

*O'zbekiston Respublikasi
Qishloq va Suv Xo'jaligi Vazirligi
Toshkent Irrigatsiya va Melioratsiya
Instituti*

ELEKTROMAGNIT MAYDON, ELEKTROMAGNIT TEBRANISHLAR

*Mavzusi bo'yicha **FIZIKA** fanidan*

TAQDIMOT

Rahbar: Tashtanova M.
Bajardi: GM fakulteti SXM 1/6
guruh talabasi Norqulov A.

Reja:

1. Elektromagnit maydonni vujudga kelishi
2. Elektromagnit maydon uchun Maksvell tenglamalari.
3. Elektromagnit tebranishlar. Tebranish konturi.
4. So'nuvchi elektromagnit tebranishlar.
5. Majburiy elektromagnit tebranishlar. Rezonans.

Tayanch soʻz va iboralar:

Tebranish konturi, kondensator, solenoid, magnit maydon energiyasi, oʻzgaruvchan tok, soʻnuvchan tebranish.

Elektromagnit maydonni vujudga kelishi.

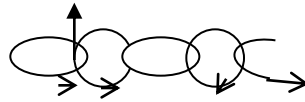
Maksvell siljish toki tushunchasini qo'llab XIX asr oxirlarida elektromagnit maydon nazariyasini yaratdi. Bu nazariya ikki postulatga asoslanadi.

1. O'zgaruvchan magnit maydon tufayli uyurmaviy elektr maydon vujudga keladi (elektromagnit induktsiya hodisasi).

2. O'zgaruvchan elektr maydon tufayli uyurmaviy magnit maydon vujudga keladi (magnito-elektrik induktsiya hodisasi).

Kondensator plastinkalari orasida o'zgaruvchan elektr maydon vujudga keltiraylik, yuqoridagi postulatlarga asosan, birlamchi elektr maydon kuchayib borayotgan vaqtda o'zgaruvchan elektr maydon

$$\frac{dE}{dt}$$



kuchlanganlik chiziqlari konsentrik o'rab qoladi. Vujudga kelgan o'zgaruvchan magnit maydon o'z navbatida uyurmaviy elektr maydonni vujudga keltiradi. Demak elektr maydon magnit maydonni, magnit maydon esa elektr maydonni vujudga keltiradi va hakazo. SHu tariqa fazoda bir-birini vujudga keltiruvchi elektr va magnit maydonlar ketma-ket sodir bo'laveradi. Bu maydonlar o'zaro bir-biri bilan uzviy bog'langanligi uchun umumiy maydonni elektromagnit maydon deb ataladi. Tabiatda «sof» elektr maydon yoki «sof» magnit maydon sodir bo'lmaydi. CHunki agar bir sanoq tizimidagi kuzatuvchi qo'zsalmas elektr zaryad tufayli vujudga kelayotgan elektr maydonni qayd qilsa, bu tizimga nisbatan harakatda bo'lgan ikkinchi sanoq tizimidagi kuzatuvchi uchun zaryad harakatlanayotgan bo'ladi.

Demak «sof» maydon tushunchasi nisbiy xarakterga ega. Biror sanoq tizimidagi «sof» elektr maydon yoki sof magnit maydon boshqa sanoq tizimida elektr va magnit maydonlar yig'indisi, ya'ni elektr magnit maydon tarzida namoyon bo'ladi.

Elektromagnit maydon uchun Maksvell tenglamalari. Maksvellning elektromagnit maydon nazariyasi asosini uning nomi bilan ataladigan to'rtta tenglama tashkil etadi.

1). qo'zg'almas zaryad q o'z atrofidagi fazoda elektr maydon vujudga keltiradi. Bu maydon potentsial maydondir. Ma'lumki potentsial kuchlarning yopiq yo'lda bajargan ishi nolga teng. SHuning uchun bu maydon kuchlanganlik vektori E_q ning ixtiyoriy berk kontur bo'yicha sirkulyatsiyasi nolga teng

$$\oint_e E_{qe} dl = 0 \quad (5)$$

Elektr maydon fazoning vaqt davomida o'zgarib turuvchi magnit maydon mavjud bo'lgan barcha nuqtalarida ham vujudga keladi. Bu maydon uyurmaviy elektr maydondir. Uyurmaviy elektr maydon kuchlanganligi E_V ning chiziqlari doimo berk. E Vektorining ixtiyoriy berk kontur bo'yicha sirkulyasiyasi noldan farqli bo'lib quyidagiga teng.

$$\oint_e E_{Bl} dl = - \int_S \left(\frac{\partial B}{\partial t} \right)_n dS \quad (6)$$

SHuning uchun natijaviy elektr maydon kuchlanganligini $E = E_q + E_B$ deb belgilab (5) va (6) tenglamalarni qo'shsak.

$$\oint_e E_e dl = \oint E_{ql} dl + \oint E_{Bl} dl = - \int_S \left(\frac{\partial B}{\partial t} \right)_n dS \quad (7)$$

Bu ifodani chap tomondagi integral ixtiyoriy berk kontur bo'yicha, o'ng tomondagi integral esa shu konturga tiralgan ixtiyoriy sirt bo'yicha olinadi. (7) ifoda Maksvellning birinchi tenglamasi bo'lib elektr maydonning faqat elektr zaryadlarigina emas balki vaqt bo'yicha o'zgaruvchi magnit maydoni ham hosil qilishni ko'rsatadi.

2) Ma'lumki magnit maydon kuchlanganlik vektorining ixtiyoriy berk kontur bo'yicha tsirkulyatsiyasi shu kontur o'rab olgan barcha makroskopik toklarning algebraik yig'indisiga teng, ya'ni

$$\oint_e H_e dl = \Sigma I = \int_S j dS \quad (8)$$

Ma'lumki umumiy holda magnit maydon o'tkazuvchanlik toki va siljish toki tufayli vujudga kelgan magnit maydonlarning yig'indisidan iborat, ya'ni

$$j_{to'li} = j_{o'tk} + j_{sil} \quad (9) \quad j_{sil} = \frac{\partial D}{\partial t}$$

u holda (4) ifodaga asosan

$$\oint_e H_e dl = \int_s \left(I_{ymk} + \frac{\partial D}{\partial t} \right) dS \quad (10)$$

Bu ifoda magnit maydonini faqat o'tkazuvchanlik toki emas, balki o'zgaruvchan elektr maydoni ham hosil qilishini ko'rsatadi.

3) Elektr induksiya vektori D ning ixtiyoriy berk sirt orqali oqim shu sirt ichidagi barcha erkin zaryadlarning algebraik yig'indisiga teng

$$\oint_S D_n dS = \sum q \quad (11)$$

Berk sirt ichida uzluksiz ravishda joylashgan zaryadlarning xajmiy zichligini ρ bo'lsa, u holda (11) ni quyidagicha yozish mumkin.

$$\oint_S D_n dS = \int_V \rho dV \quad (12)$$

Bu Maksvellning uchinchi tenglamasi.

4). Magnit maydon qanday usul bilan vujudga keltirilganligidan qat'iy nazar magnit induksiya chiziqlari doimo berk bo'ladi.

$$\oint B_n dS = 0 \quad (13)$$

Bu ifoda V vektor uchun Gauss teoremasi bo'lib (13) ifoda Maksvellning to'rtinchi tenglamasi deb yuritiladi.

Maksvell tenglamalarida qatnashayotgan kattaliklar orasida quyidagi munosabatlar o'rinli

$$D = \epsilon_0 \epsilon E \quad B = \mu_0 \mu H$$

Maksvell tenglamalari Nyuton qonunlari, termodinamika bosh qonunlari kabi katta ahamiyatga egadir.

Elektromagnit tebranishlar. Tebranish konturi.

Elektromagnit tebranishlarni kuzatish uchun elektr tebranish konturidan foydalaniladi. Bunda elektr maydon energiyasi magnit maydon energiyasiga va aksincha magnit maydon energiyasi elektr maydon energiyasiga aylanishi imkoniga ega bo'ladi. Elektr maydonni sig'imi S bo'lgan kondensator qoplamalari orasida, magnit maydonni esa induktivligi L bo'lgan solenoid yordamida vujudga keltiriladi. Kondensatorni tok manbaiga qulasak qoplamalar orasida energiyasi $W = \frac{q^2}{2C}$ ga teng bo'lgan elektr maydoni hosil bo'ladi.

$$W = \frac{q^2}{2C}$$

Kondensatorni tok manбайдan uzib, L g'altakka ulasak kondensator razryadlana boradi, g'altak atrofida esa magnit maydoni vujudga keladi. Magnit maydon

energiyasi $W = \frac{1}{2}LI^2$

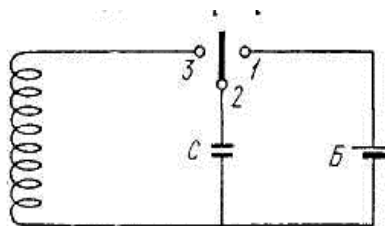
Bu jarayon davomida kondensator qoplamalaridagi q zaryad, kondensatoridagi U kuchlanish va g'altak o'tuvchi I tok kuchi davriy o'zgarib turadi, ya'ni tebranadi.

Tebranishda elektr va magnit maydoni energiyalari o'zaro almashinib turadi. Bunday tebranish

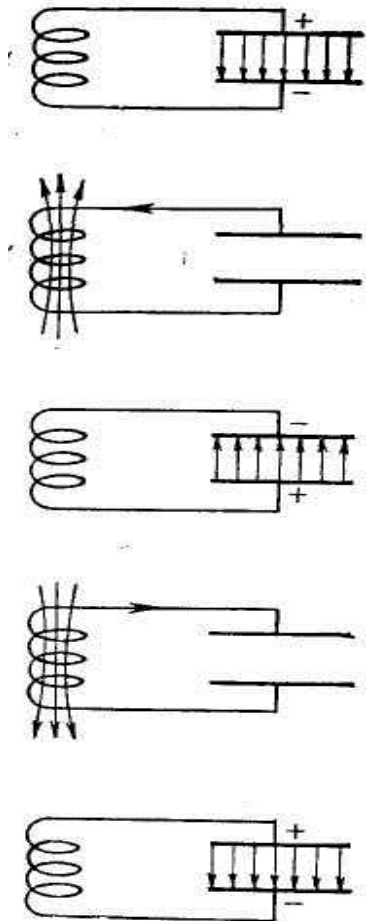
elektromagnit tebranish deyiladi. Elektromagnit tebranish vaqtida konturda tashqi kuchlanish bo'lmaydi.

SHuning uchun kondensatoridagi $U_c = \frac{q}{C}$ va g'altakdagi

$U_L = L \frac{dI}{dt}$ kuchlanishlar yig'indisi nolga teng.



1-rasm



2-rasm

$$U_L + U_C = 0$$

$$I = \frac{dq}{dt}$$

$$L \frac{dI}{dt} + \frac{q}{C} = 0$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{d^2q}{dt^2}$$

$$\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{1}{LC}q = 0$$

$$\omega_0^2 = \frac{1}{LC};$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

ω -xususiy tebranish chastotasi, u holda $\frac{d^2q}{dt^2} + \omega_0^2q = 0$

bu erkin elektr maydon tebranishini differentsial tenglamasi. Bu tenglamaning yechimi

$$q = q_m \cos(\omega_0 t + j)$$

Demak kondensator qoplamalaridagi zaryad miqdori garmonik qonun bo'yicha o'zgaradi. Kondensatordagi kuchlanish

$$U = \frac{q}{C} = \frac{q_m}{C} \cos(\omega_0 t + \varphi) = U \cos(\omega_0 t + \varphi)$$

ω_0 -xususiy tebranish chastotasi, u holda bu erkin elektr maydon tebranishini differentsial tenglamasi. Bu tenglamaning yechimi $q = q_m \cos(\omega_0 t + \varphi)$ bo'lib, kondensator qoplamalaridagi zaryad miqdoriga monand ravishda o'zgaradi. Zanjirdagi tok kuchi ham garmonik qonun bo'yicha o'zgaradi.

$$I = \frac{dq}{dt} = -\omega_0 q_m \sin(\omega_0 t + \varphi) = I_m \cos(\omega_0 t + \varphi + \frac{\pi}{2})$$

Demak, tok kuchi zaryad va kuchlanishdan faza bo'yicha $\frac{\pi}{2}$ ga farq qiladi. Konturni tebranish davri $T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{LC}$ bo'lib bu Tomson formulasi deyiladi.

So'navchi elektromagnit tebranishlar.

Har qanday real tebranish konturi aktiv qarshilikka ega bo'ladi. SHuning uchun kondensatorning razryadlanish jarayonida elektr maydon energiyasining faqat bir qismi magnit maydon energiyasiga aylanadi, xuddi shuningdek, kondensatorni qayta zaryadlanishda magnit maydon energiyasining bir qismi elektr maydon energiyasiga aylanadi, qolgan qismlari esa aktiv qarshilikda Joule issiqlik sifatida ajralib chiqadi. Demak, real konturdagi erkin tebranishlar so'navchi bo'ladi. So'navchi tebranishning differentsial tenglamasini xosil qilish uchun kondensatordagi kuchlanish tushishi

va aktiv qarshilikdagi kuchlanish

$$U_C = \frac{q}{C}$$
$$U_L = L \frac{dq}{dt}$$
$$U_R = IR = R \frac{dq}{dt}$$

ning yig'indisini nolga tenglashtirish kerak, ya'ni

$$L \frac{d^2 q}{dt^2} + R \frac{dq}{dt} + \frac{1}{C} q = 0 \quad \text{yoki}$$

$$\frac{d^2 q}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{dq}{dt} + \frac{1}{LC} q = 0 \quad \frac{R}{L} = 2\beta; \quad \frac{1}{LC} = \omega_0^2$$

belgilasak $\frac{d^2 q}{dt^2} + 2\beta \frac{dq}{dt} + \omega_0^2 q = 0$

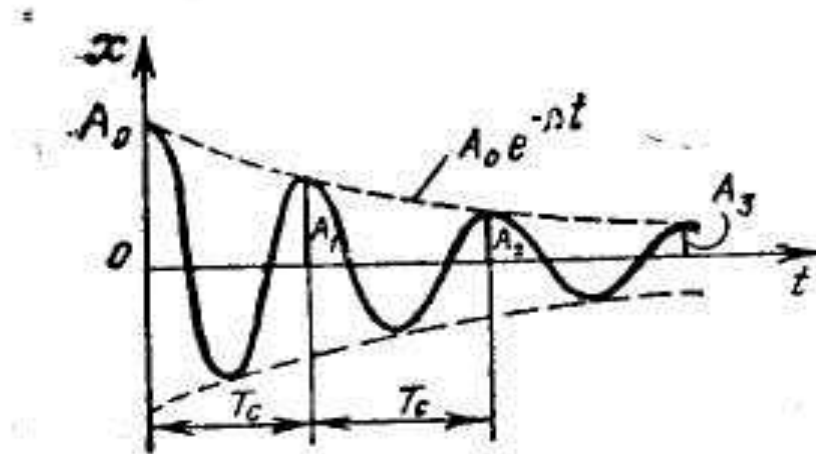
Bu so'navchi tebranishni differentsial tenglamasi bo'lib, uning echimi

$$q = q_m \cdot e^{-\beta t} \cos(\omega_c t + \varphi) \quad \omega_c = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2} = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}$$

bo'lib, bu so'navchi tebranish chastotasi so'navchi elektromagnit tebranishlarning so'nash darajasi, so'nishning logarifik dekrementi.

$$\delta = \left| \ln \frac{q(t)}{q(l + T_c)} \right| = \beta T_c = \frac{R}{2L} T_c$$

bilan xarakterlanadi. $T_c = \frac{2\pi}{\omega_c}$ -so'nuvchi tebranish davri.



3-rasm

O'ZGARUVCHAN TOK

Kvazistatsionar toklar.

Om qonuni (35.2) xamda undan kelib chikadigan Kirxgofning (36.1) va (36.2) qonunlari O'zgarmas tok uchun aniklangan edi. Lekin ular o'zgarish tezligi j uda tez bulmagan o'zgaruvchan tok va kuchlanishning oniy qiymati uchun to'g'riligicha qoladi. Elektromagnit galayonlar zanjir bo'ylab yorug'lik tezligi s ga teng bo'lgan ulkan tezlikda tarqaladi. Agar g'alayonlanishni zanjirning eng uzoq, nuqtasiga uzatish uchun zarur bo'lgan $x = l/c$ vaqt ichida tok kuchi juda kam o'zgarsa, u xolda tok kuchining oniy qiymati zanjirning butun kesimi bo'ylab amalda birday bo'ladi. Shunday shartlarga bo'ysunadigan toklar kvazistatsionar toklar deyiladi. Davriy o'zgaradigan toklar uchun kvazistatsionarlik sharti quyidagicha yoziladi:

$$\tau = \frac{l}{c} \ll T, \quad \text{bu yerda } T - \text{ o'zgarish davri.}$$

Zanjir o'lchami taxminan 3 *m* bo'lganda $T=10^{-8}$ sek bo'ladi. Shunday qilib, tebranish davri $T \approx 10^{-6}$ sek (bu 10^6 *gts* chastotaga mos keladi) bo'lgunga qadar bunday zanjirdagi tokni kvazistatsionar tok deyish mumkin. Sanoat chastotasidagi ($\nu = 50$ *gts*) tok ~ 100 *km* uzunlikdagi zanjir uchun kvazistatsionardir.

Kvazistatsionar toklarning oniy qiymatlari Om konuniga bo'ysunadi. Binobarin, bu toklar uchun Kirxgof qoidalari xam o'rinlidir. Induktivlik va sigimga ega bo'lmagan) R qarshilikning (bunday qarshilikni, odatda aktiv qarshilik deyiladi) ikki uchiga

$$U = U_m \cos \omega t \quad (1.1)$$

Xar qanday o'tkazgich (masalan, simning tug'ri chiziqli kesmasi) biror sig'im va induktivlikka ega. Shuning uchun „toza“ aktiv qarshilik R , induktivlik L va sig'im S abstrakt hisoblanadi.

Qonun bo'yicha o'zgaruvchi kuchlanish berilgan bo'lsin, bunda U_m - kuchlanishning amplituda qiymati.

Kvazistatsionarlik sharti bajarilganda qarshilikdan o'tayotgan tok Ohm qonuni bo'yicha topiladi:

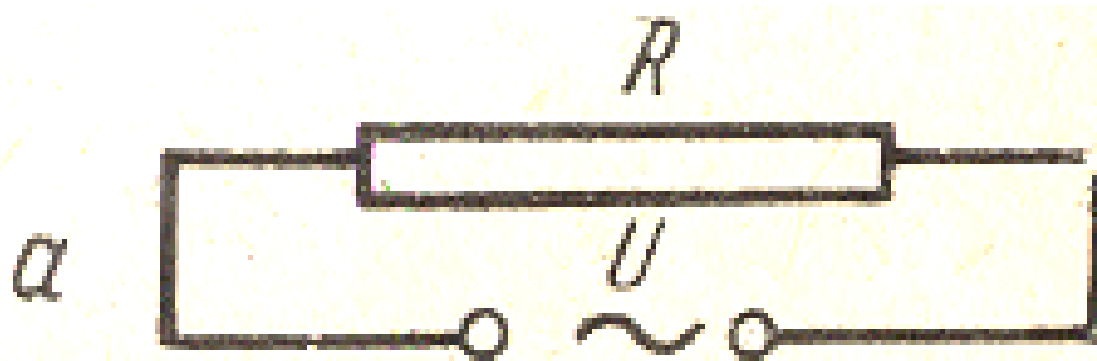
$$i = \frac{U}{R} = \frac{U_m}{R} \cos \omega t = I_m \cos \omega t.. \quad (1.2)$$

Shunday qilib, tok kuchi va kuchlanishning amplituda qiymatlari orasida quyidagicha munosabat mavjud:

$$I_m = \frac{U_m}{R}. \quad (1.3)$$

Agar o'zgaruvchan tok va kuchlanishni vektorlar yordamida tasvirlasak (xuddi garmonik tebranishlarda qilingani kabi ular orasidagi munosabat yanada yaqqolroq ko'rinadi. Ixtiyoriy yo'nalish tanlaymiz va bu yo'nalishni toklar deb ataymiz (1 – b rasm) - Shu yo'nalish bo'yicha $1t$ uzunlikdagi tok vektorini joylashtiramiz. Qaralayotgan holda tok va kuchlanish sinfaz o'zgargani sababli kuchlanish vektori ham toklar o'qi yo'nalishida bo'ladi;

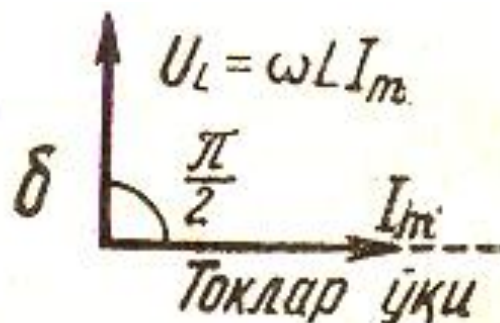
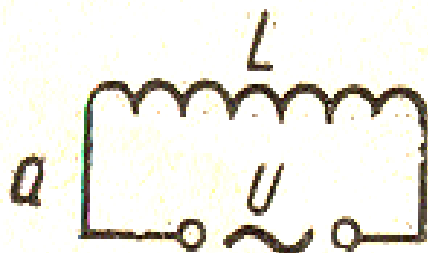
Uning uzunligi R/m ga teng bo'ladi. Tok yoki kuchlanish vektorlarining yig'indisi ushbu zanjirning vektor diagrammasini tashkil qiladi.



(1-rasm)

Induktiv g'altakdan o'tuvchi o'zgaruvchan tok

Qarshiligi va sig'imi xisobga olmaydigan darajada kichik bo'lgan L induktivlikning (masalan, galtakning) uchlariga o'zgaruvchan (1.1) kuchlanish beraylik (1-a rasm). Induktivlikdan o'zgaruvchan tok o'ta boshlaydi, natijada g'altakda o'zinduktsiya e. yu. k. xosil bo'ladi.



(2-rasm)

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

(L induktivlik i tokka bog'liq emas deb faraz qilamiz). Om qonuni tenglamasi quyidagicha yoziladi ($R = 0$, potentsiallar farqi U ga teng, $E_{12} = E_s$):

$$U_m \cos \omega t - L \frac{di}{dt} = 0, \quad \text{bundan}$$

$$L \frac{di}{dt} = U_m \cos \omega t. \quad (1)$$

Qaralayotgan holda tashqi kuchlanishning hammasi L induktivlikka qo'yilgan. Demak

$$U_L = L \frac{di}{dt} \quad (2)$$

kattalik induktivlikdagi kuchlanish tushishidir. Tenglamani

$di = \frac{U_m}{L} \cos \omega t dt$ ko'rinishida yozamiz. Buni integrallasak,

$i = \frac{U_m}{\omega L} \sin \omega t + \text{Const}$ ga ega bo'lamiz.

Ravshanki, tokning o'zgarmas tashkil etuvchisi yuk. Shuning uchun $\text{const} = 0$. Shunday qilib,

$$i = \frac{U_m}{\omega L} \sin \omega t = I_m \cos \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right), \quad (3)$$

bunda $I_m = \frac{U_m}{\omega L}$ (4)

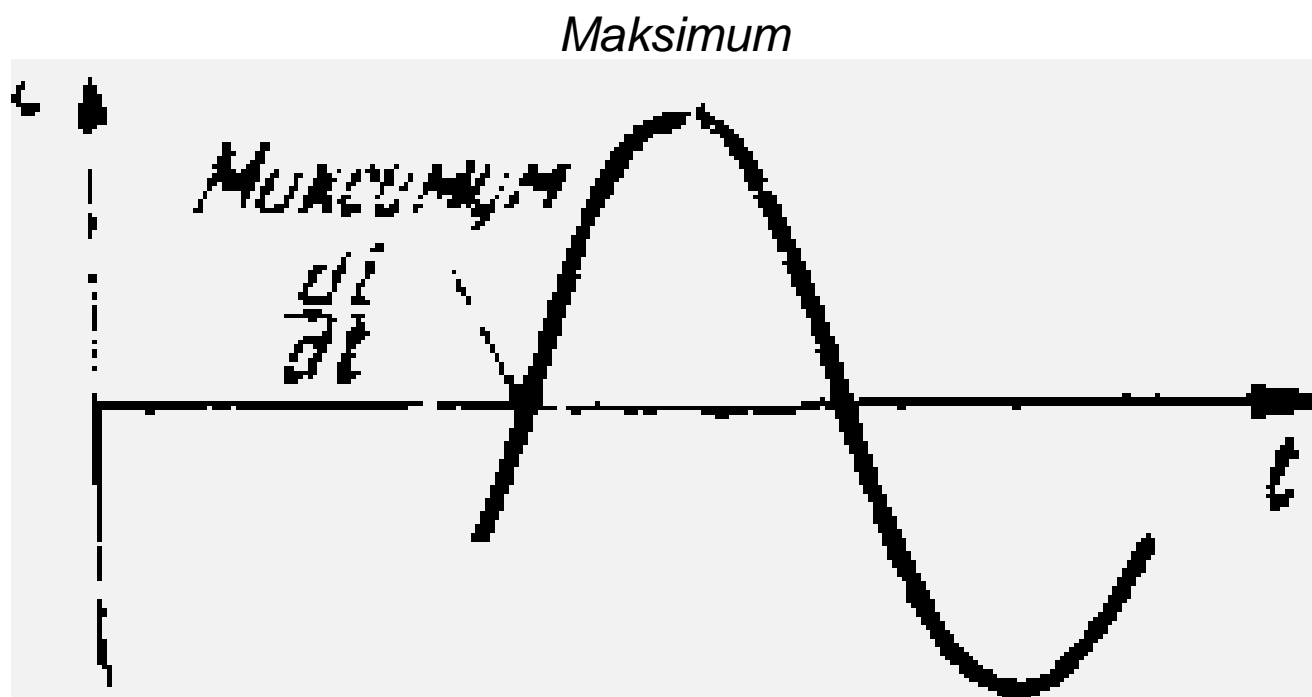
(3) va (4) munosabatlarni solishtirib, ushbu holda qarshilik rolini
$$XL = \omega L \quad (5)$$

kattalik tutashligini ko'ramiz, bu kattalikni reaktiv induktiv qarshilik yoki qisqacha induktiv qarshilik deb ataladi. Agar L ni genri hisobida, ω ni esa sek-1 hisobida olsak, XL kattalik om hisobida ifodalanadi.

(5) dan ω chastota ortishi bilan induktiv qarshilikning xam ortishi ko'rinib turibdi. O'zgarmas tokka ($\omega = 0$) induktivlik qarshilik ko'rsatmaydi. (1) dagi Um ni ωUm bilan almashtirib, induktivlikdagi kuchlanish tushishi uchun quyidagi ifodani olamiz:

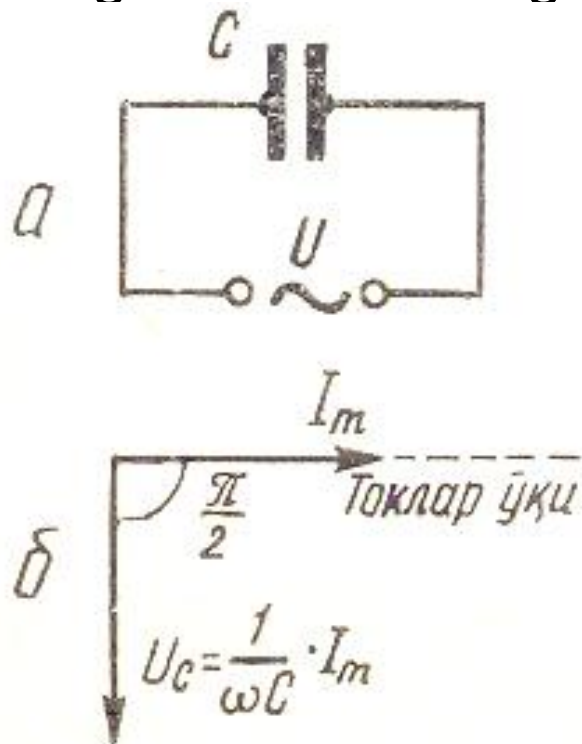
$$U_L = \omega L I_m \cos \omega t. \quad (6)$$

(3) va (6) ifodalarni o'zaro taqqoslab, induktivlikda kuchlanish tushishi, shu induktivlikdan oqayotgan tokdan faza bo'yicha $\pi/2$ ga oldin ketar ekan degan xulosaga kelamiz.



(3- rasm)

Agar toklar o'qini 1-rasmda ko'rsatilganidek gorizontal yo'nalishda joylashtirsak, u xolda 2- b rasmda tasvirlangan vektor diagramma hosil bo'ladi. Agar kosinusning hosilasi kosinus nolga teng bo'lgan paytda eng katta qiymatga ega bo'lishini e'tiborga olsak, induktivlikda tok va kuchlanish orasidagi faza bo'yicha siljishni tushunish oson. Bunda hosila kosinusning o'ziga qaraganda $1/4$ davr ilgari maksimumga erishadi (3-rasm).



E'tiboringiz uchun rahmat