqing. "0,2 - 20 kHz" chastotani sozlash tugmachasini 50 - 70 Gts ga o'rnatish. O'lchovlarni bajaring (3-bandga qarang). Natijalarni 2 - jadvalga kiriting.

| Катушка без сердечника | | | | С ферромагнитным сердечником | | |
|------------------------|----------------|----------------|----------------|------------------------------|----------------|----------------|
| | | | | $\nu = \dots \text{Гц}$ | | |
| $I, \text{мА}$ | $U, \text{мВ}$ | $Z, \text{Ом}$ | $L, \text{Гн}$ | $U, \text{мВ}$ | $Z, \text{Ом}$ | $L, \text{Гн}$ |
| | | | | | | |

O'lchov natijalarini qayta ishlash

1. Ikkala ga`ltak uchun (4) va (6) formulalar yordamida Z va L qiymatlarini hisoblang. Hisoblash natijalarini jadvalga yozing. 2.2.2.

2. $L = f(I)$ Bog'liqlik grafiklarini tuzing: O'zingiz xulosa chiqaring.

Nazorat savollari

1. Majburiy tebranishlar paytida kontaktlarning zanglashiga olib keladigan tokning o'zgarishi qonunini yozing.
2. Majburiy tebranishlarning chastotasi va amplitudasi nima bilan belgilanadi?
3. Qaysi EMF majburiy tebranishlarni keltirib chiqaradi?
4. Majburiy tebranishlar paytida tebranish zanjirida qanday emflar ishlaydi? O'z-o'zini induksiyaning EMF ifodasini yozing.
5. Zanjirning induktivligi nimalarni tavsiflaydi va qanday kattaliklarga bog'liq?
6. zanjirning o'zgaruvchan tokga qarshiligi qanday parametrlarga bog'liq?
7. Ferromagnit yadro induktivligining oqim chastotasiga bog'liqligi nima bilan izohlanadi? bilan elektromagnit
8. Ushbu ishda sxemaning impedansini o'lchash uchun nima asoslanadi?
9. Yadrosiz elektromagnitdan foydalanilganda tok tning belgilangan qiymatida olingan ohmning bog'liqligi qanday xarakterga ega?
10. O'zgaruvchan tok manbai sifatida qanday qurilma ishlatiladi?
11. Induktorning faol (kuch va to'liq (kuch) qarshiligini aniqlash ishidan maqsad nima?
12. Bu ishda yadroli va yadrosiz g'altakning induktivligi qanday aniqlanadi? Ishchi formulalarni yozing.

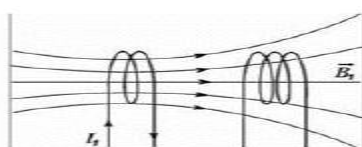
13 – LABORATORIYA ISHI. IKKI SOLENOIDNING (TRANSFORMATOR) O‘ZARO INDUKSIYASINI O‘RGANISH.

Maqsad: Ikki solenoidning o'zaro induksiya koeffitsientini eksperimental tarzda aniqlash va olingan natijani nazariy jihatdan hisoblangan koeffitsient bilan solishtirish.

Uskunalar:

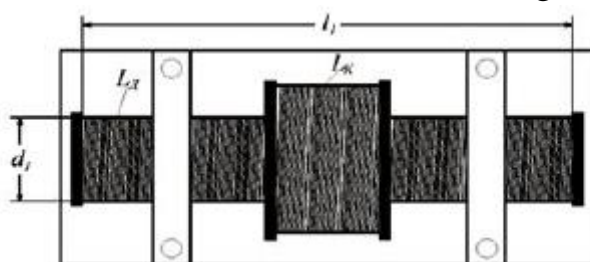
- modullar: “Generator bloki”, “Multimetr bloki”;
- mini bloklar: "Solenoidlar" (2 dona);
- ossillograf.

O'rnatishning ishlash printsipti ikkita sariqning o'zaro induksiyasi fenomeniga asoslanadi. Generatoridan kirish sinusoidal signali bobinlarning biriga beriladi, ikkinchisida osiloskop ekranida tabiati va kattaligi kuzatiladigan o'zaro induksiyaning EYuK mavjud.



1 – rasm.

Tok I_1 bo'lgan zanjir o'z atrofida magnit maydon B_1 hosil qiladi (1-rasm). Agar ushbu kontaktlarning zanglashiga olib keladigan boshqa zanjir o'rnatilsa, u holda Φ_2 magnit oqimi unga bog'lanadi. Ushbu magnit oqim, tajriba va nazariya ko'rsatganidek, $\Phi_2 = M_{21} \cdot I_1$ oqimining birlamchi zanjiridagi tok kattaligiga mutanosibdir. Ikkinchi kontaktlarning zanglashiga olib qo'shilgan Φ_2 magnit oqimi va birinchi zanjirdan o'tayotgan u tok o'rtasidagi M_{21} mutanosiblik koeffitsienti ikkinchi zanjirning birinchi bilan o'zaro induksiya koeffitsienti deyiladi. O'qlari bir-biriga to'g'ri keladigan va ulardan biri (qisqa) o'rtasiga uzundan tashqarida joylashgan ikkita solenoid misolida zanjirlarning o'zaro induktivlik koeffitsientini o'rganamiz (2-rasm).



2 rasm

Uzun solenoid ($l_1 \gg d_1$) o'zining o'rta qismida (qisqasi joylashgan joyda) deyarli bir xil magnit maydon hosil qiladi, uning induksiya vektori tengdir.

$$B_1 = \mu\mu_0 \frac{N_1}{l_1} I_1, \quad (1)$$

bu erda N_1 –uzun solenoidning o‘ramlar soni, l_1 –bu uning uzunligi. Uzun bo'lakning

$S_1 = \frac{\pi d_1^2}{4}$ ko'ndalang kesimi orqali o'tadigan magnit oqimi tengdir

$$\Phi_1 = B_1 \cdot S_1 \quad (2)$$

Uzoq solenoiddan tashqarida magnit maydon yo'qligi sababli, qisqa solenoid bilan bog'langan magnit oqim:

$$\Phi_2 = \Phi_1 N_1 = \mu \mu_0 \frac{N_1}{l_1} I_1 S_1 N_2 \quad (3)$$

bu erda N_2 - qisqa solenoidning o'ramlar soni. Shunday qilib, ikkinchi va birinchi solenoidlarning o'zaro induksiya koeffitsienti:

$$M_{21} = \mu \mu_0 \frac{N_2 N_1}{l_1} S_1 \quad (4)$$

Bizning holatda, $\mu = 1$ (havo). Agar o'zgaruvchan tok uzun solenoid orqali o'tkazilsa

$$I = I_0 \cos \omega t \quad (5)$$

Bu yerda $\omega = 2\pi\nu$ - oqimning tsiklik chastotasi, u holda qisqa solenoidga ulangan magnit oqim o'zgaruvchan bo'ladi:

$$\Phi_2 = M_{21} I_0 \cos 2\pi\nu t \quad (6)$$

va shuning uchun unda induksiya emf induksiya qilinadi

$$\varepsilon_2 = \frac{d\Phi_2}{dt} = M_{21} I_0 2\pi\nu \sin 2\pi\nu t \quad (7)$$

Ushbu EYuKning amplitudasi

$$\varepsilon_{max} = 2\pi\nu M_{21} I_0 \quad (8)$$

bu erda I_0 - uzun solenoiddagi o'zgaruvchan tokning amplitudasi. Elektr o'lchash asboblari (shu jumladan multimetrlar) tok va kuchlanishning samarali qiymatlarini o'lchaydi

$$U_2 = \frac{\varepsilon_{max}}{\sqrt{2}}, \quad I_1 = \frac{I_0}{\sqrt{2}} \quad (9)$$

Buni hisobga olsak, (8) va (9) dan biz quyidagilarni olamiz:

$$U_2 = 2\pi\nu M_{21} I_1$$

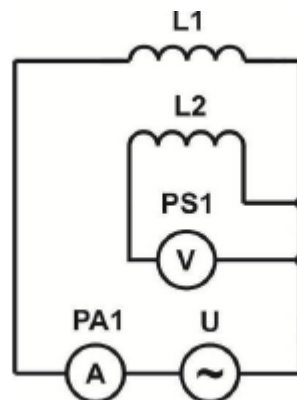
shunga ko'ra

$$M_{21} = \frac{U_2}{2\pi\nu I_1}$$

Shunday qilib, I_1 –uzun solenoiddagi tok va U_2 –qisqa elektromagnitdagi kuchlanishni o'lchash orqali M_{21} ni eksperimental ravishda aniqlash mumkin.

O'rnatishning tavsifi

O'rnatishning elektr diagrammasi 3 - rasmda ko'rsatilgan.



3 – rasm elektr sxemasi U - maxsus shakldagi signal generatori; PA1 - multimetr (rejim A 200 mA, COM, mA kirishlari); L1 - indüktans LD bilan solenoid; L2 - induktivlik LK bo'lgan solenoid; PS1 - osiloskop (V 2V rejimi).

Solenoid L1 maxsus shakldagi signal generatori tomonidan quvvatlanadi U. Maydondagi oqim PA1 milliampermetri bilan o'lchanadi. L2 solenoidida yuzaga keladigan induksion emf PS1 osiloskopi bilan o'lchanadi.



4 rasm. Yig`ish sxemasi

Ishni bajarish tartibi

O'lchovlarni bajarish

1. 4 - rasmda olingan ulanishlar sxemasiga muvofiq elektr zanjirini yig'ing. PA1 multimetri va PS1 osiloskopining kerakli o'lchash rejimlarini o'rnatish (3-rasmga qarang).
2. "Generator bloki", "Multimetr bloki" va osiloskop modullariga quvvatni yoqing.
3. 1-jadvalga N_1, N_2, l_1, S_1 , parametrlarini yozing.

1 jadval

| $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ ГН/М}, N_1 = \dots, N_2 = \dots, l_1 = \dots \text{ М}, S_1 = \dots \text{ М}^2$ | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------------------------------|-----------------------|
| $\nu, \text{ Гц}$ | $I_1, \text{ mA}$ | $U_2, \text{ В}$ | $M_{312}, \text{ ГН}$ |
| 1000 | | | |
| 2000 | | | |
| 3000 | | | |
| 4000 | | | |
| 5000 | | | |
| 6000 | | | |
| 7000 | | | |
| 8000 | | | |
| 9000 | | | |
| 10000 | | | |
| $M_T = \dots \text{ ГН}$ | | $\langle M_3 \rangle = \dots \text{ ГН}$ | |

4. Signal chastotasini $\nu = 1000 \text{ Gts}$ ga o'rnatish uchun "Qo'pol" va "Fine" generator chastotasini sozlash tugmalaridan foydalaning. Shu bilan birga, L1 solenoididagi oqim

qiymatini milliampermetr $I_{max} = \dots$ mA bilan o'lchang va L2 max solenoididagi U_2 kuchlanishni o'lchang. Natijalarni 2.18.1-jadvalga kiriting.

5. 2.18.1-jadvalda keltirilgan boshqa chastotalar uchun ham xuddi shunday o'lchovlarni bajaring.

6. Formula (10) yordamida har bir o'lchov uchun M_{21} eksperimental magnit induksiya koeffitsientini hisoblang.

7. Tajriba magnit induksiya koeffitsientining $\langle M_e \rangle$ o'rtacha qiymatini hisoblang.

8. (4) formuladan foydalanib, magnit induksiya koeffitsienti M_t ning nazariy qiymatini hisoblang.

9. Eksperimental M_e va o'zaro induksiya koeffitsientlarining nazariy M_t qiymatlarini solishtiring. Xatolarni hisoblang. O'zingiz xulosa chiqaring.

Nazorat savollari

1. O'zaro induksiya koeffitsienti nima?
2. O'zaro induksiya koeffitsienti qanday birliklarda o'lchanadi?
3. Nima uchun bu ishda uzun va qisqa elektromagnit solenoidlardan foydalanilgan?
4. Magnit oqim deb nimaga aytiladi?
5. Elektromagnit induksiya hodisasi nima?
6. Elektromagnit induksiya uchun Faraday qonunini tuzing.
7. Oqim va kuchlanishning samarali qiymatlari qanday?

14 - LABORATORIYA ISHI. “MAGNIT MAYDON INDUKSIYASINI O‘RGANISH”.

Ishning maqsadi: o‘zgaruvchan magnit maydondagi statsionar o‘tkazuvchi zanjir holati uchun elektromagnit induksiya hodisasini o‘rganish.

Vazifalar:

1. Induksion g'altakda paydo bo'ladigan induksion EYuK ning qo'zg'atuvchi bo'lakdagi tok kattaligiga bog'liqligini o'rganing.
2. Induksion g'altakda paydo bo'ladigan induksion EYuK ning qo'zg'atuvchi bo'lakdagi o'zgaruvchan tokning chastotasiga bog'liqligini o'rganing.
3. μ_0 magnit doimiyni aniqlang.

Kerakli jihozlar:

1. Elektromagnit maydonni qo'zg'atish uchun uzunligi $L = 0,5$ m, o‘ramlar soni = 560 bo‘lgan g‘altak, g'altakning diametri = 60 mm, sim diametri = 0,8 mm.
2. Induksion g'altaklar (6 turdagi). G'altak parametrlari 1-jadvalda ko'rsatilgan.
3. Generator moduli va o'lchash sxemasi.
4. Multimetr-skopmetrlar (2 dona).
5. Ulanish simlari to'plami.

1 –jadval. Induksion g‘altak parametrlari.

| G'altak parametrlari | Diametr, mm | O'ramlar soni | G'altak uzunligi, mm | Sim diametri (emalsiz) |
|----------------------|----------------|------------------|----------------------------|------------------------------|
| G'altak №1 | 40 | 290 | 260 | 0,8 mm |
| G'altak №2 | 40 | 200 | 180 | 0,8 mm |
| G'altak №3 | 40 | 110 | 100 | 0,8 mm |
| G'altak №4 | 32 | 290 | 260 | 0,8 mm |
| G'altak №5 | 25 | 290 | 260 | 0,8 mm |
| G'altak №6 | 25 | 155 | 140 | 0,8 mm |
| G'altak qo'zg'alishi | 60 | 560 | 500 | 0,8 mm |

Qisqacha nazariy ma'lumotlar

1831 yilda M. Faradey eng muhim kashfiyotlardan biri - elektromagnit induksiya hodisasini amalga oshirdi. Buning sababi shundaki, yopiq o'tkazgich zanjirida, bu kontaktlarning zanglashiga olib keladigan magnit toki o'zgaranda, o'zgaruvchan elektr toki paydo bo'ladi, bu induksiya deb ataladi.

Faradey o'tkazuvchi zanjirdagi induktiv tokni ikki xil usulda induksiya qilish mumkinligini aniqladi:

1. statsionar magnit maydonda yopiq o'tkazuvchi konturni harakatlantirganda;
2. qattiq kontaktlarning zanglashiga olib keladigan magnit maydonini o'zgartirganda.

Induktiv oqimning paydo bo'lishi, kontaktlarning zanglashiga olib keladigan magnit oqimi o'zgaranda, induksiya ε_i paydo bo'lishi bilan bog'liq. ε_i qiymati magnit oqimining φ o'zgarishi qanday amalga oshirilishiga bog'liq emas - magnit induksiya vektorining S sirt orqali oqimi va faqat $d\varphi / dt$ o'zgarish tezligi bilan belgilanadi. $d\varphi / dt$ ning o'zgarishi induksion EYuK ning o'zgarishiga olib keladi.

Induksion tokning yo'nalishi (va shuning uchun induksion EYuK belgisi) Lenz qoidasi bilan belgilanadi: induksion tok har doim uni keltirib chiqaradigan sababga qarshi turadigan tarzda yo'naltiriladi. Boshqacha qilib aytadigan bo'lsak, induksion tok magnit oqimini hosil qiladi, bu tokni keltirib chiqaradigan magnit oqimning o'zgarishiga to'sqinlik qiladi.

Elektromagnit induksiya qonuni: magnit oqimi o'zgaranda, yopiq o'tkazuvchanlik zanjiri bilan qoplangan magnit oqimning o'zgarish tezligiga mutanosib ravishda, konturda induksion EYuK paydo bo'ladi:

$$\varepsilon_i = - \frac{d\varphi}{dt} \quad (1)$$

Formuladagi minus belgisi Lenz qoidasiga bog'liq.

S sirt orqali magnit oqimi, ta'rifi bo'yicha, quyidagilarga teng:

$$\varphi = \int_S \vec{B} * d\vec{S} \quad (2)$$

Agar induksion EYuK hosil qilgan g'altak N ta aylanadan iborat bo'lsa, u holda barcha g'altaklar (oqim aloqasi) bilan qoplangan jami magnit oqimi Ψ quyidagicha aniqlanadi.

$$\Psi = \sum_{k=1}^N \varphi_k \quad (3)$$

bu erda φ_k – bitta g'altakdagi magnit oqim.

Bunday holda, ε_i har bir burilishda induksiya qilingan EYuK yig'indisiga

teng bo'ladi va quyidagicha hisoblanadi:

$$\varepsilon_i = - \frac{d\Psi}{dt} \quad (4)$$

Har bir g'altak bilan qoplangan magnit oqim φ ga teng bo'lsa, konturdagi induksion EYuK quyidagicha aniqlanadi.

$$\varepsilon_i = - N \frac{d\varphi}{dt} \quad (5)$$

O'zgaruvchan magnit maydonga joylashtirilgan belgilangan zanjirni ko'rib chiqing. Tajriba shuni ko'rsatadiki, bunday zanjirda induktiv tok paydo bo'ladi. Ushbu tokning paydo bo'lishi tashqi kuchlarning mavjudligi bilan bog'liq. Bu tashqi kuchlarning tabiati qanday?

Maksvell vaqt bo'yicha o'zgaruvchan magnit maydon bo'sh joy elektr maydonining paydo bo'lishiga olib keladi, deb taklif qildi. Bunday holda, o'tkazgichlar ikkinchi darajali rol o'ynaydi, chunki maydon o'tkazgichda ham, uning tashqarisida ham mavjud, ammo o'tkazgichda ushbu elektr maydonining ta'siri ostida zaryadlar harakatlana boshlaydi.

Bu elektr maydoni elektrostatikdan sezilarli darajada farq qiladi: bu o'zgarmas elektr maydoni emas, balki o'zgaruvchandir. O'zgaruvchan elektr maydonining sirt chiziqlari yopiq. Zaryadni yopiq kontaktlarning so'nishiga olib o'tishda o'zgaruvchan elektr maydoni kuchlarining ishi nolga teng emas.

$$\oint_L \vec{E} d\vec{L} = \varepsilon_i \quad (6)$$

Bunday holda, elektromagnit induksiya qonuni (1) ko'rinishga ega:

$$\oint_L \vec{E} d\vec{L} = - \frac{d\varphi}{dt} \quad (7)$$

Bu erda qisman vaqt hosilasi belgisi ($\partial/\partial t$) kontur L va kontur bilan qoplangan sirt harakatsiz ekanligini ta'kidlaydi.

Tenglikdagi o'ng tomon (7) magnit oqim uchun (2) ni hisobga olgan holda o'zgartiriladi:

$$\frac{d\varphi}{dt} = \frac{d}{dt} \int_S \vec{B} * d\vec{S} = \int_S \frac{d}{dt} \frac{d\vec{B}}{dt} d\vec{S} \quad (8)$$

bundan tashqari, vaqt hosilasi integratsiya sohasi vaqtga bog'liq emasligi sababli integral belgisi ostida keltiriladi.

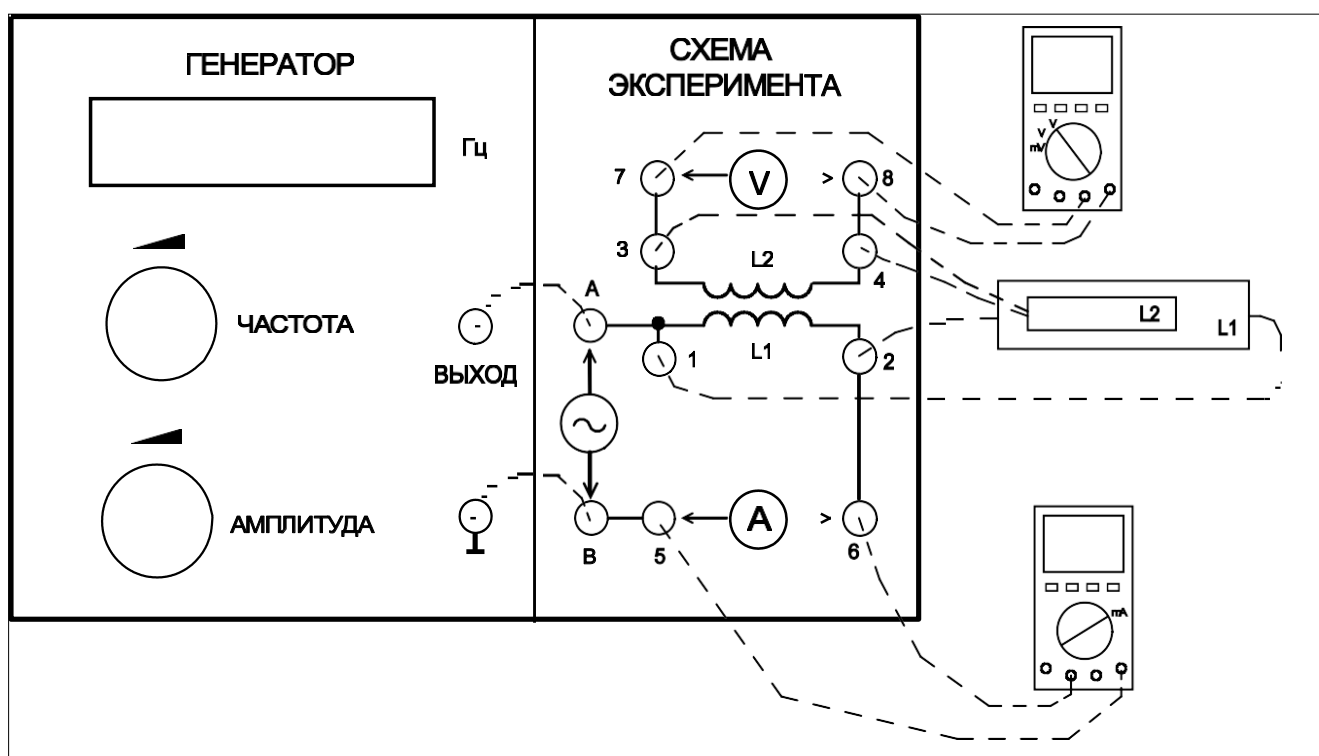
(1), (6) va (8) ni hisobga olsak, biz L yopiq kontur bo'ylab elektr maydon

kuchi vektorining sirkulyatsiyasi magnet oqimining vaqt hosilasi bilan chegaralangan sirt orqali minus belgisi bilan teng ekanligini olamiz, bunda kontur,

$$\oint_L \vec{E} d\vec{L} = \int_S \frac{d\vec{B}}{dt} d\vec{S} \quad (9)$$

(9) tenglama elektromagnit maydon uchun Maksvell tenglamalari tizimiga kiritilgan va o'zgaruvchan magnet maydon o'zgaruvchan elektr maydonini hosil qilishini ifodalaydi.

Ekspirimental qurilmaning tavsifi



1 – rasm. Multimetrlar va g'altaklar ulanish sxemasi.

L1 qo'zg'alish g'altagi (1 va 2 rozetkalar) generator blokining chiqishiga ikkita o'tish moslamasi yordamida ulanadi (ВЫХОД va A rozetkalari o'rtasida, shuningdek, ОБЩИЙ va B rozetkalari o'rtasida). G'alayonlangan g'altak ichida ular L2 qisqa induksion g'altagiga ega (1-rasm). O'zgaruvchan elektr toki g'alayonlangan g'altak orqali o'tadi. L1 g'altak ichida o'zgaruvchan magnet maydon paydo bo'ladi, uning chastotasi va intensivligi o'zgarishi mumkin. L2 induksion g'altakda paydo bo'ladigan induksion EYuK magnet maydonning chastotasi va kuchiga, shuningdek

induksion g'altakning parametrlariga (diametri va burilish soni) bog'liq. 5 va 6 rozetkalariga ulangan milliampermetr yordamida g'alayonlangan g'altak tokini boshqarishingiz mumkin.

Ma'lumotlarni voltmetrga (yoki osilografga) uzatish 7 va 8-uyalardan simlarni ulash orqali amalga oshiriladi.

Yagona magnit maydonning (g'alayonlangan g'altak markazida) induksiya chiziqlariga perpendikulyar bo'lgan S sirtidan o'tishi quyidagilarga teng:

$$\varphi = BS \quad (10)$$

bu erda S - induksion g'altakning ko'ndalang kesimi yuzi,

B - g'alayonlangan g'altak ichidagi magnit maydon induksiyasi.

Elektromagnit induksiya qonuniga (5) ko'ra, N_i burilishlar soni bo'lgan induksion g'altakda induksion EYuK paydo bo'ladi:

$$\varepsilon_i = N_i \frac{d\varphi}{dt} = N_i S \frac{dB}{dt} \quad (11)$$

Ma'lumki, uzun solenoidning magnit maydon induksiyasi quyidagilarga teng:

$$B(t) = \mu_0 \frac{N_c}{L} I(t) = \mu_0 n I(t) \quad (12)$$

Bu erda μ_0 - magnit doimiysi,

n - o'rash zichligi,

L - solenoid uzunligi,

N_c - solenoid o'ramlar soni,

I - solenoiddagi tok.

Agar g'alayonlangan g'altakdagi tok kuchi garmonik qonunga muvofiq o'zgarsa

$$I(t) = I_{\max} \sin \omega t \quad (13)$$

keyin (10), (11) va (12) ga muvofiq induksion g'altak garmonik qonunga muvofiq o'zgaruvchan induksion EYuK paydo bo'ladi:

$$\varepsilon_i = \mu_0 n \omega N_i I_{\max} \cos \omega t \quad (14)$$

Induksiya EYuK ning samarali qiymati uchun biz quyidagi ifodani olamiz:

$$\varepsilon_i = \mu_0 n \omega N_i I S \quad (15)$$

bu erda I – tokning samarali qiymati.

Ishni bajarilishi

1. g'altak parametrlari jadvalini to'ldiring. Formulalarda "c" indeksli parametrlar g'alayonlangan g'altak (solenoid), "i" indeksli parametrlar induksion g'altagiga ishora qiladi. Indeks n - o'rash zichligi 1 m uzunlikdagi o'ramlar soni sifatida aniqlanadi. Barcha g'altaklar uchun deyarli bir xil, chunki barcha rulonlar bir xil diametrli sim bilan o'ralgan = 0,8 mm. Aslida (emal qoplamasi tufayli) hisob-kitoblardagi diametri = 0,9 mm.
Parametrlar 1-jadvalda ko'rsatilgan.
2. O'rnatish sxemasini 1-rasmga muvofiq yig'ing.
3. Multimetrlarni yoqing. Multimetrlarda o'lchangan parametrlarning kerakli xususiyatlarini o'rning. (Quyidagi eslatmalarga qarang).
4. АМПЛИТУДА tugmasi bilan g'altak nagruzka tokini 10 mA va chastotani = 1000 Gts, ГЕHEPATOPning old panelidagi ЧАСТОТА tugmasi bilan o'rning.
5. Nagruzka tokini 10 (20 yoki 25) mA bosqichlarida oshirib, ekranda induksion g'altakdagi kuchlanishning $\varepsilon_i = f(I)$ yuk oqimiga bog'liqligi grafigini oling. Jadvaldagi har bir o'lchov nuqtasi uchun ma'lumotlarni kiriting.
6. Grafikning chap tomonida chastota qiymatlari (f), qo'zg'alish g'altakdagi tokning samarali qiymati (I), yozish moslamasining kirishidagi kuchlanish (U), induksiyadagi EYuK ga teng. g'altak (ε_i) ko'rsatiladi. Ushbu ma'lumotlarni 2-jadvalga yozing.
7. 2000, 3000, 4000Hz chastota qiymatlari uchun 4...6 paragraflarni takrorlang. Aniq sozlash talab qilinmaydi. Chastotani taxminan 10 ... 20 foiz aniqlik bilan o'rnatish kifoya.

2 – jadval. Eksperimental ma'lumotlar.

| № G'altak | Chastota, Gts, | Tok, mA | Kuchlanish, V | |
|-----------|----------------|---------|---------------|--|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Eslatmalar.

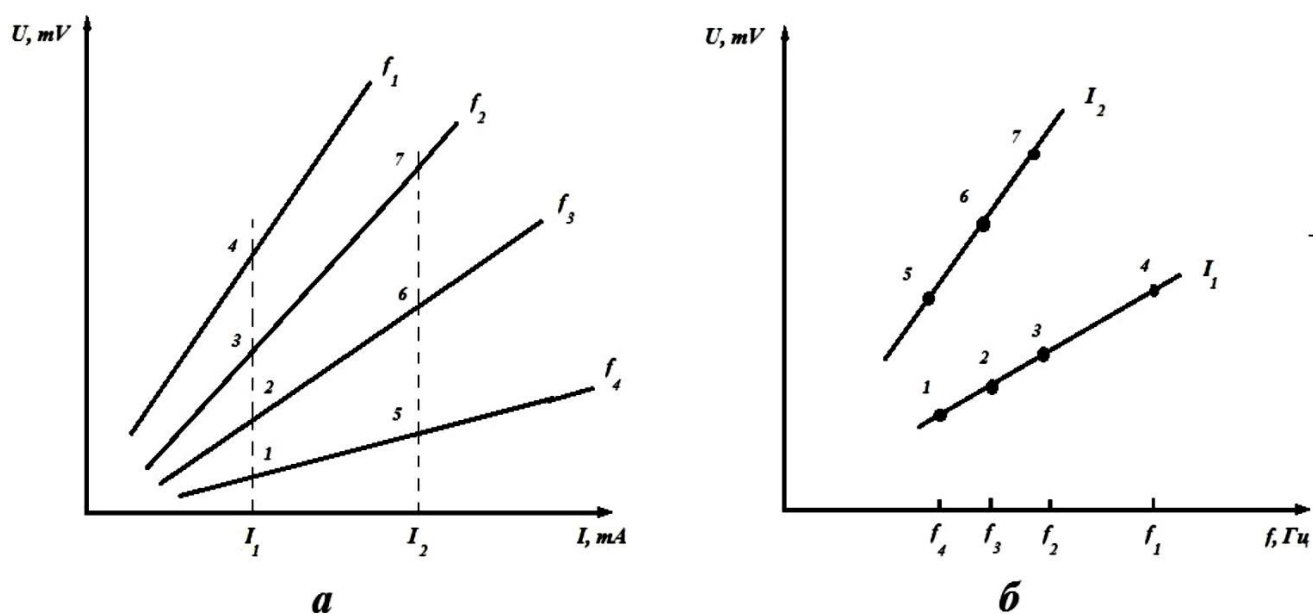
- 1) Laboratoriyada siz AC kuchlanish o'lchagich sifatida bitta multimetrdan foydalanishingiz kerak bo'ladi. Buning uchun sinov kabellari COM va VCap raz'emlariga ulangan bo'lishi kerak (bu ikkita to'g'ri) va kalit Vac holatiga o'rnatilishi kerak. To'rtinchi kalit holati soat yo'nalishi bo'yicha (multimetr kalitining chap OFF holatidan hisoblash).
- 2) Ikkinchi multimetрни AC hisoblagich sifatida ishlatish kerak bo'ladi. Buning uchun sinov simlari COM va mA mF rozetkalariga ulangan bo'lishi kerak va kalit mA holatiga o'rnatilishi kerak. Multimetr o'zgaruvchan toklarni o'lchash rejimiga o'tishi uchun F3 tugmasini qisqa bosib. Shu bilan birga, ekranda DC o'rniga AC yozuvi (o'lchangan qiymatning yuqori o'ng tomonida) paydo bo'lishi kerak.
- 3) Ulangan simlarning polaritesi (+ yoki -) muhim emas, chunki biz o'zgaruvchan toklar va kuchlanishlarni o'lchaymiz.
- 4) Multimetрни osilloskop rejimiga o'tkazish uchun siz R tugmasini ikki soniya bosib ushlab turishingiz kerak, kalit esa kuchlanish (mV, V) yoki tok (mA, 10A) o'lchash holatida bo'lishi kerak.
- 5) Multimetr-skopmetрни batafsilroq o'rganish uchun unga ko'rsatmalar qo'llanmasi biriktirilgan.

O'lchov natijalarini qayta ishlash.

1. O'lchovlar jadvaliga ko'ra, har bir chastota uchun $U = U(I)$ bog'liqliklarini tuzing (2a-rasm). G'alayonlangan g'altak toki va induksion g'altakdagi kuchlanish o'rtasida to'g'ridan-to'g'ri proporsional bog'liqlik mavjudligiga ishonch hosil qiling.

2. Har bir to'g'ri chiziq uchun $U(I)/I$ nisbatini aniqlang.
3. Har bir chastota uchun oldingi xatboshida olingan $\frac{U(I)}{I} = \frac{\varepsilon_i}{I}$ nisbatidan foydalanib, (15) formulaga muvofiq magnit oqim qiymatini hisoblang.
4. Olingan natijalarga grafik ishlov berish.
5. Olingan μ_0 qiymatini jadvaldagi bilan solishtiring, xulosalar chiqaring.
6. $U_f = U(I)$ bog'liqligi grafiklaridan foydalanib, g'alayonlangan g'altak tokining bir nechta qiymatlari uchun chastotaga induksiya EYuK ning $UI = U(f)$ bog'liqligi grafiklarini tuzing (2b-rasm). Induksiyaning EYuK g'alayonlangan tokning chastotasiga to'g'ridan-to'g'ri proporsional ekanligiga ishonch hosil qiling.
7. Xulosa chiqaring.

Grafiklar



2 – rasm.

Induksion EYuK ning g'alayonlangan g'altak tokiga (a) va chastotaga (b) bog'liqligi. Chap grafikdagi 1, 2, 3, 4 nuqtalar bir xil tok I_1 da, lekin f_1, f_2, f_3, f_4 turli chastotalarda U qiymatlariga mos keladi. Ushbu qiymatlarga asoslanib, kuchlanishning chastotaga nisbatan chizig'i o'ng grafikda g'alayonlangan g'altak I_1

tokiga mos keladigan chizilgan. Xuddi shu tarzda, o'ng grafikdagi 5, 6, 7-bandlarga ko'ra, joriy I2 ga mos keladigan chiziq.

Nazorat savollari

1. Magnit oqim nima? Tok zanjirichi?
2. Elektromagnit induksiya hodisasi nima?
3. Elektromagnit induksiya qonunini yozing.
4. Zanjirdagi induksion tok yo'nalishini qanday aniqlash mumkin?
5. O'tkazgich statsionar magnit maydonda harakat qilganda induksion EYuKning sababi nima?
6. Ruxsat etilgan zanjirda induksion EYuK paydo bo'lishi uchun qanday shartlar mavjud?
7. Elektrostatik va o'zgaruvchan elektr maydonlari o'rtasidagi farq nima?
8. Maksvellning o'zgaruvchan elektr va magnit maydonlari haqidagi gipotezalarini tuzing.

