

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

QARSHI DAVLAT UNIVERSITETI
FIZIKA-MATEMATIKA FAKUL'TETI
FIZIKAVAUNI O'QITISH METODIKASI KAFEDRASI

Elektromagnetizm

(Ma'ruza matni)

QARSHI-2008

TUZUVCHILAR: ziyoev t.z.
Toshpo'latov ch. X.

Ma'ruza matni fizika va astronomiya ta'lim yo'nalishlari uchun
tavsiya etiladi

Taqrizchilar: prof. B.E.Xayriddinov
dots.T.J. Jumaev

**Ma'ruza matni "Fizika va uni o'qitish metodikasi" kafedrasining
2008 yil 28-avgust yigilishida ma'qullangan va ko'paytirishga
tavsiya etilgan.**

QARSHI-2008

Asosiy adabiyotlar

1. Kalashnikov S.G. Umumiy fizika kursi. Elektr. Oliy o'quv yurtlarining fizika ixtisosi bo'yicha darslik. O'qituvchi, Toshkent-1979, 615 bet.
2. Sivuxin D.V. Kurs obhey fiziki.t.SH, Elektrichestvo, Uchebnoe posobie dlya studentov fizicheskix spetsialnostey vo'sshix uchebno'x zavedeniy. Nauka, M.-1977, 687 str.
3. Saxarov D.I. Fizika masalalari to'plami. Oliy o'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1965, 365 bet.
4. Volkenshteyn V.S. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. Oliy texnika o'quv yurtlari uchun o'quv qo'llanma. O'qituvchi. Toshkent 1969, 440 bet.
5. "Fizikadan praktikum". Elektr va optika. Iveronova taxriri ostida. T. 1968 y
b.Buribaev I., Karimov R. Elektr va magnetizmdan fizpraktikum. Universitet. T. 2002y

Qo'shimcha adabiyotlar

1. Tamm I.E. Osnovu teorii elektrichestva. Uchebnik dlya studentov fizicheskix fakultetov universitetov. Nauka, M.-1966, 624 str.
2. Savelev I.V. Umumiy fizika kursi. II qism. YUliy texnika o'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1976, 450 bet.
3. Zisman G.A., Todes O.M. Kurs obhey fiziki.t.P, Elektrichestvo, Uchebnoe posobie dlya studentov fizicheskix spetsialnostey vo'sshix uchebno'x zavedeniy. Nauka, M.-1972, 360 str.
4. Matveev A.N. Elektrichestvo i magnetizm. Vusshaya shkola. M.-1983
5. SHtrauf E.A. Kurs fiziki.tom.P, Elektrichestvo i magnetizm. Uchebnik dlya vusshix texnicheskix uchebnux zavedeniy. Leningrad-1968.
6. Buribaev I. Elektr va magnetizm. Ma'ruzalar matni.Universitet. 2000Y
7. Irodov I.E. Zadachi po obxey fizike. Uch. posobie dlya VUZov. M. Nauka, 1979, 367 s.
8. Gurev L.G. Kortnev A.V. i-dr. Sbornik zadach po obxemu kursu fiziki, Uch. posobie dlya VUZov. M. Vusshaya shkola, 1972, 432 s.
9. Sbornik zadach po obxemu kursu fiziki, pod.red. YAKovleva I.A. Uch. posobie dlya studentov fizicheskix spetsialnostey VUZov. M.Nauka, 1977, 272 str.
10. Andreev I.S., Sultanova K.A. Fizikadan praktikum."Elektr va magnetizm". O'qituvchi, Toshkent - 1976 y.
11. Karimov R.K., Buribaev I.B., YUsupov R., Sagatova X., "Elektr va magnetizm" bo'limiga oid laboratoriya ishlarini hisoblashda kichik EXM ni qo'llash. Toshkent, Universitet -1990 y.
12. Zaydel I. "Elementarnue openki oshibok izmereniy" M. 1959g.
13. Karimov R.K., YUsupov R. A "Ispolzovanie PEVM v uchebnux laboratoriyax po obxemu kursu fiziki". Universitet. 1990.

MUNDARIJA

Kirish

- I.Elektr zaryad va uning saqlanish qonuni. Elektr maydon kuchlanganligi.Gauss teoremasi va uning tadbirlari.....
- 2.3aryadni elektr maydonda ko'chirishda bajarilgan ish.Potentsial. Elektr dipol va dipol maydoni.....
- Z.Elektr maydonida o'tkazgichlar.Elektr sig'im.Kondensatorlarning sig'imi va energiyasi. Elektrostatik maydon energiyasi va energiya zichligi
- 4.Dielektriklarda elektr maydon.Dielektriklarning qutblanishi. Qutblanish vektori. Dielektrik singdiruvchanlik
- 5.Elektr toki va uning asosiy xarakteristikalar. Elektr yurituvchi kuch va kuchlanish
- b.Elektr tokining qonunlari.Om qonuni.Joul-Lents qonuni. Tashqi kuchlar.Tokning ishi va quvvati.....
7. Tarmoqlangan zanjirlar.Kirxgof qoidalar
8. Turli muhitlarda elektr toki.Termoelektron emissiya. Gazlarda elektr toki.Plazma
25
9. Magnit maydon va uning xarakteristikalar.....
- 10.Bio-Savar-Laplas qonuni va uning tadbirlari.....
- 11.Solenoid va Toroidning magnit maydoni
- 12.3aryadlangan zarralarning magnit maydonidagi harakati. Amper kuchi.Lrentts kuchi.Zarraning solishtirma zaryadi.....
- I.Magnit maydonda tokli o'tkazgichni va tokli konturni ko'chirishda bajarilgan ish.Magnit maydonning tsirkulyatsiyasi. Magnit singdiruvchanlik
- 14.Elektromagnit induksiya hodisasi.Induksiya elektr yurituvchi kuchi.....
- 15.O'zinduksiya va o'zaro induksiya.....
- 16.Magnit maydoni energiyasi. Maksvellning elektromagnit maydon nazariyasi.Siljish toki
- 17.O'zgaruvchan sinusoidal tok.Tok kuchi va kuchlanishning effektiv qiymati.Uzgaruvchan tokning ishi va quvvati.....
- 18.Sig'im va induktiv qarshiliklar.....
- 19.Elektromagnit tebranishlar. Berk tebranish konturi. Tomson formulasi.....
- 20.Garmonik tebranishlar tenglamasi.Mayatniklar. To'ltkin tenglama

Mustakil ta'lim mavzulari:

- 1 .Gauss teoremasining tadbirlari; 2.Kondensatorlarni paralel va ketma-ket ulash;
- 3.Qarshiliklarni paralel va ketma-ket ulash; 4.Suyuqliklarda elektr toki.Faradey qonunlari; 5.Magnit maydonni grafik usulda tasvirlash; 6. Tezlatgichlar. Magnitogidrodinamik generator; 7.Transformatorlar va ularning xarakteristikalar
- 8.Elektr rezonansi.Elektr zanjirining quvvat koeffitsienti

KIRISH

Fizikaning elektr va magnitizm bo'limi eramizdan oldingi VII asrdan boshlab rivojlana boshlandi. Grek faylasufi Falesning yozib qoldirganlariga ko'ra to'qimachilikdagi ba'zi to'kuv qurollarining matoga ishqalanishi natijasida engil buyumlarni o'ziga tortishi aniqlangan. Ingliz vrachi Jalbert ipakka ishqalangan shisha va bir qator boshqa moddalar shunday xossaga ega bo'lishini aniqladi. Bunday xossaga ega bo'lgan jismlarni qaxrabolangan (zaryadlangan) jismlar deb atala boshlandi. SHu bilan zaryad va zaryadlangan jismlar haqidagi ta'limot boshlanib ketdi.

Elektrlangan jismlarning (nuqtaviy zaryadlarning) o'zaro ta'sir kuchini miqdoriy jihatdan frantsuz fiziki Kulon 1785 yilda aniqladi. Italiyalik olimlar Galvani va Voltlar 1790 yil-larda galvanik batareyalarni va elektr toki hosil qilishning birinchi asoschilari bo'ldilar. Ingliz olimlari Devi va Faradeylar elektr tokining ximiyaviy ta'sirini kashf etdilar. 1820 yilda daniyalik olim Erstet elektr tokining magnit strelkasiga ta'sirini o'rganib, elektr va magnit hodisalarining o'zaro bog'liqligini aniqladi. Xuddi shu yili frantsuz olimi Amper o'z qonunini kashf qilib, barcha magnit hodisalar zaryadlangan zarralarning harakati, ya'ni elektr toki tufayli sodir bo'lishini va elektr toklarining uzaro ta'sir kuchini tajribada aniqladi. 1831 yilda Faradey elektromagnit induktsiya hodisasini kshf iqildi. Bu kashfiyot texnikada sinusoidal o'zgaruvchan elektr toki olishning birinchi nazariy asosi bo'lib hisoblandi. 1873 yilda Maksvell magnitoelektrik induktsiyani, ya'ni o'zgaruvchan magnit maydoni uyurmaviy elektr maydonini hosil qilishini isbotladi. 1886-1889 yillarda nemis fiziki Gerts Maksvell nazariyasini tajribada isbotlab, elektromagnit tebranishlarni hosil qildi. 1895 yilda rus olimi A.S.Popov radioni, ya'ni elektromagnit to'lqin yordamida simsiz (radioaloqani) aloqani ixtiro qildi.

Ingliz fiziki Tomson 1897 yilda elektronni kashf qildi. 1911 yilda gollandiyalik fizik Kamerling-Onnes o'ta o'tkazuvchanlik hodisasini kashf qildi. 1987 yilda yuqori temperaturali o'ta o'tkazuvchilar kashf qilindi.

Fizika fanining elektr va magnit hodisalar bilan bog'liq bu yutuqlari insoniyatning kundalik turmushida va texnika taraqqietida keng qo'llanilmoqda.

1-MA'RUZA

Elektr zaryadining saqlanish tsonuni. Kulon k;onuni. Gauss teoremasi.

Ma'ruza rejasi:

1.Elektr zaryadi va uning xossalari; 2.Elektr zaryadining saqlanish qonuni; 3.Elektrostatikaning asosiy vazifasi; 4.Kulon qonuni.Nuktaviy zaryadlarning o'zoro ta'sirlari; 5.Elektr maydon. 6.Elektr maydonning mikdoriy xarakteristikasi-maydon kuchlanganligi 7.Gauss teoremasi.

Jismlarni o'zaro ishqalanish paytida elektrlanishi ko'p kuzatiladi. Tabiatdagi barcha jismlar elektrlanish qobiliyatiga ega. Fizikada turli xil o'zaro ta'sirlar mavjud. Gravitatsion o'zaro ta'sirlar, elektromagnit o'zaro ta'sirlar, kuchli va kuchsiz uzaro ta'sirlar. Har bir o'zaro ta'sirning intensivligi jismni tashkil etgan zarraning har xil xarakteristikalarini orqali aniqlanadi.Masalan gravitatsion o'zaro ta'sirlar intensivligini jismlarning massalari orqali baholansa, elektromagnit o'zaro ta'sirlarni esa elektr zaryadi orqali baholanadi.

Zaryadlarning ikki turi musbat ishorali va manfiy ishorali zaryadlar majud. Ikkita jism o'zaro ishqalanish jarayonida biri musbat ikkinchisi manfiy zaryadlanadi. Uzidan elektronlarni chiqargan jism musbat zaryadlanadi, elektronlarni qobul qilgan jism esa manfiy zaryadlanadi deb qobul kilingan.

Ma'lumki, atomlar musbat zaryadlangan yadro va yadro atrofida berik orbitalar bo'yicha aylanadigan manfiy ishorali elektronlardan iborat. Agar atomdagi musbat va manfiy zaryadlar soni o'zaro teng bo'lsa, bunday atomdan tuzilgan jism elektroneytral jism deyiladi.

Zaryad miqdorini q simvol bilan belgilaymiz. Barcha zaryadlar elementar zaryadlarning yig'indisidan iborat. Har qanday zaryad elementar zaryadga butun kararli bo'ladi.

$$q=Ne \quad (1.1)$$

Bu erda e - elementar zaryad, ya'ni elektronning zaryadi, N - butun son.

Elektr zaryadi jismlarnmng asosiy va boshlang'ich xarakteristikasi bo'lib hisoblanadi va u quyidagi xossalarga ega:

1. Bir xil ishorali zaryadlar uzaro itarishishadi, har xil ishorali zaryadlar o'zaro tortishadi.

2. Har qanday izolatsiyalangan sistemada elektr zaryadlarning algebraik yig'indisi o'zgarmaydi:

$$\sum q_i = \text{const} \quad (1.2)$$

Bu erda q_i - sistema tarkibidagi ayrim jismlar elektr zaryadlarining miqdori. SHu formula zaryadlarning saqlanish qonunini ifodalaydi.

Elektr zaryadining birligi qilib kulon (Kl) qobul qilingan. Tok kuchi 1A bo'lgan o'zgarmas elektr toki o'tayotgan o'tkazgichning kundalang kesimidan 1 sekund davomida oqib o'tadigan zaryad miqdori 1 Kl deb qabul qilingan $1\text{Kl}=1\text{As}$

Qo'zg'almas zaryadlangan zaryadlar bilan bog'liq fizikaviy hodisalarni zlektrostatika bo'limi o'rgatadi. Qo'zg'almas elektr zaryadning maydoni elektrostatik maydon deb aytiladi.

Kulon zaryadlangan sharchalar orasidagi o'zaro elektr ta'sirlarni o'rganib, Kulon nomi bilan atalgan qonuniyatni ochdi. U quyidagicha ta'riflanadi:

Vakuumdagi ikki nuqtaviy elektr zaryadlarning o'zaro ta'sir kuchi zaryad miqdorlarining ko'paytmasiga tug'ri proporsional va zaryadlar orasidagi masofaning kvadratiga teskari propor-tsional bo'ladi, ya'ni:

$$F = \frac{|q_1| |q_2|}{4\epsilon_0 r^2} \quad (1-3)$$

Bu erda g - zaryadlar orasidagi masofa, - elektr doimiysi, uning son qiymati $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$.

Elektr zaryadlari o'zaro elektr maydon orqali ta'sirlashadi. Qo'zg'almas elektr zaryad atrofida elektr kuchlar ta'siri seziladigan so^ani elektr maydoni deb ataladi. Fazoning tekshiri-layotgan sohasida elektr maydoni mavjud eki mavjud emasligini bilish uchun shu sohaga sinov zvryadi kiritiladi. Agar sinov zaryadiga elektr kuchlar ta'sir etsa shu sohada elektr maydon mavjud, aksincha elektr kuchlari ta'siri sezilmasa bu sohada elektr maydoni mavjud emas deb qaraladi.

Elektr maydonni miqdoran baxrlash uchun elektr maydoni kuchlanganligi degan tushuncha kiritamiz va uni E simvol bilan belgilaymiz.

Biror q zaryadi hosil qilgan elektr maydonga q_c sinov zaryadi kiritilsa F/q_c kuch xarakteristi-kasi ^osil bo'ladi. **Bu maydon kuchlanganligi deb ataladi** va ^uyidagicha yoziladi:

$$E = \frac{F}{q_c} \quad (1.4)$$

Agar $q = 1\text{Kl}$ bo'lsa, $E = G'$ bo'ladi. Demak, maydonning biror no'qtasida birlik sinov zaryadiga ta'sir qilayotgan kuch, maydonning shu no'qtasidagi maydon kuchlanganligining fizik ma'nosini anglatar ekan. SI sistemasida E ning birligi $[E] = [\text{V/m}]$

Maydonning biror no'qtasidagi har qanday (q) no'qtaviy zaryadga maydon tomonidan F kuch ta'sir qiladi, shuning uchun (1.4) ifodani quyidagicha yozamiz.

$$F = qE \quad (1.5)$$

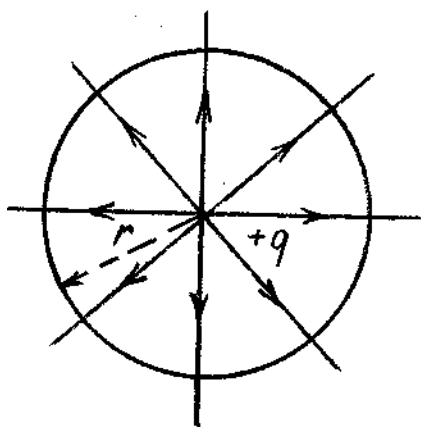
Elektr maydonida joylashgan biror sirtni kesib etaetgan kuch chiziqlari soni maydonning shu sirt orqali o'tayotgan kuchlanish oqimi deyiladi. Agar sirt kuch chiziqlarga perpendikulyar va maydon kuchlanishi E butun sirt bo'ylab bir xil bo'lsa,

$$F = ES \quad (1.6)$$

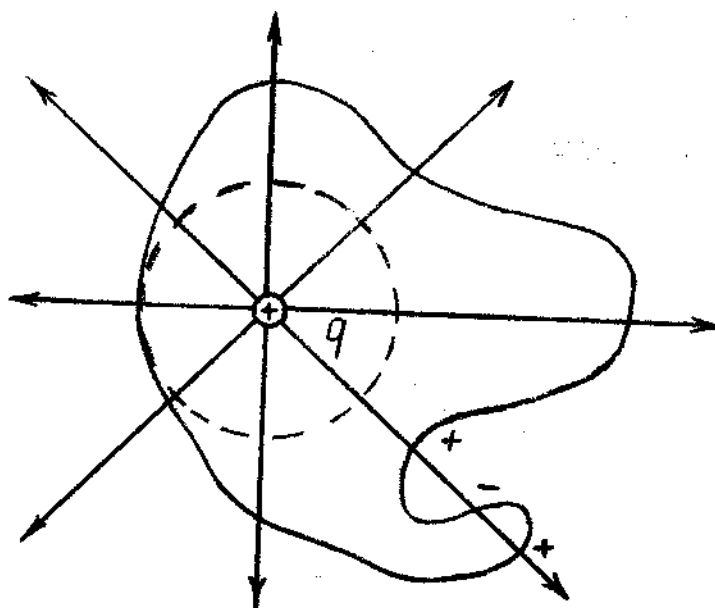
bo'ladi. Bu erda S - sirtning yuzi, E - maydon kuchlanganligi, F - kuchlanganlik oqimi.

Biror yopik sirt ichida q -zaryad mavjud bo'lsin. SHu yopik sirt orqali kuchlanganlik oqimini aniqlaymiz. (1-rasm)

Agar oqim chiziqlari sirtini ichiga yunalgan bo'lsa, uni manfiy deb va aksincha yo'nalgan bo'lsa musbat deb olamiz.



1.1.-rasm



1.2.-rasm

Soddalik uchun g - radiusli sferik sirt uning markazida turgan bitta q -zaryadni o'rab turgan holni ko'raylik (1.2-rasm).

Butun sferada maydon kuchlanganligi bir xil bo'ladi.

$$E_n = \frac{q}{4\pi \epsilon_0 r^2} \quad (1.7)$$

Bu erda g - sfera radiusi. Sferik sirtning yuzi $S=4\pi r^2$ ekanligini va (1.7) formulani hisobga olsak (1.6) formula quydagicha yoziladi,

$$\Phi = ES = \frac{q}{\epsilon_0} \quad (1.8)$$

Bu bitta zaryad miqdori uchun kuchlanganlik oqimini ifodalaydi. Agar zaryad miqdori p ta bo'lsa kuchlanganlik orimi quydagicha bo'ladi.

$$\Phi = \frac{1}{\epsilon_0} \sum q_i \quad (1.9)$$

Bu formula Gauss teoremasini ifodalaydi va quydagicha ta'riflanadi: **Zaryadlarni uz ichiga olgan har qanday shakldagi berk sirtni kesib o'tuvchi elektr maydon kuchlanganlik oqimi shu sirt ichidagi zaryadlar algebraik yig'indisiga proporsional bo'ladi.**

Gauss teoremasidan foydalanib turli shakldagi jismlar hosil qilgan maydonlarning kuchlanganligini aniqlash mumkin.

Savollar :

1. Elektr zaryadining o'lchov birligi ?
2. Elektr zaryadining saqlanish qonuni ?
3. Elektr zaryadining asosiy xossalari ? .
4. Kulon qonuni ?
5. Elektr maydon ?
6. Maydon kuchlangalligi ?
7. Elektr kuchi ?
8. Maydon kuchlanganligini fizik ma'nosi ?
9. Maydon kuchlanganlik oqimi ?
10. Gauss teoremasi ?

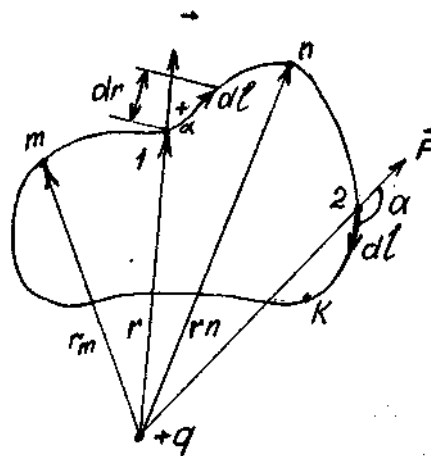
2-MA'RUZA

ELEKTR MAYDONIDA ZARYADNI KO'CHIRISHDA BAJARILGAN ISH

Ma'ruza rejasi:

1. Zaryadni elektr maydonda ko'chirishda bajarilgan ish
2. Zaryadning potentsial energiyasi
3. Zaryadning potentsiali
4. Potentsialning fizik ma'nosi
5. Maydon kuchlanganligi va potentsial orasidagi bog'lanish

Mexanik ishni ko'rganimizda ish ko'chishga bog'liqligini aytgan edik. Endi elektr maydonda harakat qilayotgan zaryadni ko'rib chiqaylik. Elektr maydonidagi har qanday zaryadga shu zaryadni xarakatlantiruvchi kuch ta'sir qiladi. Demak zaryadni ko'chirishda ish bajariladi. SHuni qarab chiqaylik. Biror q musbat no'qtaviy zaryad m no'qtada turgan bo'lsin. SHu zaryadni biror manfiy zaryad elektr maydoni kuchlari ta'sirida n no'qtaga ko'chiraylik (2.1.-rasm).



2.1-rasm

Kulon qonuniga ko'ra zaryadni harakatlantiruvchi kuch o'zgaruvchan va uning kattaligi quyidagicha bo'ladi:

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad (2.1)$$

Bu erda r -zaryadlar orasidagi masofa. Elementar dr ko'chishda bajariladigan ish $dA = Fdr$ bo'ladi. Zaryadning mn ko'chishdagi ishini topish uchun bu formulaga (2.1) ni quyib integrallaymiz. Natijada

$$A_{mn} = \int_{r_m}^{r_n} F dr = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_{r_m}^{r_n} \frac{q_1 q_2}{r^2} dr = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r_m} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r_n} \quad (2.2)$$

ifodani hosil qilamiz. Bundan ko'rinib turibiki, elektr maydonda q_2 zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish kuchishning shakliga emas, balkim faqat zaryadning boshlang'ich va oxirgi vaziyatlariga bog'liqekan.

Bunday xususiyatga ega maydonni potentsial maydon ekanligini bilamiz, **demak elektr maydon ham potentsial maydon ekan.** Bu formuladan

$$W_n = - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r} \quad (2.3)$$

elektr maydonning berilgan nuqtasida zaryadning potentsial energiyasini ifodalaydi. Minus ishorasi shuni ko'rsatadiki, zaryad maydon kuchlari ta'sirida ko'chirilgan sari uning potentsial energiyasi ko'chish ishiga aylanib kamayib borar ekan.

Birlik musbat zaryadning ($q = +1$) potentsial energiyasiga teng bo'lgan kattalik elektr maydonning potentsiali deb aytiladi:

$$\varphi = \frac{W_n}{q_2} \quad (2.4)$$

Zaryadning potentsiali ko'chirilayotgan zaryad kattaligiga bog'liq bo'lmaydi. Elektr potentsiali elektr maydonning asosiy xarakteristikasi bo'lib hisoblanadi. Potentsialning ifodasini (2.2) ga qo'ysak:

$$A_{mn} = W_m - W_n = q_2(\varphi_m - \varphi_n) \quad (2.5)$$

formula $A = \varphi_m - \varphi_n$ adi. Agar $q = +1$ deb faraz qilinsa ishning ifodasi hosil bo'ladi.

SHunday qilib, maydonning ikki nuqtasi orasidagi potentsiallar ayirmasi maydon tomonidan birlik musbat zaryadni bir nuqtadan ikkinchisiga ko'chirishda bajarilgan ishga teng bo'lar ekan.

Agar q zaryadni cheksizlikka ko'chirilsa va $q = +1$ bo'lsa $A = \varphi$ ekanligi kelib chiqadi.

Demak, elektr maydonning ixtiyoriy nuqtasidagi potentsiali birlik musbat zaryadni shu nuqtadan cheksizlikka ko'chirishda bajarilgan ishga teng ekan. Bu potentsialning fizik ma'nosini bildiradi. YUkoridagi ifodadan ko'rinib turibiki, potentsialning o'lchov birligi $V = J/Kl$ bo'lar ekan.

Zaryadni elektr maydonda berk yo'l bo'ylab ko'chirishda bajarilgan ish nolga teng bo'ladi. Eletr maydoni kuchlanganligi va potentsiali orasidagi bog'lanish quyidagicha bo'ladi:

$$\mathbf{E} = - \text{grad} \varphi \quad (2.6)$$

Demak elektr maydon kuchlanganligi - potentsial gradientining manfiy ishora bilan olingani-dir. Manfiy ishora E vektor potentsial ortib boradigan tomonga teskari yunalganligini bildiradi.

Maydon kuchlanganligining o'lchov birligi $E = V/m = N/Kl$

Savollar:

1. Zaryadni elektr maydonda ko'chirishda bajarilgan ish kuchishga bog'liqmi?
2. Zaryadning potentsiali nima? Z. Zaryadning potentsial energiyasi nima?

3-MA'RUZA

ELEKTR MAYDONDA O'TKAZGICHLAR

Ma'ruza rejasi:

1. O'tkazgichlarda zaryadlarning taqsimlanishi;
2. Kondensatorlar sig'imi va energiyasi;
- Z. Elektrostatik maydon enegiya zichligi.

O'tkazgichlarda zaryad tashuvchilar vazifasini erkin elektronlar bajaradi. O'tkazgichlarda manfiy va musbat zaryadlar soni o'zaro teng bo'lsa bunday o'tkazgich elektroneytral ya'ni zaryadlan-magan o'tkazgich bo'lib hisoblanadi. O'tkazgichlarda zaryadlar sirt bo'ylab taqsimlanadi. Demak sirt zichligi degan tushuncha kiritamiz. Zaryadlarning sirt zichligi quyidagicha ifodalanadi:

$$\sigma = \frac{q}{S} \quad (3.1)$$

Bu erda σ - zaryadning sirt zichligi, q - zaryad miqdori, S - o'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzasi.

O'tkazgichlarning sirti bo'ylab zaryad taqsimlanishda asosan ikkita holat har doim o'rinli bo'ladi:

1. O'rtiqcha zaryadlar o'tkazgichning egriligi katta bo'lgan tashqi sirt yuzalarida kattaroq sirt zichlikka ega bo'ladi, egriligi kichikroq bo'lgan sirt yuzalarida zaryadlarning sirt zichligi kichikroq bo'ladi;

2. Ichi xavol bo'lgan o'tkazgichlarning ichki sirtlarida o'rtiqcha zaryadlar bo'lmaydi ya'ni $\sigma = 0$ bo'ladi.

SHunday qilib xulosa qilish mumkinki, zaryadlar faqatgina siferik sirtlarda tekis tarqaladi.

O'tkazgichga biror q zaryad berilsa buzaryad qisqa vaqt ichida o'tkazgichning butun sirti bo'ylab tarqaladi va o'tkazgichda zaryadlar muvozanati yuzaga keladi. Zaryadlar muvozanati paytida quyidagi shartlar bajariladi:

Maydon kuchlanganligining qiymati o'tkazgich ichidagi nuqtalarda nolga teng ($E = 0$).

2.O'tkazgichning tashqi sirtidagi yaqin nuqtalarda elektr maydoni kuchlanganlik vektori o'tkazgich sirtiga utkazilgan normal bo'ylab yo'nalgan bo'ladi ($E = E_n$).

Z.O'tkazgichning ichidagi va sirtidagi barcha no'qtalarning potentsiallari bir xil bo'ladi, ya'ni o'tkazgichning sirti ekvipotentsial bo'ladi.

O'tkazgich tashqarisidagi sirtga yaqin bo'lgan no'qtalarda elektr maydoni kuchlanganligi o'tkazgichdagi ortiqcha zaryadlarning sirt zichligiga tug'ri proporsional bo'ladi

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon} \quad (3.2)$$

Bu erda ϵ_0 -elektr doimiysi. ϵ -dielektrik singdiruvchanlik SHunday qilib, o'tkazgichlarning k,irrali uchlarida elektr maydoni kuchli bo'ladi chunki bu nuqtalarda zaryadlarning sirt zichligi katta qiymatlarga erishadi.

Biror metall o'tkazgichni kuchlanganligi E bo'lgan tashqi maydonga kiritaylik. Bunda tashqi va ichki maydon kuchlanganliklari tenglashadi va natijada o'tkazgich ichida natijaviy maydon kuchlanganligi nolga aylanib qoladi ya'ni zaryadlar muvozanati yuzaga keladi. Bu holat, ya'ni taki maydonga kiritilgan o'tkazgich uchlarida qarama-qarshi ishorali zaryadlarning paydo bo'lishi elektrostatik induksiya x,odisasi deyiladi.

Biror o'tkazgichga q zaryad miqdori beraylik unda o'tkazgich potentsialining o'zgarishi shu q zaryad miqdoriga proporsional bo'ladi, ya'ni

$$q = C\phi \quad (3.3)$$

Bunda ϕ -o'tkazgichning potentsiali, S - **proporsionallik koeffitsienti o'tkazgichning elektr sig'imi deb ataladi.** Ko'rinib turibiki, elektr sig'imi o'tkazgichdagi zaryad miqdori o'tkazgich potentsialidan qanchaga farqlanishini miqdoran baholar ekan. (3.3) dan

$$C = \frac{q}{\phi} \quad (3.4)$$

ni hosil qilamiz. Elektrsig'imining o'lchov birligi SI sistemasida $S = Kl/V =$ Farad.

Demak 1 farad shunday o'tkazgichning elektr sig'imi ekanki, bu o'tkazgichga 1Kl zaryad berilganda uning potentsiali 1B ga ortadi.

Agar o'tkazgichlar muntazam geometrik shaklga ega bo'lsa ularning elektr sig'imini nazariy yo'l bilan hisoblash mumkin. Masalan radiusi R bo'lgan sharning elektr sig'imini hisoblaydigan formulani topaylik. Agar sharga q zaryad berilsa uning potentsiali quyidagi formuladan x^soblanadi:

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon R} \quad (3.5)$$

(3.4) ni (3.5) ga qo'ysak sharning sig'imini ifodalovchi formula kelib chiqadi:

$$C_{ш} = 4\pi\epsilon_0\epsilon R \quad (3.6)$$

Demak sharsimon o'tkazgichlarning elektr sig'imi sharning radiusigi va shu sharni o'rab turgan muhitning dielektr singdiruvchanligiga bog'liq bo'lar ekan.

Odatda elektr sig'imini faradaning ulushlaridaham ifodalanadi.

$$1 \text{ mikrofara}da \text{ (mkF)} = 10^{-6} \text{ F}$$

$$\text{nanofara}da \text{ (nF)} = 10^{-9} \text{ F}$$

$$\text{pikofara}da \text{ (pF)} = 10^{-12} \text{ F}$$

Ikki yassi paralel plastirkadan iborat qurilmani kondensator deb ataladi. Kondensatorning elektr sig'imi uning qoplamasidagi zaryad miqdorining qoplamalar orasidagi potentsiallar farqiga bo'lgan nisbatiga teng, ya'ni

$$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} = \frac{q}{U} \quad (3.7)$$

Texnikada asosan yassi kondensatorlar ko'p qo'llaniladi. Kondensator qoplamalarining o'lchamlari qoplamalar orasidagi masofaga nisbatan ancha katta bo'lishi kerak. Shundagina hosil bo'layotgan elektr maydon faqat krplamlar orasida mavjud bo'ladi va bu maydon bir jinsli maydon bo'lib hisoblanadi. Kondensator qoplamalaridagi potentsiallar farqi qoplamalar orasidagi elektr maydon kuchlangan ligi bilan quyidagicha bog'langan:

$$U = E d \quad (3.8)$$

Bu erda d -qoplamalar orasidagi masofa, U -potentsiallar farqi, E -elektr maydon kuchlangan-ligi.

Qoplamalar orasidagi maydon kuchlanganligini quyidagicha ifodalash mumkin

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0\epsilon} = \frac{q}{\epsilon_0\epsilon S} \quad (3.9)$$

Bu erda S -qoplamamng yuzasi, σ -qoplamdagi zaryadning sirt zichligi, ϵ qoplamalar orasidagi muhitning dielektrik singdiruvchanligi. (3.8) va (3.9)

lardan U ni topamiz

$$U = \frac{q d}{\epsilon_0 \epsilon S} \quad (3.10)$$

Buni olib borib (3.7) ga qo'ysak yassi kondensatorning elektr sig'imi kelib chiqadi, ya'ni:

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d} \quad (Z.P)$$

Ko'rinib turibiki, kondensatorlarning sig'imini oshirish uchun qoplamlarni iloji bori-cha yaqinlashtirish, qoplamlar yuzasini oshirish va qoplamlar orasiga dielektrik singdiruvchan-ligi kattaroq bo'lgan muhit kiritish kerak ekan. Qoplamlar orasiga kiritilgan dielektrik qutblanadi va xususiy maydon hosil qiladi buning natijasida koplamlar orasidagi elektr maydon susayadi bu esa uz novbatida qoplamlar orasidagi potentsiallar farkini kamaytiradi va shuning evaziga kondensatorning sigimi ortadi. Xar bir dielektrik uchunxam biror bir chegaraviy kuchlanish mavjudki, agar kondensator bu chegaraviy kuchlanish kiy matidan ortiqcha kuchlanishgacha zaryadlansa zaryad miqdori dielektrikni teshib ikkinchi qoplamga o'tadi va kondensator ishdan chiqib yaroqsiz bulib koladi.

Kerakli elektr sig'imi olish uchun kondensatorlar batareyasidan foydalaniladi. Kondensator-lar batareyasini ketma-ket va paralel o'lash yo'li bilan kichik eki katta sig'imlar olish mumkin.

Kondensatorlarni ketma-ket ulanganda sig'im kamayadi, paralel ulanganda esa sigim ortadi.

Zaryadlangan kondensatorning energiyasi quyidga ifoda yordamida xisoblanadi:

$$W = \frac{cu^2}{2} = \frac{qu}{2} \quad (3.12)$$

SHu ifoda elektrostatik maydon enegiyasi bo'lib ham hisoblanadi. Endi elektr maydon energiyasini zichligini hisoblaydigan ifodani keltirib chiqaraylik. (3.8),(3.11) va (3.12) lardan foydalanib kuyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$\omega_3 = \frac{\epsilon_0 \epsilon}{2} \mathbf{E}^2 \quad (3.13)$$

Agar elektr induktsiyasi $\mathbf{D} = \epsilon \epsilon_0 \mathbf{E}$ ekangligini hisobga olsak(ZLZ) quyidagi ko'rinishni oladi:

$$\omega = \frac{\mathbf{E} \mathbf{D}}{2} \quad (3.28)$$

Kondensator qoplamlari orasidagi maydon bir jinslidir. SHuning uchun bu maydon energiyasining zichligiham qoplamlar orasida bir xil bo'ladi. Agar elektrostatik maydon zaryadlangan o'tkazgich orqali hosil

bo'layotgan bo'lsa maydonning energiya zichligi turli nuqtalarda turli xil bo'ladi, chunki zaryaddan uzoq bo'lgan sohalarda maydon kuchsizroq yaqinroq bo'lgan sohalarda esa maydon kuchliroq bo'ladi.

Savollar:

1. Nega o'tkazgichning bo'rtib chiqqan uchlarida maydon kuchlanganligi katta bo'ladi?
2. Elektr sig'imi nima?
3. YAssi kondensator sig'imi?
4. Katta elektr sig'im hosil qilish uchun kondensatorni qanday tanlash kerak?
5. Elektrostatik maydon energiyasi?

4-MA'RUZA

DIELEKTRIKLARDA ELEKTR MAYDON

Ma'ruza rejasi:

1. Dielektriklar; 2. Qutblanish vektori; 3. Elektr induksiya vektori.

Elektr toki o'tkazmaydigan moddalar dielektriklar bo'lib hisoblanadi. Dielektrlarda erkin harakatlanadigan zaryadlar bo'lmaydi. Agar elektr maydonga dielektrik kiritilsa maydonningham dielektrikningham xossalari o'zgaradi. Dielektrlardagi atom va molekulalarning musbat va manfiy zaryadlari o'zaro teng bo'ladi. Bunday hollarda molekula elektroneytral sistema deb qaraladi. Agar manfiy va musbat zaryadlar markazi uzaro usma-ust tushsa bunday molekula qutbsiz, aks holda qutblangan molekula bo'lib hisoblanadi.

Qutbli molekulalardan tashkil topgan dielektriklar qutbli dielektriklar, qutbsiz molekulalardan tashkil topgan dielektriklar qutbsiz dielektriklar deyiladi.

Elektr maydon yo'q paytlarda dielektrik molekulalarining dipol momenti nolga teng. Tabiatda barcha dielektriklar neytral holatda bo'ladi.

Agar dielektrlarga tashqi elektr maydon ta'sir qilsa dielektrik tarkibidagi molekula-larning musbat va manfiy zaryadlari bir-biriga nisbatan siljiydi, ya'ni dielektrlarda elektr qutblari paydo bo'ladi. Bu hodisa dielektrlarning qutblanishi deb aytiladi.

Tabiatda mavjud barcha dielektrlarga tashqi elektr maydon ta'sir qilganda dielektrik tarkibidagi ionlarning musbat zaryadi maydon yo'nalishi bo'yicha manfiy zaryadi esa maydonga qarama-qarshi yo'nalgan bo'ladi.

Dielektrlarning qutblanganlik darajasini miqdoran xarakterlash uchun qutblanish vektori deb ataladigan kattalik qo'llaniladi. Qutblanish vektori

quyidagicha ifodalanadi:

$$\mathbf{P} = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\sum \mathbf{p}_i}{\Delta V} \quad (4.1)$$

Bu erda $\mathbf{R}$ -kutblanish vektori, $\mathbf{P}_i$ -i dipolning elektr momenti. SI sistemasida qutblanish vektorining o'lchov birligi $R = \text{Kl/m}^2$ Izotrop dielektrlarda qutblanish vektori bilan maydon kuchlanganligi orasida quyidagi bog'lanish mavjud:

$$\mathbf{P} = \chi_3 \epsilon_0 \mathbf{E} \quad (4.2)$$

Bu erda χ_3 -dielektrik qobul qiluvchanlik, u o'lchamsiz kattalik bo'lib, qutbsiz molekulalardan iborat dielektrlar uchun temperaturaga bog'lik, emas. Qutblangan molekulalardan iborat dielektrlar uchun temperaturaga teskari proportsional bo'ladi. ϵ_0 - elektr doimiysi, $\mathbf{E}$ -elektr maydon kuchlanganligi.

Agar biror dielektrik tashqi elektr maydoniga kiritilsa maydon kuch chiziq-lari kiradigan nuqtalarda manfiy zaryadlar kuchlanganlik chiziq-lari chiqadigan nuqtalarda musbat zaryadlar to'planib qoladi. **Bu zaryadlar dielektrik molekulalari bilan bog'langan bo'lib, bu molekuladan tashqariga chiqa olmaydi. Bu zaryadlarni bog'langan zaryadlar deb aytamiz.**

Bog'langan zaryadlar qutblanish vektori bilan quyidagicha bog'langan:

$$q_6 = P S \quad (4.3)$$

Bu erda q -bog'langan zaryad, $\mathbf{R}$ -kutblanish vektori, S -dielektrik sirtining yuzasi.

Qutblanish vektorining oqimi uchun Gauss teoremasi quyidagicha ifodalanadi:

$$\Phi_p = - \sum q_6 \quad (4.4)$$

Dielektrik ichida olingan ixtiyoriy yopik sirt orqali tsutblanish vektorining oqimi shu sirt bilan chegaralangan hajmdagi bog'langan zaryadlar algebraik yig'indisining teskari ishora bilan olingan qiymatiga teng.

Elektr maydon induksiya vektori elektr maydoni kuchlanganligi bilan "quyidagicha bog'langan:",

$$\mathbf{D} = \epsilon \epsilon_0 \mathbf{E} \quad (4.5)$$

Bu erda $\mathbf{D}$ -elektr maydoni induksiya vektori, ϵ -muhutning dielektrik singdiruvchanligi, ϵ_0 -elektr doimiysi, $\mathbf{E}$ -elektr maydoni

kuchlanganligi. Vakuumda $\epsilon = 1$ demak $\mathbf{D} = \epsilon_0 \mathbf{E}$ bundan ko'rinib turib-tiki,

$$\epsilon = \frac{E_0}{E} \quad (4.6)$$

Demak muhitning dielektrik singdiruvchanligi elektr maydonga kiritilgan dielektrikdagi maydon vakuumdagi maydon kuchlanganligiga nisbatan qanchaga susayishini ifodalaydi.

SHu narsani ta'kilash kerakki, dielektrlarda dipollar tartibsiz joylashganligi tufayli tashqi elektr maydon ta'sir etmaguncha qutblanish vektori nolga teng bo'ladi. Ammo segnetoelektriklar deb ataluvchi moddalar uchun bu hol o'rinli emas. Masalan segnet tuzi segnetoelektrik moddaga misol bo'ladi.

Segnetoelektriklar uchun quyidagi xususiyatlar o'rinli bo'ladi:

1.Segnetoelektrlarda dielektrik singdiruvchanlik nihoyatda katta bo'ladi.

2.Segnetoelektrlarning dielektrik singdiruvchanligi tashqi maydon kuchlanganligiga bog'liq

Z.Segnetoelektrikning qutblanish vektori R ning qiymati bu segnetoelektrik dastlab qanday sharoitda bo'lganligiga bog'liq. Masalan E ning bir xil qiymatiga R ning bir necha k;iymati mos kelishi mumkin.

Savollar:

1 .Dielektriklar qanday xususiyatlarga ega?

2.Qutblangan dielektrlarni tushintiring?

Z.Qutblanish vektori nimani ifodalaydi?

4.Qutblanish vektorining oqimi nima?

5.Dielektrik singdiruvchanlik nima?

5-MA'RUZA

ELEKTR TOKINING ASOSIY XARAKTERISTIKALARI

Ma'ruza rejasi:

1.Elektr tokining kuchi va zichligi;

2.Elektr yurituvchi kuch;

Z.Kuchlanish.

Zaryadlangan zarralarning tartibli harakatiga elektr toki deb aytiladi. Demak elektr toki elektr zaryadlarining oqimi ekan. Elektr toki moddalar orqali o'tganda issiqlik, optik va ximiyaviy xodisalar kuzatiladi.

Elektr toki ikki turga bo'linadi: o'tkazuvchanlik toki va konveksion tok. **Utkazgichlardagi elektr toki o'tkazuvchanlik toki deb ataladi.** Biror zaryadlangan jismni fazoning biror nuqtasi-dan ikkinchi nuqtasiga ko'chirilsa jism tarkibidagi zaryad ham fazoda harakatlanadi demak elektr toki vujudga keladi. Bunday tok konveksion tok deb ataladi.

Elektr tokining yo'nalishi sifatida musbat zaryadlarning yo'nalishi qabul qilingan. Elektr tokini miqdoran baxolash uchu tok kuchi degan karakteristikani kiritamiz. Biror o'tkazgichning S ko'ndalang yuzasidan dt vaqt ichida dq zaryad

miqdori oqib utayogan bo'lsa bunday tokning kuchi quyidagicha ifodalanadi:

$$I = \frac{dq}{dt} \quad (5.1)$$

Vaqt utishi bilan tokning kuchi va yo'nalishi o'zgarmasa bunday tokni o'zgarmas tok deyiladi.

Elektr tokini miqdoran baholaydigan xarakteristikalaridan biri tok zichligi degan kattalikni kiritamiz.

Zaryad oqimining harakat yo'nalishiga perpendikulyar bo'lgan birlik yuzaga mos keluvchi tok kuchining miqdoriga tok zichligi deb aytamiz:

$$J = \frac{I}{S} \quad (5.2)$$

SI sistemasida tok kuchining o'lchov birligi Kl/s = Amper (A) deb qobul qilingan, tok zichligining o'lchov birligi A/m ekanligi ko'rinib turibdi. Tok zichligini quyidagi ko'rinishda ham ifodalash mumkin:

$$J = qmu \quad (5.3)$$

Bu erda **q** -zaryad miqdori, **n** -zaryadlar konsentratsiyasi, **u** -zaryad tezligi.

Endi elektr yurituvchi kuch (E.YU.K.) va kuchlanish (U) ni ko'rib chiqaylik. Agar o'tkazgichning biror uchida ortiqcha manfiy ishorali zaryadlar boshqa uchida ortiqcha musbat ishorali zaryadlar bulsa o'tkazgichning potentsiali yukoriroq qismidan potentsiali pastrok qismiga karab yo'nalgan elektr maydon vujudga keladi. (5.1-rasm) Bu maydon kuchlari ta'sirida musbat va manfiy zaryadlar o'zaro qarama-qarshi holda tartibli harakat qilib, o'tkazgich bo'ylab elektr toki o'ta boshlaydi. Qarama-qarshi ishorali zaryadlar birlashib bo'lgandan so'ng o'tkazgich-ning barcha nuqtalarida potentsiallar tenglashib krladi. Va o'tkazgichda elektr maydon yuqoladi, ya'ni elektr toki to'xtaydi.

O'tkazgichda doimiy tarzda tok oqib turishi uchun qarama-qarshi ishorali zaryadlarni muntazam ravishda ajratib turadigan maxsus manba kerak. Bu manba uzuluksiz tarzda o'tkazgichning a va b uchlarida potentsiallar farkini hosil qilib turadi. SHuning uchun bu manbani elektr tokining manbai deb aytamiz. Tok manbalari sifatida akkumlyatorlar va galvanik elementlar ishlatiladi. Birorta berk zanjir tanlansa bu zanjirdagi zaryadlarga tashqi kuchlar va elektr maydon kuchlari ta'sir qiladi. Berk zanjirda elektr maydonning q zaryadni ko'chirishda bajarilgan ishi nolga teng. SHuning uchunham berk zanjirda bajarilgan umumiy ish faqat tashqi kuchlar manbaining energiyasi hisobiga tok manbai ichida sodir bo'ladi. Demak berk zanjir bo'ylab q zaryadni ko'chirishda tashqi kuchlar At ish bajargan bo'lsa, u xrla tok manbaining E.YU.K. chi quyidagicha ifodalanadi:

$$\varepsilon = \frac{At}{q} \quad (5.4)$$

Birlik musbat zaryadni berk zanjir bo'ylab ko'chirishda tashqi kuchlar

tomonidan bajarilgan ish mi[^]dor jihatidan tok manbaining E.YU.K. ni xarakterlaydi.

SI sistemasida E.YU.K. ning o'lchov biligi qilib Volt qabul qilingan: **IB shunday tok manbaining elektr kuchiki, bunda manbani o'z ichiga olgan berk zanjir bo'ylab 1Kl zaryadni ko'chirishda 1J ish bajariladi.**

U holda q zaryadga ta'sir qilaetgan G't tashqi kuchni quyidagicha yozish mumkin:

$$\mathbf{F}_T = q\mathbf{E}_T \quad (5.5)$$

Bu erda E_T -tashqi kuchlar maydonining kuchlanganligi. U holda tapidi kuchlar bajargan ish

$$A_T = \oint \mathbf{F}_T d\mathbf{l} = q \oint \mathbf{E}_T d\mathbf{l} \quad (5.6)$$

bo'ladi. (5.4) ni hisobga olsak E.YU.K. quyidagicha yoziladi:

$$\varepsilon = \oint \mathbf{E}_T d\mathbf{l} \quad , \quad (5-7)$$

Demak, berk zanjirda ta'sir etuvchi E.YU.K. ni tashqi kuchlar maydoni kuchlanganligi vektorining tsirkulyatsiyasi tarzida ifodalash mumkin.

Endi kuchlanish tushunchasi bilan tanishaylik. Elektrostatikada a va b nuqtalar orasidagi kuchlanish deganda shu nuqtalardagi elektr maydoni potentsialining farqi tushiniladi. Zanjirning biror ab qismida kuchlanish deganda shu qismda q birlik musbat zardni kulon va tashqi kuchlar ta'sirida bajarilgan ish tushiniladi:

$$U_{ab} = (\varphi_a - \varphi_b) + \varepsilon_{ab} \quad (5.8) \text{ Agar zanjirning}$$

tekshirilayotgan qismida E.YU.K. bo'lmasa ($\varepsilon=0$)

$$U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b \quad (5.9)$$

bo'ladi. Kuchlanish birligi qlib ham V qobul qilingan.

Savollar:

- 1 .Elektr toki nima? 2.Tok kuchi nima? 3 .Tok zichligi nima?
- 4.Elektr yurituvchi kch nima?
- 5.Kuchlanish nima?

6-MA'RUZA

ELEKTR TOKINING QONUNLARI

Ma'ruza rejasi:

- 1 .Om vrnuni;
- 2.Joul-Lents qonuni;
- Z.Kirxgof qoidalari.

Om qonuni tajribalar asosida kashf etilgan qonun bo'lib, u zanjirning bir jinsli bo'lmagan va bir jinsli bulgan qismlari uchun alohqd alohida ifodalanadi. Agar elektr zanjirining tekshirilayotgan qismida EYUK ta'sir etmasa zanjirning bunday qismini bir jinsli bo'lmagan qismi deyiladi. Aksincha zanjirning tekshirilayotgan qismida EYUK ta'sir etsa bunday qism bir jinsli bo'lmagan qism deb tushiniladi.

Zanjirning bir jinsli qismi uchun Om qonuni quyidagicha ta'riflanadi:

Bir jinsli metall o'tkazgich orqali o'tayotgan tok kuchi kuchlanishga tug'ri proportsional bo'ladi:

$$I = \frac{U}{R} \quad (6.1)$$

Bu erda R -o'tkazgichning qarshiligi. Utkazgichning qarshiligi uning o'lchamlariga bog'liq, ya'ni:

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (6.2)$$

Bu erda ρ -o'tkazgichning solishtirma elektr qarshiligi, l -uzunligi, S - o'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzasi.

Qarshilikning o'lchov birligi Om, solishtirma elektr qarshilikning o'lchov birligi Om*m

O'tkazgichning qarshiligi temperaturagaham bog'liq bo'ladi:

$$R = R_0(1 + \alpha t) \quad (6.3)$$

Bu erda $\alpha = 1/273$ qarshilikning temperatura koefitsienti, t - temperatura.

Zanjirning bir jinsli bo'lmagan qismi uchun Om qonuni quyidagicha ifodalanadi:

$$I = \frac{U_{ab}}{R_{ym}} = \frac{(\varphi_a - \varphi_b) + \epsilon_{ab}}{R + r} \quad (6-4)$$

Bu erda ϵ_{ab} -EYUK, r -zanjirdagi batareyaning ichki qarshiligi.

Agar zanjirning tekshirilaetgan qismida batareya bo'lmasa, ya'ni $\varepsilon_{ab} = 0$ bo'lsa unda zanjirni hisoblashda (6.1) formuladan, zanjirning bir qismi uchun Om qonunidan foydalaniladi.

Agar zanjir berk bo'lsa, ya'ni $(\varphi_a - \varphi_b)$ nolga teng bo'lsa berk zanjir uchun Om qonunining ifodasi quyidagi ko'rinishni oladi:

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r} \quad (6.5)$$

Bu erda ε -berk zanjirdagi barcha EYUK larning algebraik yig'indisi $R+r$ - zanjirdagi umumiy qarshilik.

Zanjirning bir jinsli bo'lmagan qismi uchun Om qonuni quyidagi ko'rinishda eziladi:

$$J = \sigma E \quad (6.6)$$

Bu erda σ -materialning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi, E -elektr maydoni kuchlanganlik vektori.

Zanjirning bir jinsli bo'lmagan qismi uchun Om qonunining differentsial ko'rinishi quyidagicha bo'ladi:

$$J = \sigma(E + Et) \quad (6.7)$$

Bu erda Et -zanjirning tekshirilayotgan qismida tok manbaida ta'sir etaetgan tashqi kular maydonining kuchlanganligi, J - tok zichligi.

JOUL-LENTS QONUNI

O'tkazgichdan tok o'tayotganda o'tkazgichdan issiqlik miqdori ajralib chiqadi. Buni Joule-Lents qonuni yordamida hisoblash mumkin. Zanjirning bir jinsli qismidagi U kuchlanish tufayli vujudga kelgan elektr maydon o'tkazgichning dS ko'ndalang kesimida dt vaqt ichida $dq = Idt$ zaryadni ko'chiradi. Bunda elektr tokining bajargan elementar ishi quyidagicha bo'ladi:

$$dA = IUdt \quad (6.8)$$

Elektr tokining quvvati esa quyidagicha aniqlanadi:

$$N = \frac{dA}{dt} = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R} \quad (6.9)$$

Elektr tokining ishi (J) larda quvvati esa (Vt) larda o'lchanadi. $J = A \cdot V \cdot s$, $Vt = A \cdot V$.

Metall o'tkazgichdan elektr toki utaetganda tokning bajargan ishi shu o'tkazgichning ichki energiyasining ortishiga, ya'ni issiqlik energiyasiga aylanadi. U quyidagicha yoziladi:

$$dQ = I^2 R dt \quad (6.10)$$

Bu formula Joule-Lentz qonunini ifodalaydi va quyidagicha ta'riflanadi:

Utkazgichdan ajralib chiqatgan issiqlik miqdori o'tkazgichdan o'tatgan tok kuchiga, o'tkazgichning qarshiligiga va vatstga tugri proporsional bular ekan.

Joule-Lentz k/enuninig differentsial ko'rinishi quyidagicha bo'ladi:

$$\omega = jE = \tau E^2 \quad (6.11) \text{ Bu erda } \omega \text{-tok issiyyugak}$$

k - vvatining zichligi, j - tok zichligi.

Savollar:

- 1.3anjirning bir jinsli bo'lmagan qismi uchun $\sum Om$ qonuni?
- 2.Berk zanjir uchun $\sum Om$ qonuni?
- 3.O'tkazgichning qarshiligi?
- 4.Solishtirma elektr o'tkazuvchanlik?
- 5.Qarshilikning temperaturaga bog'liqligi?
6. $\sum Om$ qonunining differentsial ko'rinishi?
- 7.Joule-Lentz qonuni?
- 8.Joule-Lentz qonunining differentsial ko'rinishi?

7-MA'RUZA

KIRXGOF QOIDALARI

Ma'ruza rejasi:

- 1 .Tarmoqlangan zanjirlar;
- 2.Kirxgofning birinchi qoidasi;
- 3 .Kirxgofning ikkinchi qoidasi.

Bir nechta tugunlar va EKJ lardan iborat zanjirlarni murakkab tarmoqlangan zanjirlar deb qaraladi. Bunday zanjirlarni xisoblashda $\sum Om$ qonunlari etarli bo'lmay qoladi. Tarmoqlangan zanjirlar Kirxgof qoidalarini yordamida hisoblanadi.

Elektr zanjirining kamida uchta utkazgich tutashgan nuqtasi tugun deyiladi. Tugunga kiratgan toklar musbat ishora bilan olinadi, tugundan chiqatgan toklar manfiy ishora bilan ko'rib kilinadi.

Tugunga uchrashuvchi toklarning algebraik yig'indisi nolga teng ekan, tugunga kiruvchi toklarning arifmetik yig'indisi tugundan chiquvchi toklarning arifmetik yig'indisiga teng

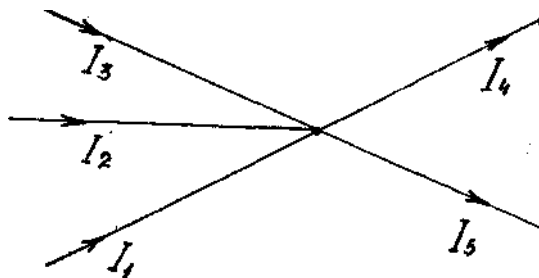
$$\sum I_i = I_1 + I_2 + I_3 - I_4 - I_5 = 0$$

(7.1)

7.1-rasmdagi tugun uchun Kirxgofning birinchi qonunini quyidagicha yozamiz:

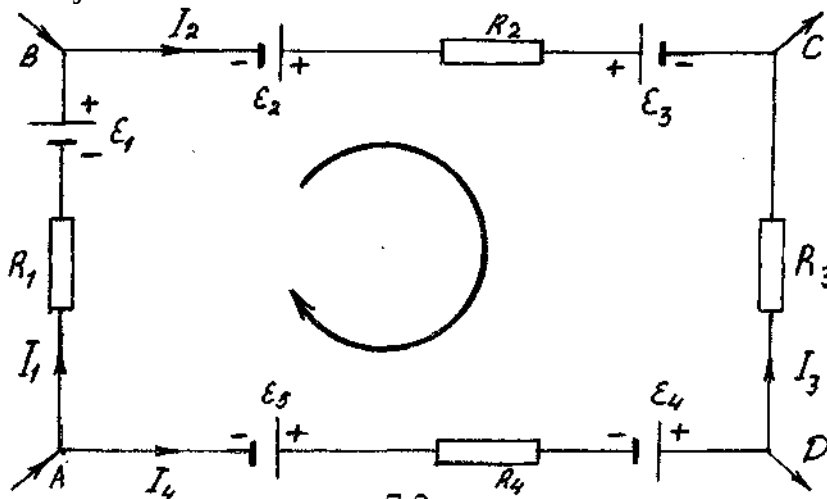
$$I_1 + I_2 + I_3 = I_4 + I_5$$

(7.2)



7.1-rasm

Kirxgofning ikkinchi qoidasining analitik ifodasini keltirib chiqaraylik. Biror tarmoqlangan elektr zanjirdan ixtiyoriy ABCD berk konturni ajratib olamiz (7.2-rasm). SHu konturni ixtiyoriy yunalishda aylanib chiqib, kushni tugunlar orasidagi zanjir qismlari uchun Om qonunini qullaymiz. Bunda quyidagi uchta asosiy shart bajarilishi kerak:



7.2 - rasmi.

1. Zanjir qismining umumiy qarshiligi deganda shu qismdagi tashqi va ichki qarshiliklarning yig'indisi olinishi kerak.
2. Konturni aylanish yunalishi bilan mos tushgan toklarning yunalishini musbat, aylanish yunalishiga teskari bulgan toklar yunalishini manfiy deb qobul kilinadi.
3. Tok manbaining manfiy qutbidan musbat qutbi tomon yurish konturni aylanish yunalishi bilan mos tushsa bu manbaining EYUK musbat aks holda manfiy deb qobul qilinadi. SHunday qilib,
 AV qism uchun $I_1 R_2 = \varphi_a - \varphi_b + E_1$ VS
 $qism$ uchun $I_2 R_2 = \varphi_b - \varphi_c + E_1 - E_1$ CD qism uchun $-I_3 R_3 = \varphi_c - \varphi_d$
 DA qism uchun $-I_4 R_4 = \varphi_d - \varphi_a - E_4 - E_5$ Bu tenglamalarni qo'shsak
 hrsil bo'ladi:

$$\sum I_i R_i = \sum \varepsilon_i \quad (7.3)$$

Demak tarmoqlangan ixtieriy elektr zanjirdagi berk kontur uchun potentsial tushuvlarning yig'indisi shu kontur qismlaridagi EYUK larning algebraik yig'indisiga teng.

Mana shu (7.3) tenglamadan foydalanib ixtiyoriy murakkab tarmoqlangan zanjirning parametrlarini hisoblash mumkin.

Savollar:

- 1.Kirxgofning birinchi qoidasi? 2.Kirxgofning ikkinchi qoidasi? Z.Konturdagi tok yo'nalishi qanday tanlanadi?
- 4.Konturdagi EYUK ning yo'nalishi qanday tanlanadi?

8-MA'RUZA

TURLI MUXITLARDA ELEKTR TOKI

Ma'ruza rejasi:

- 1.Metallarda tok tashuvchilar -elektronlar;
- 2.Elektronning metallardan chiqish ishi;
- 3.Termoelektron emissiya; 4.Gazlarda elektr toki;
- 5.Plazma.

Metallarda tok tashuvchanlik vazifasini erkin elektronlar bajaradi. Metallarning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi metall tarkibidagi elektronlarning soniga va bu elektronlarning kristall panjara tugunlarida joylashgan ionlar bilan ikki ketma-ket to'qnashuvi orasidagi bosib o'tgan masofasi 1 ga proporsional bo'ladi:

$$\tau = \frac{e^2 n l}{2 m u} \quad (8.1)$$

Bu erda e -elektron zaryadi, n -elektron soni, l -kristall tugunlarida joylashgan ionlar orasidagi borib kelish masofasi.

Videman-Frants qonuniga binoan issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsientining elektr o'tkazuvchanlik koeffitsientiga nisbati o'zgarishsiz qoladi. Demak metallarda issiqlik o'tkazuvchanlik erkin elektronlar hisobiga sodir bo'ladi.

Metallning sirtiga juda yaqin bo'lgan qatlamlardan elektronlar metall tashqarisiga chiqadi va shu qatlamda musbat zaryadga ega bo'lib qolgan ionlar manfiy ishorali elektronlarni uzoqqa quyib yubormaydi natijada har doim metall tashqi sirt qatlamlarida elektronlar buluti hosil bo'lib turadi. Demak metallardan tashqariga chiqatgan elektronlarga sirt qatlam tomonidan tortish kuchi ta'sir qiladi. Bu kuch metall ikarisiga yunalgan bulib, elektronning metallardan chiqishiga to'sik, rolini uynaydi. Elektron bu tusiqli engib metallni tark etishi uchun ma'lum miqdorda ish bajarishi lozim. Ana shu ish miqdoriga chiqish ishi deb aytiladi.

Chiqish ishi eV larda o'lchanadi. $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{J}$. Metallardan elektronning chiqish ishi metallarning ximiyaviy tabiatiga va metall sirtining tozaligiga bog'liq.

Molekulalarning siljishi, ko'chishi bilan bog'lik, hodisalarni qaraganimizda difuzsiya, issiqlik o'tkazuvchanlik va qovushqoqlik degan miqdoriy xarakteristikalar bilan tanishdik. Endi elektronning metall sirtidagi harakati bilan bog'lik; hodisalar bilan tanishamiz.

Erkin elektronlarning metall sirtidan tashqariga chiqishini elektronlar emissiyasi deb aytiladi.

Elektronlar emissiyasi asosan turt xil usul bilan hosil qilinadi:

1.Sovuq elektron emissiya - elektronni metallardan yulib olib chiqara oladigan kuchli elektr maydoni yordamida amalga oshiriladi. Bu elektr maydon 10^6 V/sm tartibda bo'ladi.

2.Termoelektron emissiya - metall sirtini qizdirish yo'li bilan amalga oshiriladi.

3.Fotoelektron emissiya - metall sirtini intensiv eritish yo'li bilan hosil qilinadi.

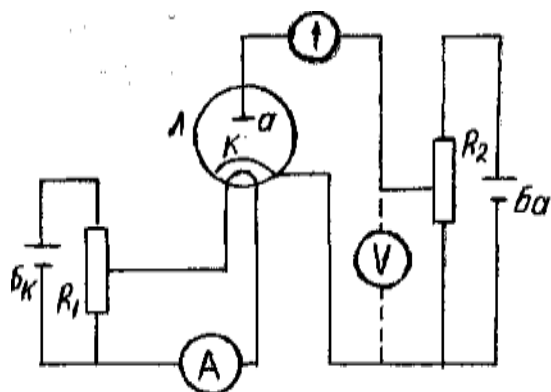
4.Ikkilamchi elektron emissiya - katta tezlikdagi elektronlar bilan metall sirtini bombardimon qilish yo'li bilan hosil qilinadi.

Termoelektron emissiya xodisasi bilan tanishaylik. Buning uchun havosi so'rib olingan ikki elektrodli lampadan foydalanamiz. Buni vakuumli diod deb aytiladi. Elektrodlar esa anod va katoddan iborat bo'ladi.

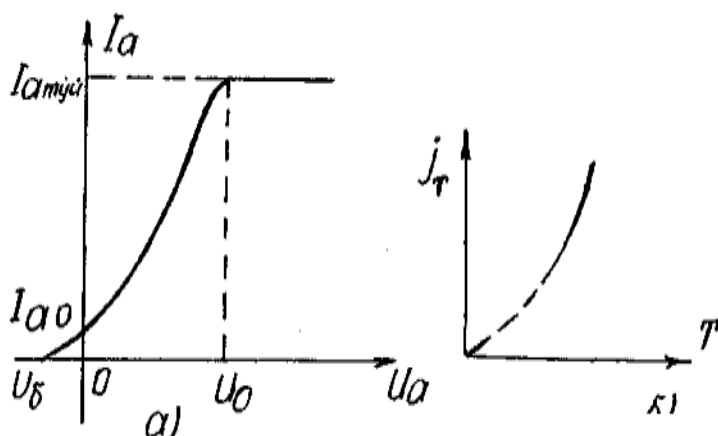
Vakuumli diod, kuchlanish manbai va milli ampermetrdan iborat elektr zanjir tuzaylik. (8.1-rasm) U holda katod sovuq paytida zanjirda tok kuzatilmaydi. Agar katodga biror nakal kuchlanishi berib uni

qizdirilsa milliampermetr zanjirda tok paydo bo'lganini ko'rsatadi. Qachonki, anodni batareyaning musbat qutbiga katodni esa batareyaning manfiy qutbiga ulansa zanjirda tok paydo bo'ladi, aks xrla ^utblar o'zgartirilsa katod qanchalik krzdirilmasin zanjirda tok paydo bo'lmaydi. Bundan shunday xulosa chiqadiki, katod o'zidan fakatgina manfiy ishorali zaryadlar chiqarar ekan. Manfiy ishorali zaryadlangan zarralar elektronlar ekanligini biz bilammiz.

Dioddagi termoelektron tok anod kuchlanishiga bog'liq. Bu $I = f(U)$ bog'lanish diodning volt-ampere xarakteristikasi deyiladi. (8.2-rasm)



8.1-rasm



8.2-rasm

Kuchlanish ortishi bilan anod toki ortib boradi va kuchlanishning ma'lum qiymatida to'yinish toki hosil bo'ladi va kuchlanishning keyingi qiymatlarida anod toki bir xil qolaveradi. To'yinish toki va unga mos kelgan anod kuchlanishining qiymati katodning temperaturasi bog'liq orta boradi. (8.3-rasm) Ko'rinib turibiki, diodlarning volt-ampere xarakteristikasi tug'ri chiziqli bo'lmas ekan ya'ni u Ohm qonuniga bo'yn sunmaydigan o'tkazgich ekan. Demak termoelektron emissiya paytida anod va katod orasida anodga qarab harakat lanayotgan elektron bulut (fazoviy zaryad) paydo bo'lar ekan. To'yinish tokida fazoviy zaryad batamom surilib ketar ekan shuning uchunham anod tokining qiymati 1t o'zgarmas bo'lib qoladi.

Anod tokining kuchlanishga bog'lanishi Lengmyur-Boguslavskiy formulasi orqali xarakterlanadi. Buni 3/2 qonun debham yuritiladi.

3/2

(8.2)

$$I_a = BU_a^{3/2}$$

B -elektrodning o'lchami, koefitsient.

To'yinish toki zichligining katod temperaturasi Richardson formulasi orqali xarakterlanadi.

$$(8.3) j_T = CT^2 e^{-A_{ch}/kT}$$

Bu erda $S = 6,02 \cdot 10^5 \text{ A/m} \cdot \text{grad}$ -emissiya doimiysi barcha metallar uchun bir xil. S -katodning yuzasi, T -katodning absolyut temperaturasi, e -natural logarifm asosi, k -Boltsman doimiysi.

Termoelektron emissiya hodisasiga asoslanib ishlab chiqarilan elektron lampalar tug'rilagich va kuchaytirgichlar sifatida ishlatiladi.

GAZLARDA ELEKTR TOKINING O'TISHI

Gazlarda elektr tokining o'tishi gaz razryad deyiladi.

8.4-rasmda ko'rsatilgan zanjirni ko'rib chiqaylik.

Plastinkalar orasida biror gaz bo'lsin. Oddiy sharoitda zanjirda tok kuzatilmaydi, chunki zaryad tashuvchilar yuq. Tok paydo bo'lishi uchun shu gazda biror usul bilan zaryad tashuvchilar hosil qilish kerak. Umuman gazlar neytral molekulalardan tuzilgan shuning uchunxam gazlar izolyator bo'ladi.

Gazni biror ta'sir orqali ionlashtirilsa manfiy va musbat ionlar zaryad tashuvchilar rolini o'inay blshlaydi.

Ionlashish paytida gaz molekulasidan bitta elektron ajralib chiqadi va molekula musbat ionga aylanib qoladi, shu elektron neytral molekulaga yopishib, uni manfiy ionga aylantiradi. SHunday qilib, gazda +ion -ion va -elektronlar mavjud bo'lib qoladi. SHuniham aytish kerakki, bu erda gazlarning ionizatsiyasi bilan birga ionlarning rekombinatsiyasixam yuzaga kela boshlaydi. (bu - va + ionlarning birlashib, neytrallanib qolishidir)

Gazlarni ionlashtirgichlar, ya'ni ionizatorlar bo'lib, rentgen nurlari, kosmik nurlar, radiaktiv nurlar va ultra binavsha nurlar xizmat qiladi. Gazlarda ionlashtirishni ikki gruppaga bo'lish mumkin:

1 .Mustaqil gaz razryad -bunda gaz kuchli elektr maydoni ta'sirida o'z-o'zidan ionlasha boshlaydi.

2.Mustaqilmas gaz razryad -bunda gaz tashqi faktorlar ta'sirida ionlashadi va gazda tok paydo bo'ladi.

Ionlashish jarayonida ionlar rekombinatsiyasixam bo'la boshlaydi. Ionlanish paytida qancha + va - ion hosil bo'lsa, rekombinatsiya paytida shuncha miqdor ion yuqoladi. 8.4-rasmda ko'rsatilgan $I = f(E)$ bog'lanishni qarab chiqaylik. M va N plastinkalar orasidagi E maydon zaif qismda $I = f(E)$ bog'lanish chiziqli bo'ladi (Oa coxa) chunki, zaryad tashuvchi ionlar tezligi kichik toki ular elektrodga etib borguncha ularning ancha qismi rekombinatsiyalanadi. M va N plastinkalar orasidagi E maydon kuchaysa ionlar tezligi ortadi, ya'ni ionlar rekombinatsiyalanishga ulgurmay turib elektrodga etib boradi. Bunda $I = f(E)$ bog'lanishda chiziqli bog'lanish buziladi (ab soha). Bu erda bs qism tuyinish coxa, cd qismda Es juda katta Eo dan bunda ionizator ta'sirida vujudga kelgan ionlarning hammasi tok tashishda qatnashadi. Ionlar tuligincha rekombinatsiya bo'lishga ulgurmay elektrodga etib boradi.

PLAZMA -bu yuqori darajada ionlashgan lekin kichik makroskopik hajmda elektroneytral bo'lgan gazdir. Plazma ikki usul bilan hosil kilinadi.

1. O'ta yuqori temperaturalargacha qizdirilgan gaz molekulalari o'zaro to'qnashuvi tufayli ionlashuv sodir bo'ladi. Masalan temperatura 10000 K dan katta bo'lganda har qanday jism plazma holatida bo'ladi. **Barcha yulduzlar va Quyosh yukori temperaturali plazma deb qaraladi.**

2.Gazlardan elektr toki o'tishi jarayonida plazma hosil bo'ladi. **Bunday plazmani gaz razryadli plazma deyiladi.** Gaz razryadli plazmada elektronlar va ionlar elektr toki manbaidan energiya olib turadi.

Er sirtining ionosfera qismidagi plazma Quyosh nuri ta'sirida gazning fotoionlashuvi natijasida hosil bo'ladi.Plazmaning asosiy xususiyatlari quyidagi ikki ko'rinishda namoyon bo'ladi:

1.Plazma oddiy neytral gazdan farqi shundaki, u radioto'lqinlarni qaytaradi. Demak plazma elektromagnit maydon bilan ta'sirlashadi.

2.Plazma kvazineytral muhit bo'lib hisoblanadi. Buning ma'nosi shuki, elektronlarning issiklik harakat tezligi ionlarnikidan katta bo'lganligi uchun ular plazmadan tezrok chiqib ke-tishi kerak va ionlarning miqdori ortib katta elektr maydon vujudga kelishi kerak edi. Lekin plazmada katta elektr maydoni hosil bo'lmas ekan chunki, to'planib qolgan ionlarning elektr maydoni plazmadan chiqishga uringan elektronlarni orqaga qaytarar ekan va shu zaylda elektronlarning tebranma harakati vujudga keladi.

Hozirgi paytda plazmadaan boshqaruvchi termoyadro reaksiyalarida va magnitogidrodinamik (MGDG) generatorlarda foydalanish mumkin.

Savollar:

- 1 .Metallarda tok tashuvchilar nima?
- 2.Elektronning metallidan chiqish ishi.
- 3.Elektronlar emissiyasi nima?
- 4.Termoelektron emissiya nima?
- 5.Tuyinish toki nima?
- 6.Gaz razryadi nima?
- 7.Plazma nima va qaerda qo'llaniladi?

9-MA'RUZA

MAGNIT MAYDON VA UNING XARAKTERISTIKALARI

Ma'ruza rejasi:

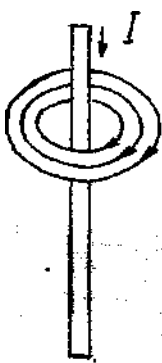
1 .Toklarning uzaro ta'sirlashuvi; 2.Magnit maydon; 3. Magnit momenti. Frantsuz fiziki Amper tokli ikki o'tkazgichning o'zaro magnit ta'sirini aniqladi va mufassal tekshirdi. Tokli o'tkazgichlar atrofida magnit

maydoni mavjud bo'ladi. Demak harakatlanayotgan elektr zaryadlari magnet xossalarini namoён qilarkanlar.

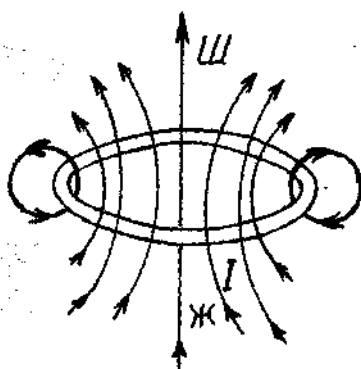
Magnet maydoni kuch maydonidir, shuning uchun uni elektr maydoniga o'xshatib kuch chiziqlari bilan grafik tarzda tasvirlash mumkin.

Tok va magnet maydoni kuch chiziqlarining yunalishi parma qoidasiga asoslanib aniqlanadi. Parmaning ilgarilanma harakati tokning yo'nalishini parma dastasining aylanma harakati magnet maydon kuch chiziqlarining harakatini bildiradi (9.1-rasm). Magnet maydonining elektr maydonidan farqi shundaki, magnet kuch chiziqlari har doim berk bo'ladi (ya'ni ularning boshi ham oxirixdm bo'lmaydi).

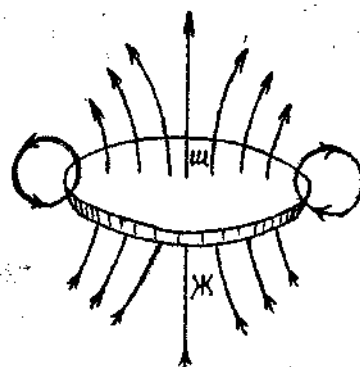
Aylanma tok va doimiy magnetning magnet maydonlari bir-biriga to'la o'xshash bo'ladi. (9.2 va 9.3-rasmlar).



9.1-rasm



9.2-rasm



9.3-rasm

Magnetning aylanma tok bilan bunday o'xshashligidan Amper doimiy magnetlarning magnet xossalariga ularda mavjud bo'lgan aylanma toklar sabab bo'ladi degan gipotezani ilgari surdi.

XX-asrning boshida elektronlarning o'z o'qi atrofidan aylanishidan va yadro atrofidan aylanishidan aylanma toklar hosil bo'lishi aniqlandi.

Bundan shunday xulosa kelib chiqadiki, alohida magnet zaryadlar, ya'ni alohida magnet substansiya mavjud emas ekan. Moddaning magnet xossalari bu modda atom va molekularidagi aylanma toklar bilan bog'lik ekan.

Elektromagnetizmni o'rganishda asosan uchta usuldan foydalanamiz:

1. Maydonning doimiy magnetga ta'siri;
2. Maydonning tokli berk konturga ta'siri;
- Z. Toklarning o'zaro magnet ta'siri;

Ana shu uchinchi usuldan elektromagnetizmning asosiy qonunlari, Bio-Savar-Laplas, Amper kotsunlari kelib chiqadi.

TOKLARNING O'ZARO TA'SIRLASHUVI AMPER QONUNI

Amper maxsus qurulma yordamida toklarning o'zaro ta'sir qonunini kashf etdi. Ikkita paralel o'tkazgichdan bir tomonga tok o'tayotgan bo'lsa ular o'zaro tortishadi, tok qarama-qarshi tomonga oqayotgan bo'lsa ular o'zaro itarishadi (9.4-rasm).



9.4-rasm

Amper qonunini ta'riflashdan oldin tok elementi tushunchasini kiritaylik. Tok elementi deb tokli o'tkazgichning cheksiz kichik qismini tok kuchiga ko'paytmasiga ($I \cdot dl$) teng va shu tok yuna-lishiga mos yunalgan vektorga aytiladi.

Amper qonuniga ko'ra magnet maydoniga kiritilgan tok elementiga ta'sir etuvchi kuch vektor ko'rinishda quyidagicha bo'ladi:

$$dF = kIdlB \quad (9.1)$$

Bu erda k -proportsionallik koeffitsienti, I -tok kuchi, V -magnet maydon induktsiyasi.

Ta'sir kuchining moduli quyidagi formuladan foydalanib topiladi:

$$dF = kIBdlsin\alpha \quad (9.2)$$

Bu erda α - dl va V vektorlar orasidagi burchak. Tokli o'tkazgichga ta'sir qilayotgan magnet maydon induktsiyasining yunalishini chap qo'l qoidasi orqali tushuntirish ma'qul. Bunda panjalar tokning yunalishini ko'rsatsa kaftga tik yunalgan chiziqlar V ning yo'nalishini, bosh barmoq esa tokli o'tkazgichga ta'sir etayotgan kuchning yo'nalishini ifodalaydi.

Agar o'tkazgichlar orasidagi masofa b bo'lsa ikki tokli o'tkazgich o'zaro ta'siri quyidagicha bo'ladi:

$$F = \frac{4\pi b}{\mu_0 2I_1 I_2} \quad (9.3)$$

SHu erda $b=1m$, $\mu_0=4\pi \cdot 10^{-7} H/A^2$ va $I_1 = I_2 = 1A$ bulsa $F=2 \cdot 10^{-7} N/m$ bo'ladi. SHunday qilib Amper ta'rifi quyidagicha bo'ladi:

Amper o'zgarmaydigan tokning kuchi bo'lib, u vakuumda bir-biridan $1m$ masofada joylashgan, doiraviy kesimi juda kichik bo'lgan cheksiz uzun ikkita paralel to'g'ri o'tkazgichlar orasida uzunlikning har metrda $2 \cdot 10^{-7} N$ ga teng kuch hosil qiladi. SHu ta'rifdan M_0 ning qiymati kelib chiqadi.

MAGNIT MAYDON

Toklar hardim maydon orqali ta'sirlashadi bu maydon magnit maydon deb ataladi. Magnit maydonni xarakterlaydigan kattaliklar bu magnit maydon induktsiyasi V va magnit maydon kuchlanganligi N bo'lib hisoblanadi.

Magnit maydon harakatsiz zaryadga ta'sir qilmaydi elektr maydon esa ta'sir qiladi. Agar zaryad magnit maydonda biror v tezlik bilan harakatlansa magnit maydonning ta'sir kuchi hosil bo'ladi.

Magnit maydon induktsiyasining o'lchov birligi $Tl = N/A \cdot m$.

Agar bir joyda bir nechta toklar magnit maydoni hosil qilayotgan bo'lsa natijaviy maydon superpozitsiya metodga ko'ra ularning vektor yig'indisidan iborat bo'ladi:

$$\mathbf{B} = \Sigma \mathbf{B}_i \quad (9.4)$$

Savollar:

1. Qanday toklar o'zaro tortishadi?
2. Amper ta'rifini ayting? Z. Amper qonunini ayting?
4. Magnit maydoni elektr maydonidan nimasi bilan farq qiladi?
5. Magnitmaydon induktsiyasining SI sistemasidagi o'lchov birligi? 6. q elementar zaryadning magnit maydon induktsiyasining formulasini yozing?

10-MA'RUZA

BIO-SAVAR-LAPLAS QONUNI VA UNING TADBIQLARI

Ma'ruza rejasi

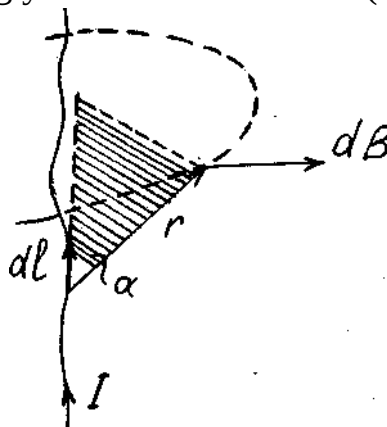
1. Bio-Savar-Laplas formulasi;
2. Magnit maydon induktsiyasining fizik ma'nosi;
Z. Tokli o'tkazgichlarning magnit maydonlarini hisoblash;

Bio va Savar tokli o'tkazgichlardan biror r masofadagi magnit maydon induktsiyasini tekshirib, magnit maydon induktsiyasi V o'tkazgichdan o'tayotgan tok kuchi I ga tugri proportsional va o'tkazgichdan qaralaetgan no'qtagacha bulgan r masofaga teskari proportsional ekanligini aniqladilar. Keyinchalik Laplas maydonlar superpozitsiya metodini qo'llab har bir tok elementi vujudga keltirayotgan magnit maydon induktsiyasining moduli uchun quyidagi formulani taklif etdi:

$$dB = \frac{\mu_0 I dl \sin \alpha}{4\pi r^2} \quad (10.1)$$

Bu erda μ_0 -magnit doimiysi $4\pi \cdot 10^{-7}$ Gn/m ga teng, Pdl-tok elementi, r-tok elementidan tekshirilayotgan nuqtagacha bo'lgan masofa α -dl bilan r orasidagi burchak.

dB ning yo'nalishi dl va r vektorlardan o'tuvchi tekislikka perpendikulyar bo'ladi: o'ng vintning ilgarilanma harakati dl ning yo'nalishini ko'rsatsa vint dastasining aylanma harakati dB ning yunalishini ko'rsatadi. (10.1-rasm)



10.1-rasm

Mana shu 10.1 tenglama Bio-Savar-Laplas krnunini ifodalaydi. Bu qonundan foydalanib, turli shakldagi o'tkazgichlarning magnit maydonlarini hisoblash mumkin.

1. Cheksiz uzun to'g'ri o'tkazgichdan r masofadaturgan ixtiyoriy nuqtaning magnit maydoni induktsiyasi quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \quad (10.2)$$

2. Radiusi R bo'lgan aylana markazidagi magnit maydon induktsiyasi quyidagi formula erdamida hisoblanadi:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2R} \quad (10.3)$$

Xulosa qilib shuni aytish mumkinki, magnit maydon induktsiyasi - o'tkazgichning shakliga, qanday joylashuviga, o'tkazgichdan o'tayotgan tok kuchining qiymatiga va V si aniqlanayotgan nuqtagacha bo'lgan masofa r ga bog'lik bo'lar ekan.

Agar Amper formulasi $G' = B dl \sin \alpha$ ni hisobga olsak bundan $V = F / dl \sin \alpha$ deb ezish mumkin $\alpha = 90$ gradus bo'lsa

$$B = \frac{F}{Idl} \quad (10.4)$$

Bundan V ning fizik ma'nosi kelib chikadi. **O'tkazgichning bir birlik uzunligidan 1A tok o'taetganda shu o'tkazgichga ta'sir etayotgan kuch miqdor jihatdan magnit maydon induktsiyasi V ni anglatar ekan.**

Savollar:

- 1 .Bio-Savar-Laplas formulasi?
- 2.CHEksiz uzun to'g'ri o'tkazgichdan ixtieriy biror nuqtadagi magnit maydon induktsisi? Z.Aylanma tokli o'tkazgich markazidagi magnit maydon induktsiyasi? 4.Magnit maydon induktsiyasining fizik ma'nosi?

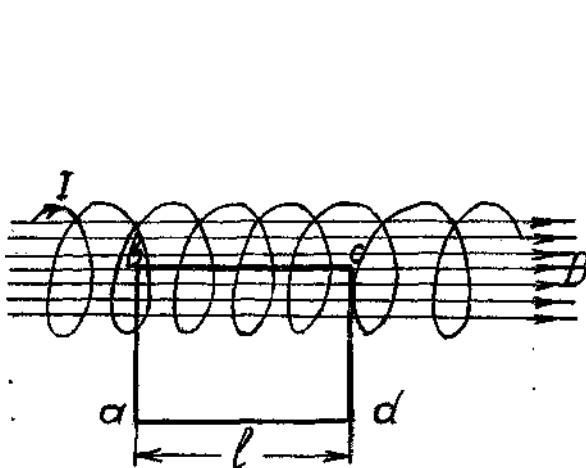
11-MA'RUZA

SOLENOID VA TARROIDNING MAGNIT MAYDONI

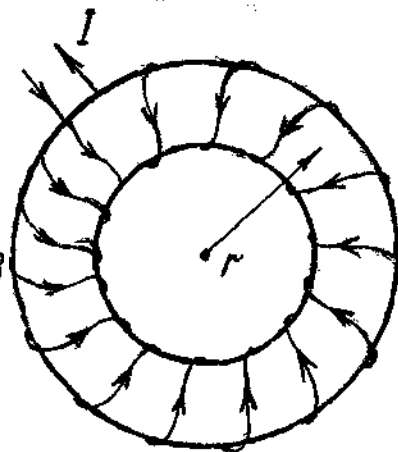
Ma'ruza rejasi:

- 1 .Solenoidning magnit maydoni; 2.Toroidning magnit maydoni; Z.Solenoid va toroidlarning qullanilishi; 4.Magnit induktsiya vektorining oqimi.

Solenoid-markazlari umuuniy uqda yotuvchi bir-biri bilan ketma -ket ulangan aylanma toklar yig'indisidir. SHu solenoid ichidagi magnit maydoni induktsiyasi V ni hisoblash kerak bo'lsin. V ning yunalishi o'ng vint qoidasi asosida topiladi. V ning qiy-mati esa 1 uzunlikdagi p dona o'ramdan iborat bo'lgan abcd berikontur buyicha tsirkulyatsiyasidan topiladi (11.1-rasm), ya'ni:



11.1- rasm



11.2 rasm

$$\oint \mathbf{B}_1 \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 n I \quad (11.1)$$

Bu erda I-solenoiddan o'tayotgan tok kuchi. Berk konturning ab va cd qismlarida $V_1=0$ chunki, ab va cd lar V ning chiziqlariga tik yo'nalgan. Demak shu mulohozalardan quyidagini yozish mumkin:

$$B = \mu_0 n I \quad (11.2)$$

Bu erda $n_0=n/I$ -solenoidning birlik uzunliqdagi o'ramlar soni, $n_0 I$ ko'paytma esa ampert-o'ramlar soni deb ataladi.

Bularni hisobga olsak, (11.2) quyidagi ko'rinishni oladi:

$$B = \mu_0 n_0 I \quad (11.3)$$

SHunday qilib aytish mumkin ekanki, cheksiz uzun solenoidning ichida magnit maydon bir jinsli bo'lar ekan.

Agar solenoidni egib aylana xalqa shakliga olib kelinsa hosil bo'lgan g'altakni taroid deb aytiladi. Taroidning magnit maydon induktsiyasi quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$B = \mu_0 \frac{n}{l} I = \mu_0 \frac{n}{2\pi r} I \quad (11.4)$$

Bu erda g -xalqa markazi bilan o'ramlar markazigacha bo'lgan masofa, $I = 2\pi r$ taroidning uzunligi (11.2-rasm).

Solenoid va taroidlar elektrotexnika va radiotexnikada turli xil induktivlikka ega bo'lgan amper- o'ramli g'altaklar sifatida juda keng foydalaniladi.

MAGNIT OQIMI

Magnit oqimi yoki Φ vektorining dS sirt orqali oqimi quyi-dagicha ifodalanadi:

$$d\Phi = \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S} \quad (11.5)$$

Bu erda $V_p = B \cos \alpha$, α -sirtga o'tkazilgan normal va V orasidagi burchak.

Agar magnit maydon bir jinsli bo'lsa va sirt S magnit induktsiya vektorori V ga pependikulyar joylashgan bo'lsa magnit oqimi quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$\Phi_S = B S \quad (11.6)$$

Magnit oqimining SI sistemasida o'lchov birligi $V_b = I l \cdot m$. Demak **1B6** - magnit induktsiyasi 1Tl bo'lgan bir jinsli magnitmaydonda maydon yo'nalishiga perpendikulyar ravishda joylashgan 1 m kv yuzli yassi sirtni teshib o'tuvchi magnit oqimdir.

Savollar:

1. Solenoid nima?
2. Solenoidning magnit maydon induktsiyasi?
3. Toroid nima?
4. Toroidning magnit maydon induktsiyasi
5. Magnit oqimining fizik ma'nosi?
6. Magnit oqimining SI dagi o'lchov birligini?

12-MA'RUZA

ZARYADLANGAN ZARRALARNING MAGNIT MAYDONIDAGI

HARAKATI

Ma'ruza rejasi

1. Amper kuchi;
2. Lorentts kuchi;
3. Zarraning solishtirma zaryadi;

Magnit maydonning tokli o'tkazgichga ta'siri Amper kuchi orqali ifodalanadi. Buni yana quyidagicha tahlil qilish mumkin. Tokli o'tkazgich deganda o'tkazgich sirti bilan chegaralangan hajmda zaryadlangan zarralarning tartibli harakatini tushunishimiz kerak. Bundan shunday xulosa kelib chiqadiki, magnit maydoni aslida zaryadlangan zarralarga ta'sir etar ekan. Ammo bu zarra-lar o'tkazgich sirti bilan chegaralangan hajm ichida harakatlana-otganligi uchun ularga ta'sir etayotgan kuchlarning yig'indisi tokli o'tkazgichga ta'sir etayotgan kuch sifatida namoён bular ekan. Zaryadlangan zarralar elektronlar yoki ionlar bo'lishi mumkin. Ularga magnit maydoni tomonidan ta'sir etayotgan kuch Amper qonuniga ko'ra quyidagicha ifodalanadi:

$$F = I l B \sin \alpha \quad (12.1)$$

Bu erda I-o'tkazgichdagi tok, I-o'tkazgichning uzunligi, V-magnit maydon induktsiyasi. SHu kuch Amper kuchi deb nomlanadi.

Agar $I = q/t$, $l = v \cdot t$ ekanligini hisobga olsak va zarralar soni p ta bo'lsa $I \cdot l = n q v$ bo'ladi. Buni hisobga olsak (12.1) quyidagi ko'rinishni oladi:

$$F = n q v B \sin \alpha \quad (12.2)$$

Bu erda p -zarralar soni, q -zaryad miqdori, v -zarraning tez-ligi, a -zarra tezligi v va magnit maydon induktsiyasi V orasi-dagi burchak. Agar zaryadlangan zarra bir dona bo'lsa (12.2) ni quyidagicha ezamiz:

$$F = qvB \sin \alpha \quad (12.3) \text{ Bu ifodaning vektor}$$

ko'rinishi quyidagicha bo'ladi:

$$F = q[vB] \quad (12.4)$$

Buni Lorentts aniqlagani uchun shu kuch Lorentts kuchi deb nomlanadi. Bu kuchning yunalishi parma qoidasiga asoslanib aniqlanadi va u zarra tezligi v ga, magnit maydon induktsiyasi V ga perpen-dikulyar yo'nalgan bo'ladi.

Agar elektr maydoniham mavjud bo'lsa Lorentts kuchining to'liq ko'rinishi quyidagicha bo'ladi:

$$F = qE + q[vB] \quad (12.5)$$

Bu erda E -elektr maydoni kuchlanganligi vektori.

Lorentts kuchi zarraning harakat yo'nalishiga pependikulyar bo'lganligi uchun zaryadlangan zarra normal tezlanish oladi. Bu degan so'z zarra tezligining qiymati o'zgarmaydi, faqat yo'nalishi o'zgaradi. Demak Lorentts kuchi ish bajarmaydi, bu deganimiz harakatdagi zaryadlangan zarraning kinetik energiyasini doimiy magnit maydon ta'sirida o'zgartirib bo'lmaydi. Lorentts kuchi ta'sirida zarra normal

tezlanish olar ekan demak demak u aylana bo'ylab harakat qila boshlaydi.

Zaryadlangan zarra magnit maydonda R radiusli aylana bo'ylab harakatlansin, u holda

$$qvB = \frac{mv}{R} \quad (12.6)$$

tenglikni echib, R radiusni topish mumkin:

$$R = \frac{mv}{qB} \quad (12.7)$$

Bu erda m -zarraning massasi, q -zarraning zaryadi. Agar zarraning aylanish davrini aniqlasak,

$$T = \frac{l}{v} = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi mv}{vqB} = \frac{2\pi}{(q/m)B} \quad (12.8)$$

kelib chiqadi. Bu erda q/m -zarraning solishtirma zaryadi, V -magnit maydon induktsiyasi. Demak zarraning aylanish davri zar-raning solishtirma zaryadiga va magnit maydon induktsiyasiga bog'liq. Zarraning tezligiga mutloqo bog'lik emas ekan.

Zaryadlangan zarralarning magnit maydonidagi harakatini bilgan holda, ya'ni Lorents kuchining ta'sirini hisoblagan holda tsiklik tezlatgichlar va magnitogidrodinamik generatorlar ishlatiladi.

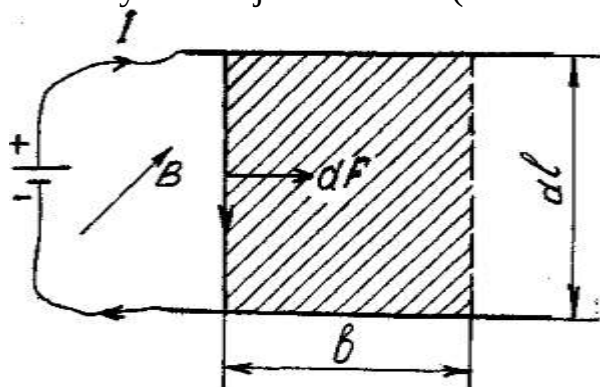
13-MA'RUZA

MAGNIT MAYDONDA TOKLI UTKAZGICHNI VA TOKLI KONTURNI KUCHIRISHDA BAJARILGAN ISH

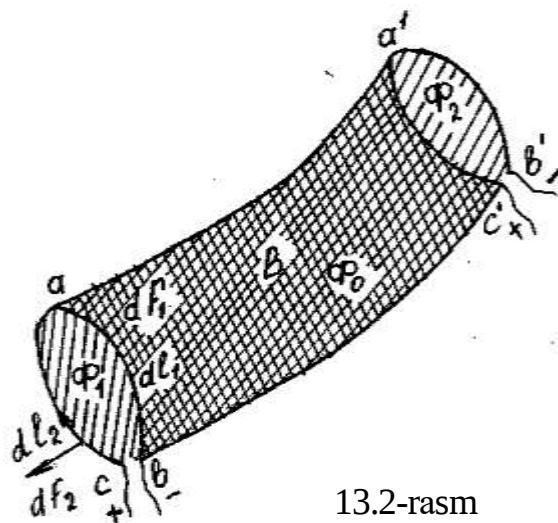
Ma'ruza rejasi:

1. Magnit maydonda tokli o'tkazgichni ko'chirishda bajarilgan ish;
2. Magnit maydonda tokli konturni ko'chirishda bajarilgan ish;
3. Magnit maydon induktsiyasining tsirkulyatsiyasi;
4. Magnit singdiruvchanlik.

Berilgan magnit maydoniga biror dl uzunlikdagi tokli o'tkazgich olib kiraylik, maydon bir jinsli bo'lsin (13.1-rasm).



13.1 -rasm



13.2-rasm

SHu tokli o'tkazgichga magnit maydoni tomonidan ta'sir etuv-chi Amper kuchining qiymati quyidagicha bo'ladi:

$$dF = IBdl \quad (13.1)$$

Bu kuchning yo'nalishi dl elementning kuchish yo'nalishi bilan mos bo'ladi va kuchishdagi bajarilgan ish quyidagicha bo'ladi:

$$dA = dFb = IBbdl = IBdS = IdO > \quad (13.2)$$

Bu erda $d\Phi$ -kontur yuzasi dS o'zgarishi tufayli kontur yuzini teshib o'tayotgan magnit oqimining o'zgarishi.

Endi tokli konturni butunlayicha kuchirishda bajarilgan ishni ko'raylik (13.2-rasm). Bunda abca konturni xayolan ab va sa o'tkazgichlarga ajraaylik. Tokli konturni magnit maydonida ko'chirishda bajarilgan dA ish xayolan ikki qismga ajratilgan ab va sa o'tkazgichlarni ko'chirishda bajarilgan dA_1 va dA_2 ishlarning yig'indisidan iborat bo'ladi:

$$dA = dA_1 + dA_2 \quad (13.3)$$

Eki dA_1 ish musbat va dA_2 ish manfiy ekanligini, ya'ni:

$dA_1 = I(dF_0 + dF_1)$ va $dA_2 = -I(dF_0 + dF_1)$ larni hisobga olib, ularni qo'shsak quyidagi natijaviy tenglik kelib chiqadi:

$$dA = I(dF_2 - dF_1) \quad (13.4)$$

Bu erda dF_2 va dF_1 lar ikkinchi va birinchi konturlardagi magnit oqimlarining o'zgarishi. Bu munosabat ixtiyoriy shakldagi tokli berk konturni istalgan magnit maydonda ko'chirishlari uchun ham o'rinli.

Savollar:

1. Magnit maydonda tokli konturni ko'chirishda bajarilgan ish nimaga bog'liq?
2. Magnit maydonda tokli o'tkazgichni ko'chirishda bajarilgan ish?

14-MA'RUZA

ELEKTROMAGNIT INDUKTSIYA

Ma'ruza rejasi:

1. Elektromagnit induksiya hodisasi;
2. Induksiya elektr yurituvchi kuchi;

Elektr toki magnit maydonini hosil qilishini ko'rdik, endi shuning teskarisi, ya'ni magnit maydonxam elektr maydonini hosil qiladimi? degan savol tug'iladi. Energiyaning bir turdan ikkinchi turga o'tishi kabi elektr va magnit maydonxam bir-biriga aylani-shi yoki birgalikda namoyon bo'lishi tajribalar asosida aniqlangan. E va V vektorlar o'zaro juda chukur boglangan.

Ingliz fizigi Faradey 1831 yilda elektromagnit induksiya hodisasini kashf etdi. Bu elektrodinamikaning asosiy qonunlaridan biri bo'lib qoldi.

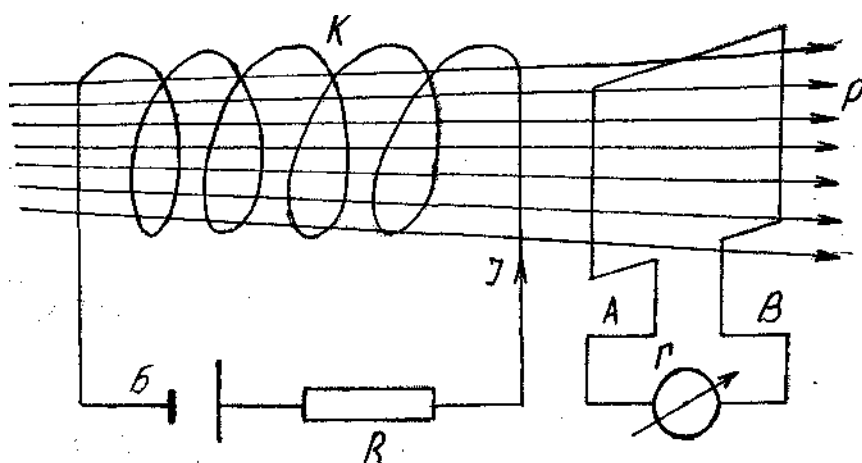
Agar biror berk kontur olinsa va u o'rab olgan sirt orqali o'tayotgan magnit induksiya oqimi biror yo'l bilan o'zgartirilsa bu konturda elektr toki paydo bo'ladi. Bu xridsa elektromagnit in-

duktsiya hodisasi deyiladi. Hosil bo'lgan tok esa induktsion tok deb ataladi. (induktsiya-paydo bo'lmoq, o'yg'onmoq)

Demak konturda induktsion tok paydo bo'lar ekan shu konturda EYUK (ε_i) hosil bo'ladi. ε_i ning paydo bo'lishi magnit oqimi F ning qanday usul bilan o'zgarishiga bog'liq emas, balkim u magnit oqimining o'zgarish tezligi dF/dt ga bog'liq bo'lar ekan. Konturda induktsion tokni asosan ikki usul bilan hosil qilish mumkin.

Birinchi usul -qo'zg'almas turgan g'altakning magnit maydonida galvanometr ulangan konturni harakatga keltirilsa induktsion tok hosil bo'lishi mumkin (14.1-rasm)

Ikkinchi usul -kontur qo'zg'almas tursin galtakdagi tok kuchini reostat yordamida o'zgartirish yo'li bilan magnit maydoni o'zgartiriladi va induktsion tok hosil bo'ladi.



14.1-rasm

Induktsion tokning yo'nalishi Lents qoidasi erdamida aniqlanadi. Lents qoidasi quyidagicha ta'riflanadi:

Induktsion tok shunday yo'nalgan bo'ladiki, uning xususiy magnit oqimi bu tokni vujudga keltirayotgan induktsiyalovchi magnit oqimning o'zgarishiga to'sqinlik qiladi. SHunday qilib berk konturda hosil bo'layotgan induktsion tok shunday yo'nalganki, induktsiyalovchi magnit oqim ko'payayotganda induktsion tokning magnit oqimi uni kamaytirishga va aksincha, induktsiyalovchi magnit oqim kamayayotgan bo'lsa uni ko'paytirishga intiladi.

INDUKTSIYA ELEKTR YURITUVCHI KUCHI

SHunday qilib, biror berk konturda induktsion tokning paydo bo'lishi shu konturda induktsiya elektr yurituvchi kuchining hosil bo'lishiga olib keladi. Endi shu ε_i qanday vujudga kelishini karab chiqaylik. Elektromagnit induktsiya hodisasi sodir bulayotganda energiya bir turdan boshqa turga aylanadi. Masalan magnit o'zagini berk kontur ichida mexanik harakatga keltirsak mexanik energiya induktsion tokning elektr energiyasiga va konturning deformatsiyalangan qismlarining

issiqlik energiyasiga aylanadi. Bunda energiyaning saqlanish va bir turdan ikkinchi turga utishi sodir buladi. Umuman kontur o'rab turgan sirt ichidagi magnit oqimi o'zgarsa ε_i quyidagicha ifodalanadi:

$$\varepsilon_i = - \frac{d\Phi}{dt} \quad (14.1)$$

Bu erda minus ishorasi induksiya elektr yurituvchi kuchi dF/dt ga qarama-qarshi ekanligini bildiradi. SHu ifoda Faradey-Maksvel qonuni deb nomlanadi.

Berk kontur chegaralagan yuza orqali utuvchi magnit oqimi o'zgargan barcha hollarda berk konturda tok induktsiyalanadi (uyg'onadi), induksiya EYUK ning kattaligi magnit induksiya oqimining o'zgarish tezligiga proporsional bo'ladi.

SHunday qilib magnit maydonida joylashgan ixtiyoriy shakldagi kontur EYUK ε_i bo'lgan manbaga ulangan bo'lsin. SHu manbaning dt vaqt ichida bajargan to'liq ishi

$$dA = \varepsilon_i dt \quad (14.2)$$

bo'ladi. Bu ishning bir qismi shu konturda issiqlik sifatida ajralib chiqadi:

$$dA_1 = dQ = I^2 R dt \quad (14.3)$$

Qolgan qismi esa magnit maydonidagi tokli konturni bir vaziyatdan ikkinchi vaziyatga ko'chirish uchun sarflanadi:

$$dA_2 = Id\Phi \quad (14.4) \text{ Energiyaning saqlanish}$$

qonuniga asosan to'liq ish quyidagicha bo'ladi:

$$dA = dA_1 + dA_2 \text{ ekin } \varepsilon_i dt = I^2 R dt + Id\Phi \quad (14.5) \text{ SHu}$$

tenglamani ikkala tomonini Idt ga bo'lsak hosil bo'ladi:

$$\varepsilon = IR + \frac{d\Phi}{dt} \quad (14.6) \text{ bundan } I \text{ ni topsak}$$

quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$I = \frac{\varepsilon - d\Phi/dt}{R} \quad (14.7)$$

Demak magnit maydonidagi konturda magnit oqimining o'zgarishi konturni bir vaziyatdan ikkinchi vaziyatga o'tishiga sabab bo'layotgan bo'lsa bu konturda qo'shimcha EYUK vujudga kelar ekan. Bu EYUK induksiya elektr yurituvchi kuchi deb aytiladi:

$$\varepsilon_i = - \frac{d\Phi}{dt} \quad (14.8)$$

Induksiya elektr yurituvchi kuchining SI sistemasidagi birligi quyidagicha bo'ladi:

$$[\varepsilon_i] = \frac{[\Phi]}{[t]} = \frac{B_b}{c} = \frac{(T \cdot m)}{c} = \frac{B_c}{c} * \frac{m^2}{c} = B$$

Demak kontur yuzi orqali utuvchi magnit oqim 1Vb/s tezlik byuilan uzgarsa, konturda vujudga kelayotgan induksiya elektr yurituvchi kuchi IB ga teng bo'lar ekan.

Savollar:

- 1.Elektromagnit induksiya hodisasi nima? 2
- .Induksion tok qanday paydo bo'ladi?
- Z.Induksiya elektr yurituvchi kuchi nima?
- 4.Faradey-Maksvell qonunini ayting? 5.Lents qoidasini ayting?

15-MA'RUZA

O'ZINDUKTSIYA VA O'ZARO INDUKTSIYA

Ma'ruza rejasi:

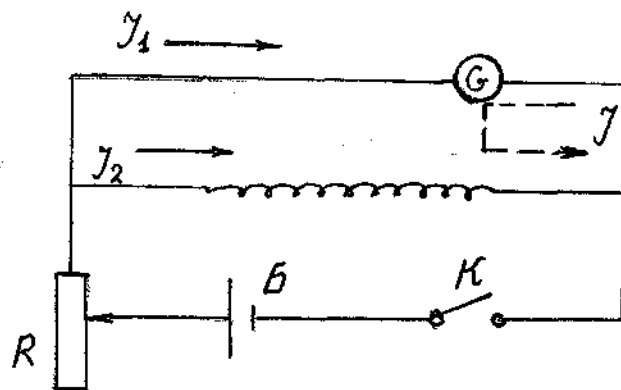
- 1 .O'zinduksiya;
- 2.Induktivlik;
- Z.O'zaro induksiya;
- 4.Transformator

Konturni kesib o'taetgan magnit oqimi o'zgarsa elektromagnit induksiya hodisasi kuzatilishini ko'rdik. Magnit oqimining o'zgarishi konturdagi tokning o'zgarishiga ham bog'liq bo'ladi. SHunday qilib, biror konturda tok kuchini biror usul bilan o'zgartirilsa shu konturda EYUK hosil buladi.

Konturdagi tok kuchining o'zgarishi bilan konturda EYUK hosil bo'lishi uzinduksiya hodisasi deb ataladi.

O'zinduksiya hodisasi elektromagnit induksiya xodisasiningg xususiy holi bo'lib hisiolanadi.

O'zinduksiya EYUK hosil qilgan qo'shimcha toklar o'zinduksiya ekstra toklari deyiladi.Qu ydagi tajribada o'zinduksiya hodisasini kuzatish mumkin (15.1-rasm).



15.1-rasm

Batareya B, reostat R va kalit K dan iborat zanjirga bir necha ming o'ramli sim L induktivlikli g'altak ulangan. G'altakka para-lel qilib galvanometr ulangan. Kalit epiq holda batareya tokining I_2 qismi g'altak orqali, I_1 qismi esa galvanometr orqali o'tadi. Agar kalit uzilsa, unda g'altakda magnitoqim yuqola boshlaydi va uzinduksiya eksira toki paydo bo'ladi. Lents qoidasiga asosan bu tok magnit oqimining kamayishiga tusqinlik qiladi, ya'ni g'altakdagi kamayuvchi tok kabi yunalgan bo'ladi. Bu ekstra tok dastlabki I_1 tokning yunalishiga qarama-qarshi yunalishda galvanometr orqali o'tadi.

Kalitni ulash paytidaham uzinduksiya ekstra toki hosil buladi. Uning g'altakdagi yunalishi batareyaning ortib boruvchi tokiga qarama-qarshi bo'ladi. Ulanish paytida ekstratok batareya va galvanometr orasida taqsimlanadi. Uning galvanometrda yunalishi ham batareya toki I_2 ning yunalishi kabi bo'ladi, shuning uchun ham ulanish ekstra toki ancha zaif seziladi. Endi uzinduksiya EYUK nimalarga bog'liqpigini qarab chiqaylik. Maydonning istalgan nuqtasida magnit induksiya oqimi zichligi tok kuchi I_2 ga proporsional bo'ladi. SHuning uchun g'altakni kesib o'tadigan magnit oqim ham tok kuchiga proporsional bo'ladi:

$$F=LI \quad (15.1)$$

Bu erdagi proporsionallik koeffitsienti L ni konturning induktivligi deyiladi. Induktivlikning o'lchov birligi: $[L]=[Vb/A]=Gn$ Konturning induktivligi uning shakli, o'lchamlariga va muhitning xossasiga bog'liq. Misol tariqasida solenoidning induktivligini qarab chiqaylik. Solenoidning o'ramlar soni n, uzunlig 1 bo'lsin. Agar shu solenid etarlicha uzun bo'lsa uning ichidagi magnit maydon induktsiyasi quyidagicha bo'ladi:

$$B = \frac{\mu_0 \mu I n}{l} \quad (15.2) \text{ Har bir o'ram orqali}$$

o'tayotgan magnit oqimi esa quyidagicha bo'ladi:

$$F=BS \quad (15.3)$$

U holda solenoidning barcha n o'rami orqali o'tuvchi to'la magnit oqim-

$$\Phi_c = n\Phi = \frac{\mu_0 \mu n^2 SI}{l} \quad (15.4)$$

ga teng bo'ladi. Bu ifodani (15.1) bilan taqqoslab quyidagini hosil qilamiz:

$$L_c = \frac{\mu_0 \mu n^2 S}{l} \quad (15.5)$$

Ko'rinib turibiki, solenoidning induktivligi magnit singdiruvchanlikka, o'ramlar soniga, yuzaga va solenoidning uzunligiga bog'liq ekan.

O'zinduktsiya elektr yurituvchi kuchining qiymatini topish uchun Faradey-Maksvel konuniga asoslanib, (15.1) dan vaqt bo'yichahosila olamiz va quyidagini hosil qilamiz:

$$\varepsilon_{y3} = - \frac{d\Phi}{dt} = -L \frac{dI}{dt} \quad (15.6)$$

SHunday qilib, induktivligi 1Gn bo'lgan konturdan o'tayotgan tok kuchi 1 sekundda 1A ga o'zgarsa, konturda 1B o'zinduktsiya elektr yurituvchi kuchi vujudga keladi.

O'ZARO INDUKTSIYA

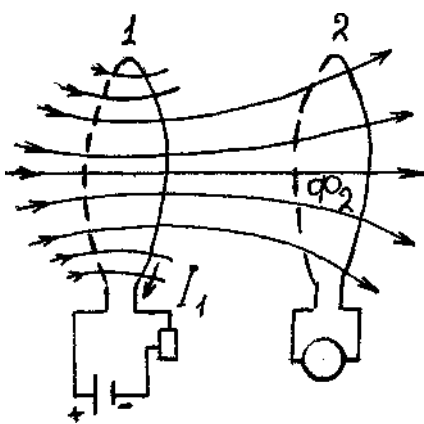
Ikkita qo'shni kontur va ulardan bittasidan o'tayotgan tok kuchi o'zgartirilsa ikkinchi qo'shni konturda induktsiya EYUK vujudga keladi. Bu hodisa o'zaro induktsiya hodisasi deyiladi va u ham elektromagnitinduktsiya hodisasining bir xususiy holi bo'lib hisoblanadi.

Misol uchun ikkita kontur olaylik (15.2-rasm). Birinchi konturdan I_1 tok oqayotgan bo'lsin. SHu konturdagi tok kuchi re-ostat yordamida o'zgartirilsa ikkinchi konturdagi magnit oqimi quyidagicha, ya'ni 1 chi konturdagi tok kuchiga bog'liq bo'ladi:

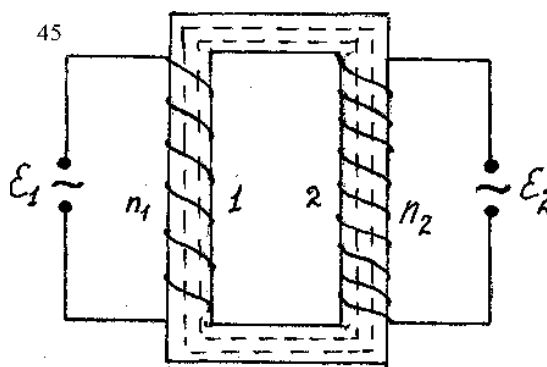
$$F_2 = LI_1 \quad \text{yoki} \quad \varepsilon_2 = -L \frac{dI_1}{dt} \quad (15.7)$$

Demak, ikkinchi konturda Faradey-Maksvel qonuniga ko'ra o'zaro induktsiya EYUK hosil bo'ladi.

O'zaro induktsiya elektr yurituvchi kuchi qo'shni konturdagi tokning o'zgarish tezligiga proporsional va konturning induktivligiga bog'liq.



15.2-rasm



15.3-rasm

Uzaro induksiya hodisasidan ichki yonuv dvigatellarida eqilg'i aralashmasini yoqishda, shuningdek, elektrotexnikada tok kuchini va kuchlanishni o'zgartirish uchun qo'llaniladigan transformatorlar-da foydalaniladi. Masalan 15.3-rasmda ko'rsatilgan o'ramlar soni n_1 va n_2 bo'lgan transformatorni qarab chiqaylik .

Agar transformator o'zagidagi magnit oqim Φ vaqt ichida $d\Phi$ ga o'zgarsa Faradey-Maksvell qonuniga muvofiq cho'lg'amlarda quyidagiga teng EYUK induktsiyalanadi:

$$\varepsilon_1 = -n_1 \frac{d\Phi}{dt} \quad \text{va} \quad \varepsilon_2 = -n_2 \frac{d\Phi}{dt}$$

Bu ε_2 va ε_1 larning nisbati quyidagicha bo'ladi:

$$\varepsilon_2 / \varepsilon_1 = n_2 / n_1 = k \quad (15.8)$$

Bu erda k -transformatsiya koeffitsienti bo'lib hisoblanadi. **Energiyaning saklanish qonuniga ko'ra har ikkala cho'lg'amda tokning quvvati bir xil bo'ladi**, ya'ni:

$$\varepsilon_1 I_1 = \varepsilon_2 I_2 \quad (15.9) \quad \text{eki} \quad \varepsilon_2 / \varepsilon_1 = I_1 / I_2 = k \quad (15.10)$$

Ko'rinib turibiki, transformatsiyalash koeffitsientini moslab olish yo'li bilan transformator erdamida o'zgaruvchan tok kuchi eki kuchlanishni ixtieriy nisbatda ortirish eki kamaytirish mumkin.

Kuchaytiruvchi transformatorlardan ($k > 1$) elektr energiyani uzoq masofalarga uzatishda foydalaniladi. Pasaytiruvchi ($k < 1$) transformatorlar elektr payvandlash ishlarida, ya'ni past kuchlanishlar va katta tok talab qilinadigan joylarda ishlatiladi.

Savollar:

1. Induktivlik nima? 2. Uzaro induksiya nima? 3. Transformatsiya koeffitsienti nima?

16-MA'RUZA

MAGNIT MAYDON ENERGIYASI. ELEKTROMAGNIT MAYDON UCHUN MAKSVELL NAZARIYASI ASOSLARI

Ma'ruza rejasi:

1. Magnit maydon energiyasi 2. Siljish toki haqida tushuncha

Tokning paydo bo'lishi, o'zgarishi va yo'qolishi bilan bog'liq ravishda magnit maydoni paydo bo'ladi, o'zgaradi va yo'qoladi. **SHunday tsilib, magnit maydoni tokning shu maydonni hosil qilgan ishiga teng, ya'ni kandaydir energiya miqdoriga ega degan xulosaga kelamiz.**

Elektromagnit induksiya hodisasi elektr toki energiyasi va magnit maydoni energiyasining o'zaro almashib turishiga asoslangan. SHunday ekan magnit maydoni energiyasi kattaligini ifodalochi formulani keltirib chiqarish kerak.

Induktivligi L bo'lgan biror konturga tok ulansin. Bu tokning qiymati 0 dan I gacha usib, $F = LI$ magnit oqimi hosil qilsin. Tokning kichik dI qiymatga o'zgarishidan magnit oqim ham kichik dF qiymatga o'zgaradi, ya'ni:

$$dF = LdI \quad (16.1)$$

Ma'lumki, magnit oqimi dF ga o'zgarsa tokli o'tkazgich $dA = IdF$ ish bajarar edi.

Agar (16.1) ni hisobga olsak tok kuchining magnit oqimini dF ga o'zgartirish uchun bajargan ishi quyidagicha bo'ladi:

$$dA = LI dI \quad (16.2)$$

U holda magnit oqimi F ni hosil qilish uchun sarflangan ish quyidagicha bo'ladi:

$$A = \int LI dI = \frac{LI^2}{2} \quad (16.3)$$

SHu ifoda konturdagi magnit maydon energiyasini bildiradi ya'ni:

$$W = LI^2/2 \quad (16.3^1)$$

Bu erda L -kontudagi induktivlik, I -tok kuchi.

Bu ifodadan foydalanib, istalgan shakldagi g'altaklarning magnit maydon energiyasini hisoblash mumkin. Ko'pchilik holda elektrotexnikada magnit maydoni energiyasining zichligi degan miqdoriy kattalik bilan ish quriladi. U quyidagicha buladi:

$$\omega_M = \mathbf{BH} / 2 \quad (16.4) \quad \text{yoki} \quad \omega_M = \mu_0 \mu H^2 / 2 \quad (16.4^1)$$

Demak magnit maydni energiya zichligi muxitning xossasigaham bog'liq . ekan. Ma'lumki, elektr maydoni energiya zichligi quyida-gicha edi:

$$\omega_E = \epsilon_0 \epsilon E^2 / 2 \quad (16.5)$$

Agar fazoda xam elektr maydoni, xam magnit maydoni mavjud bo'lsa, u holda elektromagnit maydon energiyasining zichligi quyidagicha ifodalanadi:

$$\omega_{\text{ЭМ}} = \epsilon_0 \epsilon E^2 / 2 + \mu_0 \mu H^2 / 2 \quad (16.6)$$

Elektromagnit maydon nazariyasini Maksvell ishlab chiqdi. Bu nazariyaga binoan o'zgaruvchan magnit maydoni uzgaruvchan elektr maydonini hosil qiladi va aksincha o'zgaruvchan elektr maydoni uzgaruvchan magnit maydonini hosil qiladi. Ularning kuch chiziqlarini o'zaro perpendikulyar bo'lgan kontsentrik aylanalar sifatida tasvirlash mumkin (16.1-rasm).SHunday qilib o'zgaras elektr va o'zgarmaas magnit maydonlar elektromagnit maydonning xususiy hollari ekan. Elektromagnit mavdon fazoda

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \epsilon \mu_0 \mu}} \quad (16.7) \text{ harakatlanadi. SHu formulaga } \epsilon_0$$

va μ_0 larning qiymatlarini qo'ysak

$$v = 3 \cdot 10^8 / \sqrt{\epsilon \mu} \text{ m/s} \quad (16.8)$$

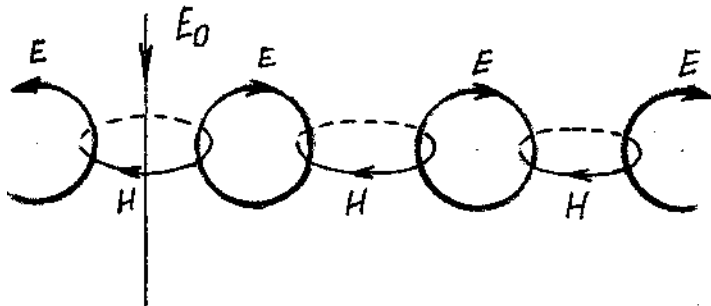
Bundan ko'rinib turibiki, vakuumda, ya'ni elektromagnit

$$\epsilon = 1, \mu = 1$$

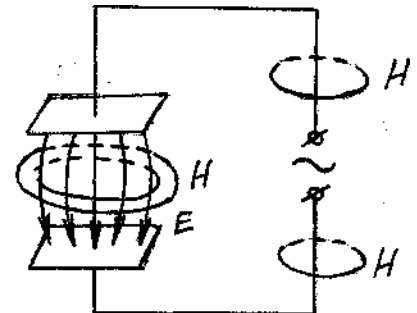
to'lqinlarning tezligi $v = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ekanligi kelib chiqayapti. Demak yorug'lik ham elektromagnit to'lqin degan xulosaga kelamiz. Elektromagnit to'lqinlarga radioto'lqinlar, yo'rug'lik, rentgen nurlari va gamma nurlanishlar misol bo'ladi.

Har kanda y o'zgaruvchan magnit maydon uyurmaviy elektr maydonni hosil kilishini lektromagnit induksiya xodisasi misolida ko'rib chiqdik. Maksvell shu hodisaga teskari bo'lgan hodisaham bo'lishi kerak, ya'ni o'zgaruvchan elektr maydoniham uyurmaviy magnit maydonini hosil qilishi kerak degan xulosaga keldi. **Bu fizikaviy hodisani, ya'ni elektromagnit induksiya hodisasiga teskari bo'lgan hodisani magnito-elektrik induksiya hodisasi deb ataladi.**

Maksvell o'zgaruvchan elektr maydonini siljish toki deb nomladi. Bu tok zaryadlangan zarralarning harakati bilan bog'liq o'tkazuvchanlik tokidan farq qiladi. Siljish tokini quyidagi misoda ko'ramiz. YAssi kondensatorga o'zgaruvchan EYUK berilgan bo'lsin (16.2-rasm).



16.1-rasm



16.2-rasm

U holda simdan o'tkazuvchanlik toki oqadi. Kondensator qoplamla-ri vakum bilan ajratilganligi uchun zaryadlar bo'lmaydi va shuning uchun o'tkazuvchanlik toki bu erda bulishi mumkin emas. Qoplamlar orasida faqat E kulanganlikka ega bo'lgan o'zgaruvchan elektr maydon va shu maydonni hosil qilgan N magnit maydon mavjud bo'ladi. Tashqi zanjirdan oqaetgan o'tkazuvchanlik toki kondensator ichidagi siljish toki bilan tutashadi. Siljish toki E ning o'zgarish tezligiga proporsional va o'tkazuvchalik tokiga teng bo'ladi. Maksvell bu siljish tokiga kondensator ichidagi N o'zgaruvchan magnit maydoni to'g'ri keladi deb oldi. Vakuumda siljish toki elektr zaryadlarning kuchishidan iborat bo'lmaydi, shuning uchun bu tok joul issiqligi ajratmaydi.

Agar kondensator qopamlari orasi biror dielektrik muhit bilan to'ldirilsa, elektr maydonning o'zgarishida dielektrikdagi qutbli molekulalar yoki atomlarning burilishi sodir bo'lib, zaryadlarning siljishi qutblangan tok, ya'ni qo'shimcha siljish toki hosil bo'ladi. SHunday qilib, o'zgaruvchan elektr maydonida siljish toki vujudga keladi: bu siljish toki vakuumdagi siljish tokidan

va qutblangan siljish tokidan iborat bo'ladi.

Savollar:

1. Magnit maydon energiyasi nima?
2. Utkazuvchilik toki nima? Z. Magnito-elektrik induksiya nima? 4. Siljish toki nima?
5. Qutblangan siljish toki qanday hosil bo'ladi? b. Siljish toki joul issiqligi chiqaradimi?

17-MA'RUZA

O'ZGARUVCHAN SINUSOIDAL TOK. O'ZGARUVCHAN TOKNING ISHI VA QUVVATI

Ma'ruza rejasi:

1. Magnit maydonida aylanuvchi kontur
2. O'zgaruvchan sinusoidal tok
3. Tok kuchi va kuchlanishning effektiv qiymati
4. O'zgaruvchan tokning ishi va quvvati

Biror konturni magnit maydonida qo'zg'almas biror OO' o'q atrofida aylanma xarakatga keltirilsa kontur magnit maydon kuch chiziqlarini kesadi va EYUK vujudga keladi. Bunday fizikaviy hodisadan texnikada o'zgaruvchan elektr toki olishda foydalaniladi.

Magnit maydonda perpendikulyar joylashtirilgan qo'zg'almas OO' o'q atrofida absd bir tekisda aylanaetgan $w = \text{const}$ bo'lsin (17.1-rasm). Magnit maydon bir jinsli, ya'ni $V = \text{const}$ bo'lsin. U holda magnit oqim quyidagicha bo'ladi:

$$\Phi = BS \cos \omega t \quad (17.1)$$

Bu erda S -kontur bilan chegaralangan yuza, ω -aylanayotgan konturning burchak tezligi. F davriy ravishda o'zgarib turadi va konturda davriy o'zgaruvchan induksiya EYUK hosil bo'ladi. Fara-dey-Maksvell qonuniga muvofiq bu EYUK quyidagicha ifodalanadi:

$$\varepsilon = -d\Phi/dt = BS \sin \omega t \quad (17.2)$$

Bu EYUK ning maksimal qiymati ($\sin \omega t = 1$) $\varepsilon_m = BS\omega$ ga teng bo'ladi. U holda (17.2) quyidagi ko'rinishni oladi:

$$\varepsilon = \varepsilon_m \sin \omega t \quad (17.3)$$

SHunday qilib, bir jinsli magnit maydonida kontur tekis aylansa, shu konturda sinus qonuniga binoan o'zgaruvchan EYUK vujudga keladi. Bu EYUK konturda sinusoidal tok hosil qiladi. Om qonuniga ko'ra bu tok quyidagicha ifodalanadi:

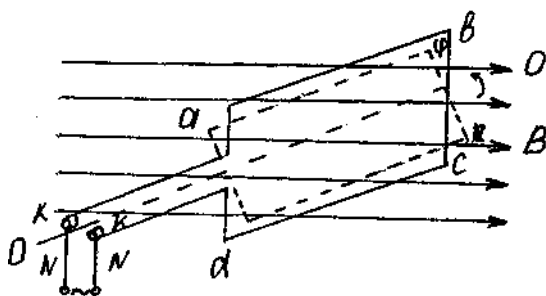
$$I = \varepsilon / R = \frac{\varepsilon_m}{R} \sin \omega t \quad (17.4)$$

Bu erda I_m -tokning maksimal qiymati R -konturning qarshiligi. O'zgaruvchan tok tebranma jarayondir shuning uchun tebranma jarayondagi xarakteristikalar o'zgaruvchan tok uchunham shunday qobul qilinadi.

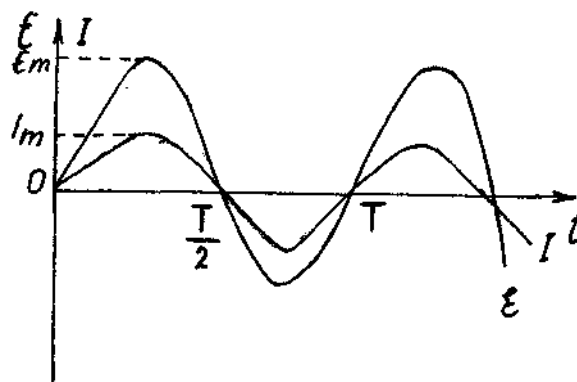
Masalan ε_m - EYUK ning amplitudasi, I_m - tok kuchining amplitudasi, ω - tokning aylanma chastotasi, ωt - tok fazasi deb ataladi. O'zgaruvchan tokda shuningdek tok davri va tokning xarakteristik chastotasi degan xarakteristikalarham bo'ladi.

$$\omega = 2\pi/T = 2\pi\nu \quad (17.5)$$

EYUK va tokning fazalari bir xil, ularning amplitudaviy qiymatlari miqdoran farq qiladilar (17.2-rasm).



17.1-rasm



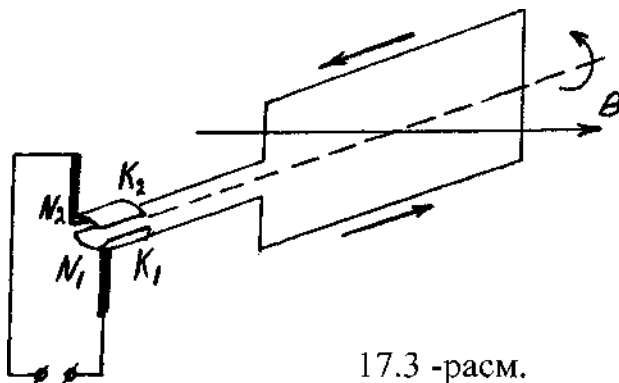
17.2-rasm

Mana shu qonuniyatga asoslanib o'zgaruvchan tok generatorlari ishlaydi. Sanoatda ishlatiladigan generatorlarda magnit maydoni quvvatli elektromagnit yordamida vujudga keltiriladi. Aylanuvchi o'zak ferromagnitdan (generator rotor) iborat bo'lib, o'zakka ketma-ket qilib n o'ram sim o'ralgan bo'ladi. Bunday generatordan hosil bo'lgan EYUK ko'yidagiga teng bo'ladi:

$$\varepsilon = nBS\omega \sin \omega t \quad (17.6)$$

Hozirgi zamon generatorlari bir necha un ming volt kuchlanish hosil qila oladi. Ularning quvvati 300000 kvt va undan ortiq bo'ladi.

Magnit maydonda aylanayotgan konturdan o'zgarmas tokham olish mumkin. Buning uchun konturning uchlarini K_1 va K_2 yarim halqalarga ulash kerak (17.3-rasm). Kontur 180 gradusga burilganda tokning yunalishi karama-karshi tomonga uzgaradi. Birok N_2 va N_1 cho'tkalar K_1 va K_2 yarim halqalarga tegadi. SHuning uchun tashki zanjirda tok hamma vaqt bir yo'nalishda o'tadi. Bunday tok pulsatsiyalangan tok bo'ladi.



17.3 -rasm.

Endi o'zgaruvchan tokning ishi va quvvatini ko'raylik. Ma'lumki, o'zgarmaas tokning ishi va quvvati

$$A=I^2Rt \quad (17.7) \quad \text{va} \quad N=I^2R \quad (17.8)$$

edi. CHeksiz kichik dt vaqt ichida o'zgaruvchan tokniham o'zgarmas tok deb qarashimiz mumkin. U holda dt vaqt ichida tokning bajargan ishini

$$dA=I^2Rdt \quad (17.9)$$

deb yozishimiz mumkin. (17.4) va (17.5) larni hisobga olib, (17.9) ni quyidagi ko'rinishda yozishimiz mumkin:

$$dA = I_m^2 R \sin^2 2\pi t/T dt \quad (17.10)$$

Uzgaruvchan tokning bir T davr ichida bajargan ishini hisoblash uchun (17.10) ni 0 dan T gacha oraliqda integrallaymiz. SHunday qilib o'zgaruvchan tokning ishi quyidagicha bo'ladi:

$$A=I_m^2RT/2 \quad (17.11)$$

Tokning quvvati esa quyidagicha bo'ladi:

$$N=I_m^2R/2 \quad (17.12)$$

O'zgaruvchan tok kuchining va kuchlanishning effektiv qiymati, ya'ni ta'sir etuvchi qiymatlari quyidagicha bo'ladi:

$$I_{\text{eff}}=I_m/\sqrt{2} \quad (17.13) \quad \text{va} \quad U_{\text{eff}}=U_m/\sqrt{2} \quad (17.14)$$

Savollar:

- 1 .O'zgaruvchan EYUK ni qanday hosil qilish mumkin?
- 2.Sinusoidal tok qanday vujudga keladi? Z.EYUK ning amplitudasi yozing?
- 4.Tok kuchining amplitudasini yozing?
- 5.Tok kuchining effektiv qiymatini ko'rsating?
- b.Kuchlanishning effektiv qiymatini ko'rsating?
- 7.Qanday qilib o'zgaruvchan tokni o'zgarmas pulsatsiyalangan tokka aylantirish mumkin?
- 8.O'zgaruvchan tokning ishi qanday bo'ladi?
- 9.O'zgaruvchan tokning quvvati qanday bo'ladi?

18-MA'RUZA

SIG'IM VA INDUKTIV QARSHILIKLAR

Ma'ruza rejasi:

1. Sig'im qarshilik
2. Induktiv qarshilik
- Z. Elektr rezonans

O'zgaras tok uchun kondensator cheksiz katta qarshilik rolini o'ynaydi. O'zgaras tok kondensator koplamlari orasidagi dielektrikdan o'ta olmaydi.

O'zgaruvchan tok zanjirini esa kondensator o'za olmaydi, ya'ni u dambadam zaryadlanib va razryadlanib, tok o'tishini ta'minlab turadi. Uzgaruvchan tok uchun kondensator sigim rolini uy-
naydi. S sig'imli kondensatorga o'zgaruvchan sinusoidal kuchlanish (EYUK), berilgan bo'lsin (18.1-rasm). Bu EYUK quyidagicha ifodalanadi:

$$\varepsilon = \varepsilon_m \sin \omega t \quad (18.1)$$

Kondensator koplamlaridagi U_c kuchlanish berilgan kuchlanishga teng deb faraz qilamiz, ya'ni

$$U_c = \varepsilon = \varepsilon_m \sin \omega t \quad (18.2)$$

tenglama o'rinli bo'lsin. Ma'lumki, kondensator qoplamlari orasidagi zaryad miqdori

$$q = C U_c \quad (18.3)$$

(18.2) ni hisobga olgan holda (18.3) ni quyidagicha yozamiz:

$$q = C \varepsilon_m \sin \omega t \quad (18.4)$$

Agar kichik dt vaqt ichida kondensatorning zaryadi dq kattalikka o'zgarsa, zanjirdan o'tuvchi tok quyidagicha bo'ladi:

$$I = dq/dt = \omega C \varepsilon_m \cos \omega t = \varepsilon_m C \omega \sin(\omega t + \pi/2) \quad (18.5)$$

Bunda $I_m = \varepsilon_m C \omega$ tokning amplitudasi bo'lgani uchun (18.5) ni quyidagicha

ezamiz:

$$I = I_m \sin(\omega t + \pi/2) \quad (18.6)$$

Tok amplitudasini quyidagicha ko'rinishga keltirish mumkin:

$$I_m = \frac{\varepsilon_m}{1/\omega C} \quad (18.7)$$

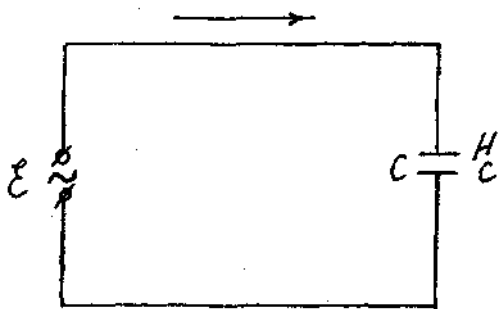
Ko'rinib turibiki, bu munosabat Om qonunini ifodalaydi, maxrajdagi qarshilik rolini uynayotgan $1/\omega C$ kattalik o'zgaruvchan tok uchun kondensator qarshiligi, ya'ni sig'im qarshilik bo'lib hisoblanadi.

$$R_c = 1/\omega C \quad (18.8)$$

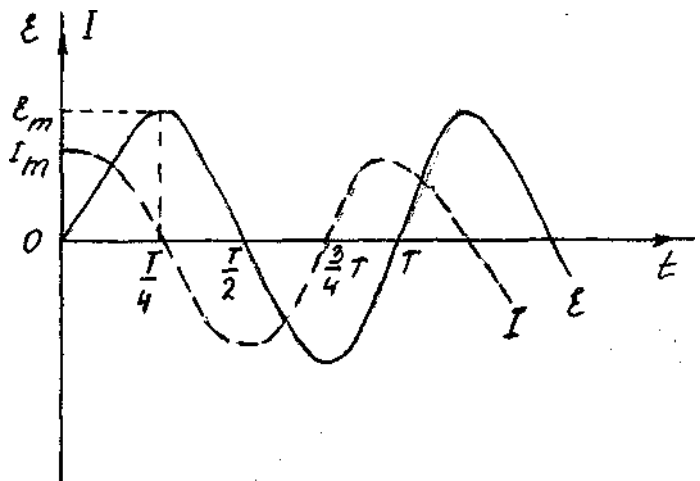
Bu erda S -kondensator sig'imi, so-aylanma chastota. SHunday qilib, sig'im qarshilik tokning aylanma chastotasiga va sig'imning kattaligiga teskari proportsional bo'ladi. Demak kondensatorning sig'imi qancha katta bo'lsa va tokning yo'nalishi qancha tez o'zgarsa simning ko'ndalang kesimidan shuncha ko'p zaryad oqib o'tadi.

Agar (18.1) va (18.2) larni taqqoslasak I tok va E kuchlanish o'zgarishlari turli fazalarda bo'ladi, ya'ni sig'im qarshilikda tok kuchlanishdan $T/4$ davrga oldin eki 90 gradusga oldin ketar ekan. Buning fizik ma'nosi quyidagicha:

Vaqtning boshlang'ich paytida kondensator hali zaryadlanmagan ($U_c=0$) shuning uchun juda kichik kuchlanishlardaham zaryadlar kondensator plastinkalarida oson siljib, I tok hosil bo'ladi. Kondensator zaryadlangan sari zanjirda tashqi E kuchlanish ortadi va (kondensator qoplamlari orasidagi U_c kuchlanish ortib zaryadlarning kelgusi okib kelishiga tusqinlik kiladi) shunga qaramay zanjirda tok kamaya boradi $T/4$ chorak davrdan keyin kondensator to'la zaryadlanadi, ya'ni U_c va E lar maksimum qiymatga erishadi zanjirda tok to'xtaydi $I=0$ bo'ladi. Yana chorak davrdan sung kondensator tula razryadlanadi tok maksimumga erishadi. Bunda tashki kuchlanish E va kondensator qoplamlari orasidagi kuchlanish U_c minimal qiymatga erishadilar va bu jarayon sinusoidal qonun bo'yicha davom etadi (18.2-rasm). /



18.1-rasm



18.2-rasm

INDUKTIV QARSHILIK

Endi induktiv qarshilikni qarab chiqaylik (18.3-rasm). Zanjirga induktivligi L bo'lgan g'altak ulangan bo'lsin. G'altakka tashqi kuchlanish E berilsin. Unda zanjirdan sinusoidal tok o'ta boshlaydi:

$$I = I_m \sin \omega t \quad (18.9)$$

Elektromagnit induksiya hodisasiga ko'ra g'altakda o'zinduksiya EYUK paydo bo'ladi va u quyidagicha ifodalanadi:

$$\varepsilon_L = -L \, dI/dt \quad (18.10) \text{ Bu erda } L \text{ -g'altakning}$$

induktivligi, ε_L -g'altakda paydo bo'lgan o'zinduksiya EYUK.

Zanjirga berilgan tashqi kuchlanish ε o'zinduksiya EYUK ε_L bilan muvozanatlashadi ammo qarama-qarshi yo'nalgan bo'ladi, ya'ni $\varepsilon = -\varepsilon_L$. Demak

(18.9) va (18.10) lardan

$$\varepsilon = L \, dI/dt = I_m L \omega \sin(\omega t + \pi/2) \quad (18.11) \text{ Bu erda}$$

kuchlanish amplitudasi quyidagicha bo'ladi:

$$\varepsilon_m = I_m L \omega \quad (18.12) \text{ SHunday qilib,}$$

(18.11) ni quyidagicha yozamiz:

$$\varepsilon = \varepsilon_m \sin(\omega t + \pi/2) \quad (18.13)$$

(18.12) dan tokning maksimal qiymati quyidagicha eziladi:

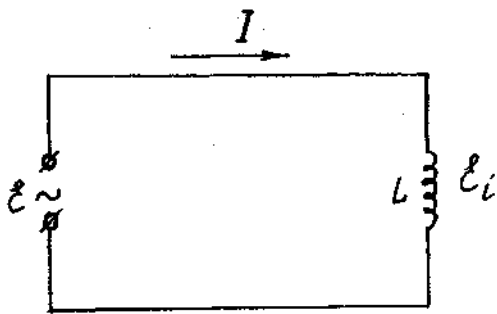
$$I_m = \varepsilon_m / L \omega \quad (18.14)$$

Bu ifoda Om qonunini ifodalashi ko'rinib turibti, maxrajdag ωL qarshilik rolini o'ynaydi va o'zinduksiya g'altagining qarshiligi bo'lib hisoblanadi:

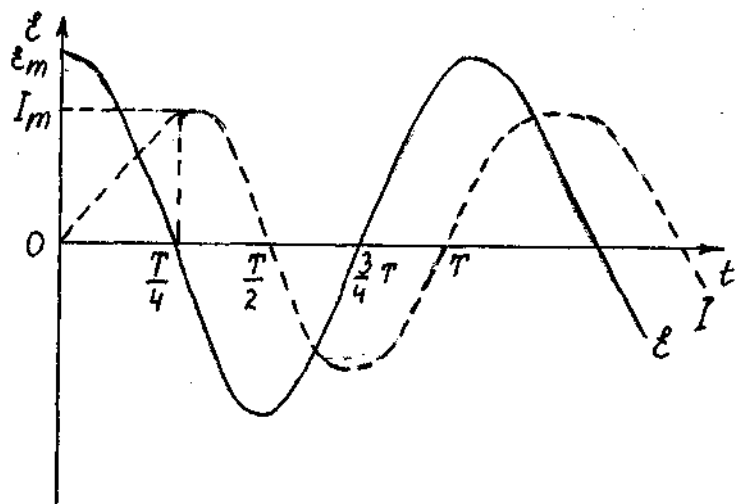
$$R_L = \omega L \quad (18.15)$$

Induktiv qarshilik tok chastotasiga va g'altak induktivligiga proportsional bo'lar ekan.

Agar (18.9) va (18.13) larni taqqoslasak tok maksimumining kuchlanish maksimumidan ($T/4$) chorak davr orqada qolishi ko'rinib turibti (18.4-rasm).



18.3-rasm



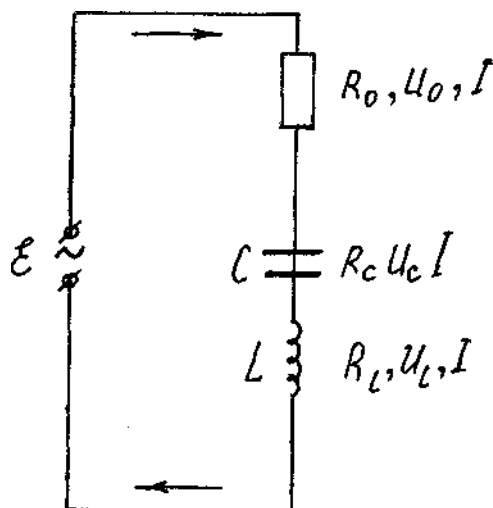
18.4-rasm

Agar o'zgaruvchan tok zanjiriga sig'im va induktiv qarshililar ketma-ket ulansa, induktiv qarshilikdagi kuchlanish sig'im qarshilikdagi kuchlanishdan yarim davrga yoki 180 gradusga oldin ketadi.

Sig'im va induktiv qarshiliklar reaktiv qarshiliklar deb nomlanadi. Reaktiv qarshiliklar bor zanjirda elektr energiya sarf bo'lmaydi. Buni shunday tushinish kerakki, kondensatorning zaryadlanishi vaqtidagi sarflangan energiya razryadlanish paytida xuddi shu miqdorda davriy ravishda qaytib keladi. Xuddi shuningdek o'zinduksiya g'altagida magnit maydonni hosil qilish uchun sarflangan energiyaxam davriy ravishda qaytadi.

ELEKTR REZONANSI

Endi aktiv va reaktiv qarshiliklar ketma-ket ulangan zanjirni qarab chiqaylik (18.5-rasm).



18.5-rasm Bunday zanjir uchun

umumlashgan Om qonunini yozamiz. Tokning maksimal va effektiv qiymatlari uchun u quyidagi ko'rinishni oladi:

$$I_m = \varepsilon_m / \sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2} \quad (18.16)$$

$$I_{\phi} = \varepsilon_{\phi} / \sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2} \quad (18.17)$$

Maxrajdagi ildiz ostidagi yig'indi o'zgaruvchan tok zanjirining to'la qarshiligini ifodalaydi:

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2} \quad (18.18)$$

Agar $R_L = R_C$ bo'lsa EYUK bilan tokning tebranishlari bir xil fazada bo'lib tsoladi va bu holni elektr rezonansi deb ataladi.

$$\omega L = 1/\omega C \quad (18.19)$$

Ko'rinib turibiki, bu holda zanjirning qarshiligi eng kam, ya'ni faqat aktiv qarshilikdan iborat bo'lib qoladi, zanjirdagi tokning effektiv qiymati eng katta va quyidagicha bo'ladi:

$$I_{\phi} = \varepsilon_{\phi} / R \quad (18.20)$$

(18.19) dan elektr rezonans chastotasini quyidagicha topamiz:

$$\omega = 1/\sqrt{LC} \quad (18.21) \quad \text{yoki} \quad \nu = 1/2\pi\sqrt{LC} \quad (18.22)$$

Bu chastota zanjirning elektr rezonans chastotasi deb ataladi.

Savollar:

1. Kondensator o'zgaruvchan tok zanjirini uza oladi, lekin o'zgarmas tok zanjirini o'za olmaydi buning sababi nimada?
2. Sig'im qarshilik nima? 3. Induktiv qarshilik nima?
4. Aktiv qarshilik nima?
5. Nega reaktiv qarshiliklar bor zanjirda elektr energiya sarf bo'lmaydi? b. Elektr rezonansi nima? 7. Rezonans chastotani yozing?

19-MA'RUZA

ELEKTROMAGNIT TEBRANISHLAR

Ma'ruza rejasi:

1. Elektromagnit to'liqlar
2. Berk tebranish konturi
3. Tomson formulasi

Maksvell nazariyasiga muvofiq, ugaruvchan elektromagnit maydon o'zaro tik joylashgan elektr va magnit maydonlarning to'plamidan iborat. Ular fazoda

$$u = 1/\sqrt{\epsilon_0 \epsilon \mu_0 \mu} \quad (19.1)$$

tezlik bilan harakatlanadi. Bu erda ϵ va μ muhitning nisbiy dielektrik va nisbiy magnit singdiruvchanligi. Fazoda elektromagnit maydon tarqalishi bilan elektromagnit energiya kuchadi.

Elektromagnit maydon turli-tuman manbalardan vujudga keladi. Bularga misol qilib, o'tkazgichdagi o'zgaruvchan tok, ionlar, elektronlar va boshqa zaryadlangan zarralarning tebranish-larini va atomda elektronlarning adro atrofida aylanishini aytish mumkin.

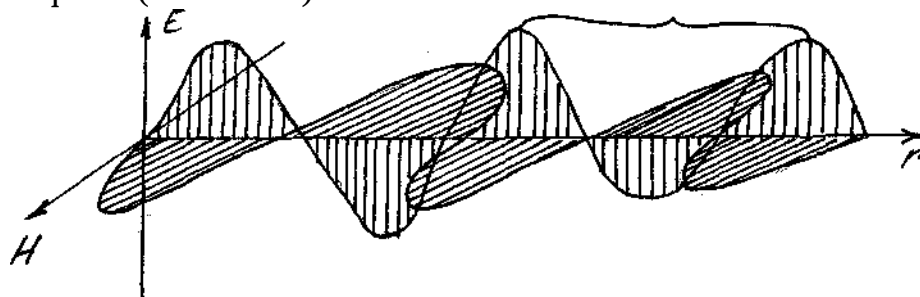
Elektromagnit to'liqlarning differentsial tenglamasi quyidagicha bo'ladi:

$$\frac{\partial^2 E}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 E}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 E}{\partial z^2} = \frac{1}{u^2} \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} \quad (19.2)$$

$$\frac{\partial^2 H}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial z^2} = \frac{1}{u^2} \frac{\partial^2 H}{\partial t^2} \quad (19.3)$$

Bu erda u -elektromagnit to'liqlarning fazaviy tezligi.

Elektromagnit maydon faza jixatdan mos kelgan ikki to'liqdan iborat ko'ndalang elektromagnit to'liq-elektr (E) va magnit (H) to'liqlar ko'rinishida tarqaladi (19.1 -rasm).



19.1-rasm

Elektromagnit to'liqin uzunligi (λ), chastotasi (ν) va tezligi u quyidagicha bog'langan:

$$\lambda = uT = u/\nu \quad (19.4)$$

Bu erda λ -elektromagnit to'liqin uzunligi, u -tezligi, T -davri va ν chastotasi.

Elektromagnit to'liqin energiyasi quyidagicha ifodalanadi:

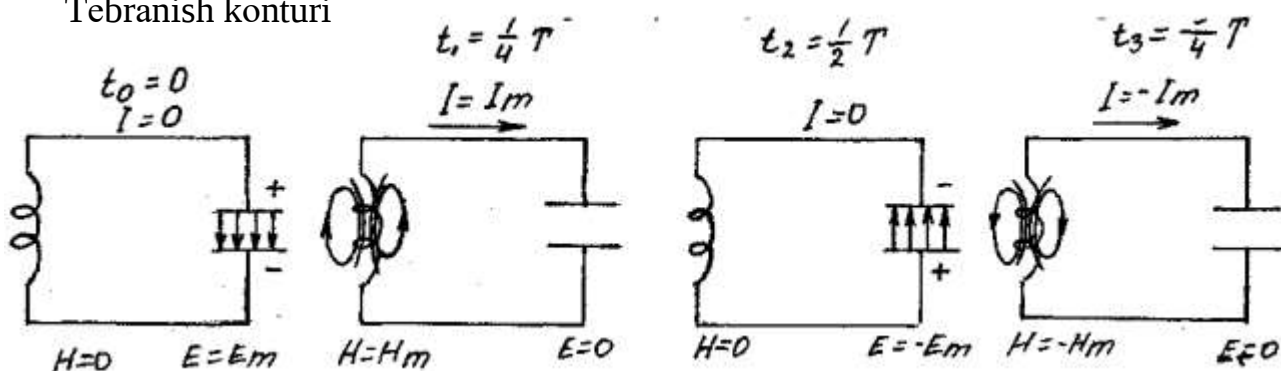
$$W = \epsilon_0 \epsilon E^2/2 + \mu_0 \mu H^2/2 \quad (19.5)$$

SHunday qilib, birlik hajmdagi elektromagnit maydon energiyasi elektr maydon energiyasining zichligi va magnit maydon energiyasining zichligi yig'indisidan iborat ekan.

Elektromagnit energiyani katta masofalarga bera oladigan elektromagnit tulkinlarning manbai juda katta (million Gerts) tartibdagi o'zgaruvchan tok bo'lishi kerak. Bunday tokni hech qanday mexanik mashina xosil kila olmaydi. 10 darajasi 6 Gts chastotali o'zgaruvchan tok hosil qilish uchun generatoring yakori sekundiga million marta aylanishi kerak. Bunday mexanizm yaratish mumkin emas. SHuning uchun yuksak chastotali elektromagnit tebranishlar hosil qilishda tebranish konturidan foydalaniladi.

BERK TEBRANISH KONTURI

Tebranish konturi



kondensator va o'zinduktsiya g'altagidan iborat ya bo'ladi (19.2-rasm)

19.2-rasm

Konturda elektr tebranishlar hosil qilish uchun dastlab kondensatorni zaryadlaymiz $t_0=0$ paytda $I=0$ konturdagi kondensator elektr maydonida yig'ilgan energiya mavjud bo'ladi. Bu maydonning kuchlanganligi maksimum qiymatta erishgan bo'ladi $E=E_m$.

Vaqt utishi bilan $t_1 = T/4$ chorak davrda kondensatorning razryadlanishi bilan I tok kuchi ortib boradi va g'altakda N magnit maydoni yuzaga

keladi. Kondensator to'la razryadlangach elektr maydon kuchlanganligi $E=0$, $N=N_t$ va $I=I_m$ bo'ladi.

Vaqtning $t_2=T/2$ paytida kondensator to'la qayta zaryadlanadi. Undagi elektr maydon kuchlanganligi yana maksimal qiymatga erishadi ($E=-E_t$), biroq teskari yo'nalishda bo'ladi. Bu holatda konturda tok to'xtaydi $I=0$ va magnit maydoni kuchlanganligi $N=0$ bo'ladi. SHunday qilib, kontur energiyasi yana kondensatorning elektr maydonida to'planadi. So'ngra kondensator yana razryadlana boshlaydi konturda magnit maydon vujudga kelib, orta boradi va elektr maydon susaya boradi.

Vaqtning $t_3=3T/4$ paytida kondensator to'la razryadlanib, $E=0$, magnit maydon esa $N=-N_t$ bo'ladi va konturning energiyasi g'altakning magnit maydonida to'planadi.

Nihoyat vaktning $t=T$ paytida, ya'ni to'la bir davrda kontur boshlang'ich holatga qaytadi $I=0$, $E=E_m$ bo'ladi. Bu jaraen davriy ravishda takrorlana boradi.

SHunday qilib, konturdagi elektr tebranishlar paytida kondensatorning elektr maydon energiyasi va o'zinduktsiya g'altakining magnit maydon energichsi davriy ravishda o'zaro bir-biriga aylanib turadi, bu xuddi mayatning mexanik tebranishlari, ya'ni potentsial va kinetik energiyalarning o'zaro bir-biriga aylanishi kabi bo'ladi.

Agar konturda energiya isrofi, ya'ni o'tkazgichlarning qizishi bo'lmaganda edi so'nmas elektromagnit tebranishlar sodir bo'lgan bular edi.

Elektr rezonansi shartiga ko'ra konturning rezonans chastotasini quyidagicha ezamiz:

$$\nu = 1/2\pi \sqrt{LC} \quad (19.6)$$

Bu erda L -konturning induktivligi, S -konturning sig'imi. SHunday qilib, bu formuladan konturdagi elektr tebranishlar davri quyidagicha ifodalanadi:

$$T = 2\pi \sqrt{LC} \quad (19.7)$$

SHu munosabat Tomson formulasi deb nomlanadi, chunki buni nazariy yo'l bilan Tomson 1853 yilda chiqargan.

Ko'rinib turibiki, juda katta chastotalarga ega bo'lgan elektr tebranishlarni hosil qilish uchun kichik induktivlik va kichik elektr sig'imdan iborat bo'lgan konturdan foydalanish kerak ekan. Masalan $S=0,0001\text{mkf}$ va $=0,0001\text{Gn}$ bo'lgan konturda elektr tebranishlar chastotasi $\nu = 2 \cdot 10^6$ Gts ga teng bo'ladi.

Energiya isrofi tufayli elektr tebranishlar so'nar ekan. Tebranish konturini davriy ravishda tebranishini ta'minlab turish uchun

konturdagi kondensatorni biror usul bilan tez-tez zaryadlab turish kerak ekan.

So'nmas elektr tebranishlarni ta'minlab turish, ya'ni kondensatorni zaryadlab turish uchun induksiya g'altagidan, elektron lampalardan va tranzistorlardan foydalaniladi.

Savollar:

1. Elektromagnit maydonning fazoviy tezligi?
2. Elektromagnit to'lqin uzunligi? Z. Elektromagnit to'lqin energiyasi?
4. Tebranish konturini tushintiring?
5. Tomson formulasini yozing? b. Elektr tebranishlar chastotasini yozing?
7. Qanday qilib yuksak chastotali tebranishlar hosil qilish mumkin?
8. Sunmas elektr tebranishlarni qanday usullar bilan hosil qilish mumkin?

20-MA'RUZA

TEBRANISHLAR VA TO'LQINLAR

Ma'ruza rejasi:

1. Mexanik tebranishlar;
2. Garmonik tebranishlar tenglamasi; Z. Mayatniklar;
4. Garmonik tebranishlar energiyasi;
5. To'lqin tenglama.

MEXANIK TEBRANISHLAR

Jismning muvozanat vaziyatidan goh bir tomonga goh k drama-qarshi tomonga harakatlanib turishi davriy ravishda takrorlanib turadigan jarayonga tebranma harakat deyiladi. Tebranma harakat quyidagi kattaliklar yordamida xarakterlanadi:

1. Tebranish amplitudasi-tebranma harakat qilayotgan jismning muvozanat vaziyatidan chetga chikishi siljish deb, siljishning maksimal qiymati amplituda deb ataladi.

2. Tebranish davri-jismning bitta to'liq tebranishi uchun ketgan vaqt tebranish davri (T) deb ataladi. Agar t vaqt ichida jism n marta tebrangan bo'lsa, uning davri

$$T = t/n \quad (20.1) \text{ bo'ladi. Buerda } T \text{ -tebranish}$$

davri, t -tebranish vaqti, n -tebranishlar soni.

Z. Tebranish chastotasi -davrga teskari katalikni tebranish chastotasi deyiladi, ya'ni:

$$\nu = 1/T \quad (20.2)$$

Tebranish davrining o'lchov biligi $[T]=[s]$, chastotaning o'lchov birligi $[\nu]=[Gts]$.

GARMONIK TEBRANISHLAR TENGLAMASI

Biror m massali sharcha prujinaga berkitilgan bo'lsin shu sharchani muvozanat vaziyatidan chiqarib, tebranma harakatga keltiraylik (20.1-rasm). Ax.11.1

Agar tebranish davriy takrorlanib tursa bu tebranishni garmonik tebranish deb aytiladi. SHarchani muvozanat vaziyatiga qaytaruvchi, ya'ni siljiishga teskari yo'nalgan kuchni elastik kuch deb aytiladi va quyidagicha ifodalanadi:

$$G' = -kx \quad (20.3)$$

Bu erda F -elastik kuch, k -proportsionallik koefitsienti yoki prujina yasalgan materialning bikrligi deyiladi. x -siljish.

Ko'rinib turibiki, elastiklik kuchi sharchani harakatga keltirayapti, demak Nyutonning ikkinchi qonuniga ko'ra quyidagini yozishimiz mumkin:

$$ma = -kx \quad (20.4)$$

Tezlanish bu siljishdan vaqt bo'yicha olingan ikkinchi tartibli hosila ($a = dx/dt$) ekanligini hisobga olsak (20.4) ni quyidagicha ezishimiz mumkin:

$$m d^2 x / dt^2 = -kx \text{ ekin } d^2 x / dt^2 + kx / m = 0 \quad (20.5)$$

k va m lar musbat kattalik ekanligi uchun ularning nisbatini biror w kattalikning kvadrati tarzida ifodalashimiz mumkin:

$$k/m = \omega^2 \quad (20.6)$$

Buni hisobga olsak, (20.5) quydagi ko'rinishni oladi:

$$d^2 x / dt^2 + \omega^2 x = 0 \quad (20.7)$$

Bu ifoda ikkinchi tartibli differentsial tenglama bo'lib, uning echimi quydagicha bo'ladi:

$$x = A \cos(\omega t + \alpha) \quad (20.8)$$

Bu erda A -tebranish amplitudasi, a -boshlang'ich faza, ω -tsiklik chastota. Agar boshlang'ich faza $\alpha = \pi/2$ bo'lsa (20.8) quydagi ko'rinishni oladi:

$$x = A \sin(\omega t + \alpha) \quad (20.9)$$

SHu(20.8) va (20.9) tenglamalar garmonik tebranma harakat tenglamasi deyiladi. Garmonik tebranma harakatning tsiklik chastotasi

$$\omega = 2\pi/T \quad (20.10)$$

ko'rinishni oladi. **Demak tsiklik chastota bir to'liq davr ichida aylanib chiqilgan 2% burchak ekan.**

MAYATNIKLAR

Muvozanat vaziyati atrofida tebranma harakat qiladigan jismlar mayatniklar deb aytiladi. Mayatniklar uch turga (prujinalim, matematik va fizik mayatniklar) bulinadi:

1.Prujinali mayatnik -bir uchi mahkamlangan prujina va unga berkitilgan m massli yukdan iborat sistemaga prujinali mayatnik deyiladi.

Prujinali mayatnikning tebranish davri

$$T_n = 2\pi \sqrt{m/k} \quad (20.11)$$

ko'rinishda bo'ladi.

2.Matematik mayatnik -CHO'zilmaydigan vaznsiz ipga osilgan m massali moddiy nuqtadan iborat sistemaga matematik mayatnik deyiladi.

Matematik mayatnikning tebranish davri quyidagicha ifodalanadi:

$$T_m = 2\pi \sqrt{l/g} \quad (20.12)$$

Bu erda l -mayatnikning uzunligi, g -erkin tushish tezlanishi. Erkin tushish tezlanishi Er sirtining muayyan joylarida o'zgarmas qiymatga ega bo'lganligi uchun matematik mayatnikning davri faqat mayatnikning uzunligiga bog'liq bo'lar ekan.

Fizik mayatnik gorizontal qo'zgalmas o'q atrofidan harakatlanadigan qattik; jismdan iborat sistemaga fizik mayatnik deyiladi.

Fizik mayatnikning tebranish davri quyidagicha ifodalanadi:

$$T_{\phi} = 2\pi \sqrt{I/mgh} \quad (20.13)$$

Bu erda I -fizik mayatnikning osilish o'qiga nisbatan inertsia momenti, m -fizik mayatnikning massasi, h -fizik mayatnikning osilish o'qi va inertsia markazi orasidagi masofa.

Mayatniklardan vaqt o'lchagichlarda va er osti qazilma boyliklarni aniqlashlarda foydalanila-di.

GARMONIK TEBRANISHLAR ENERGIYASI

Garmonik tebranma harakat qilayotgan moddiy nuqtaning to'liq energiyasi kinetik va potentsial energiyalarning yig'indisidan iborat bo'ladi:

$$W = E + U = kA^2/2 \quad (20.14)$$

Garmonik tebranma harakat qilayotgan moddiy nuqtaning maksimal kinetik va maksimal potentsial energiyalari

$$E_m = m\omega^2 A^2/2 \quad (20.15) \text{ ba } U_m = kA^2/2 \quad (20.16)$$

ko'rinishda ifodalanadi. SHu uchala tenglamani taqqoslasak quyidagi xulosaga kelamiz: Tebranuvchi sistemaning ixtiyoriy vziyatdagi to'liq energiyasi o'zgarmaydi (qarshilik kuchlari ta'sir etmaganda) va u kinetik yoki potentsial energiyaning maksimal qiymatiga teng bo'ladi.

TULKIN TENGLAMASI

Fazoning biror nuqtasida tebranuvchi manba joylashgan bo'lsin. U xolda manba o'ziga bevosita tegib turgan zarraga, zarra esa uzidan keyingi qo'shni zarralarga tebranish uzatadi va shu zaylda fazoda tebranishlarning, ya'ni to'lqinlarning tarqalishi sodir bo'ladi. Tulkin tenglamasi quyidagicha ifodalanadi:

$$\xi = A \cos(t - x/u) \quad (20.17)$$

Bu erda ξ -muhitdagi ixtiyoriy zarraning muvozanat vaziyatidan siljishi, t -vaqt, x -zarraning manbadan uzoqligi, u -to'lqinning muxitda tarqalish tezligi.

Biror T davr davomidva u tezlik bilan tarqalayotgan to'liq bosib o'tgan masofa shu to'liqning uzunligi deyiladi:

$$\lambda = uT \quad (20.18)$$

To'liqlarda fazaviy va guruh tezliklar bo'ladi. Fazaviy tezlik quyidagicha ifodalanadi

$$u = dx/dt \quad (20.19)$$

Turli chastotali to'liqlarning yig'indisi to'liqlar guruhi deyiladi. To'liq uzunligi λ dan $\lambda + d\lambda$ bo'lgan to'liqlar guruhi fazoda tarqalayotgan bo'lsa uning guruh tezligi u_g quyidagicha ifodalanadi:

$$u_r = u - \lambda du/d\lambda \quad (20.20)$$

To'liqning to'liq energiyasi kinetik va potentsial energiyalarning yig'indisiga teng:

$$W = E + U = \rho A^2 \omega^2 \sin^2 \omega(t - x/u) \Delta V \quad (20.21)$$

Bu erda ρ - muhitning zichligi, A - amplituda, ΔV - muhitning hajmi.

Savollar:

1. Tebranma harakatning xarakteristikalar?
2. Garmonik tebranishlar tenglamasi?
3. Prujinali mayatnikning tebranish davri?
4. Matematik mayatnikning tebranish davri?
5. Fizik mayatnikning tebranish davri?
6. Garmonik tebranishlarning energiyasi?
7. To'liq tenglama?
8. Fazaviy tezlik?
9. Guruh tezlik? YU. To'liq energiyasi?

XOTIMA

Elektromagnitizm bo'limidagi asosiy fizikaviy hodisalar va qonuniyatlarni ko'rib chiqdik. Elektr va magnit hodisalari bilan bog'liq qonunlarni bilish umumiy fizikaning boshqa bo'limlari kabi insonga materiani idrok qila bilish uchun asosiy omillardan biri bo'lib hisoblanadi.

Vakuumdagi elektr maydonini bilgan holda elektr zaryadining xossalari, Kulon qonuni, Gauss teoremasi, elektr maydonining potentsiali va kuchlanganligi o'rganildi. Bu qonuniyatlar asosida zaryadlarning o'zaro ta'sir kuchlari va istalgan shakldagi o'tkazgichning elektr maydon kuchlanganligini analitik yo'l bilan aniqlanadi.

Kondensatorlar batareyalaridan foydalanib, kerakli elektr sig'imini olish va oldindan belgilangan elektr maydon energiyasini hosil qilish imkoni yaratildi.

Elektr tokining qonunlariga asoslanib, istalgan turdagi elektr zanjirini hisoblash mumkin.

Elektronlar emissiyasi nazariyasiga asoslanib, pulsatsiyalangan signallar oluvchi tugrilagichlar va signal kuchaytirgichlar ishlab chiqildi. YUqori darajali ionizatsiya hodisalari asosida katta temperaturali lazer nurlarini o'rab turuvchi elektromagnit qobuq hosil qilindi.

Magnit maydonining zaryadlangan zarralarga ta'siriga asoslanib, tsiklotron tezlatgichlar va magnitogidrodinamik generator (MGDG) yaratildi. Moddalarning magnit xossalariidan foydalanib, radiotelevideniya, (ovoz yozish tasmalarida, mikrofonlarda), Qishloq xo'jalik mashinalarida (don o'rgich kombaynlarda) ferromagnit moddalar ishlatila boshlandi.

Elektromagnit induksiya hodisasiga asoslanib texnikada sinusoidal elektr toki olinadi va etarli magnit maydon energiyasi hosil qilinadi.

Maksvellning elektromagnit maydon nazariyasi elektromagnit induksiya hodisasiga teskari bo'lgan magnitoelektrik induksiya hodisasi mavjud ekanligini asoslab berdi. Elektromagnit to'lqinlarning vakuumdagi tezligi erig'lik tezligiga tengligi anikdandi.

ILOVA

Xalqaro sistema (SI) dagi asosiy biliklar

Kattalikning nomi 1	Kattalikning nomi 2	o'lchov birligi belgisi 3
Uzunlik	metr	m
Massa	kilogramm	kg
Vaqt -	sekund	s
Tok kuchi	amper	A

KIRISH	5
1-MA'RUZA.....	6
Elektr zaryadining saqlanish tsonuni. Kulon k;onuni. Gauss teoremasi.	6
3-MA'RUZA	12
ELEKTR MAYDONDA O'TKAZGICHLAR.....	12
4-MA'RUZA	16
DIELEKTRIKLARDA ELEKTR MAYDON.....	16
KIRXGOF QOIDALARI	23
TURLI MUXITLARDA ELEKTR TOKI.....	25
GAZLARDA ELEKTR TOKINING O'TISHI	28
MAGNIT MAYDON VA UNING XARAKTERISTIKALARI	29
O'ZGARUVCHAN SINUSOIDAL TOK. O'ZGARUVCHAN TOKNING	50
ISHI VA QUVVATI.....	50
SIG'IM VA INDUKTIV QARSHILIKLAR	53
INDUKTIV QARSHILIK	55
ELEKTR REZONANSI	56
ELEKTROMAGNIT TEBRANISHLAR.....	58
BERK TEBRANISH KONTURI	59