

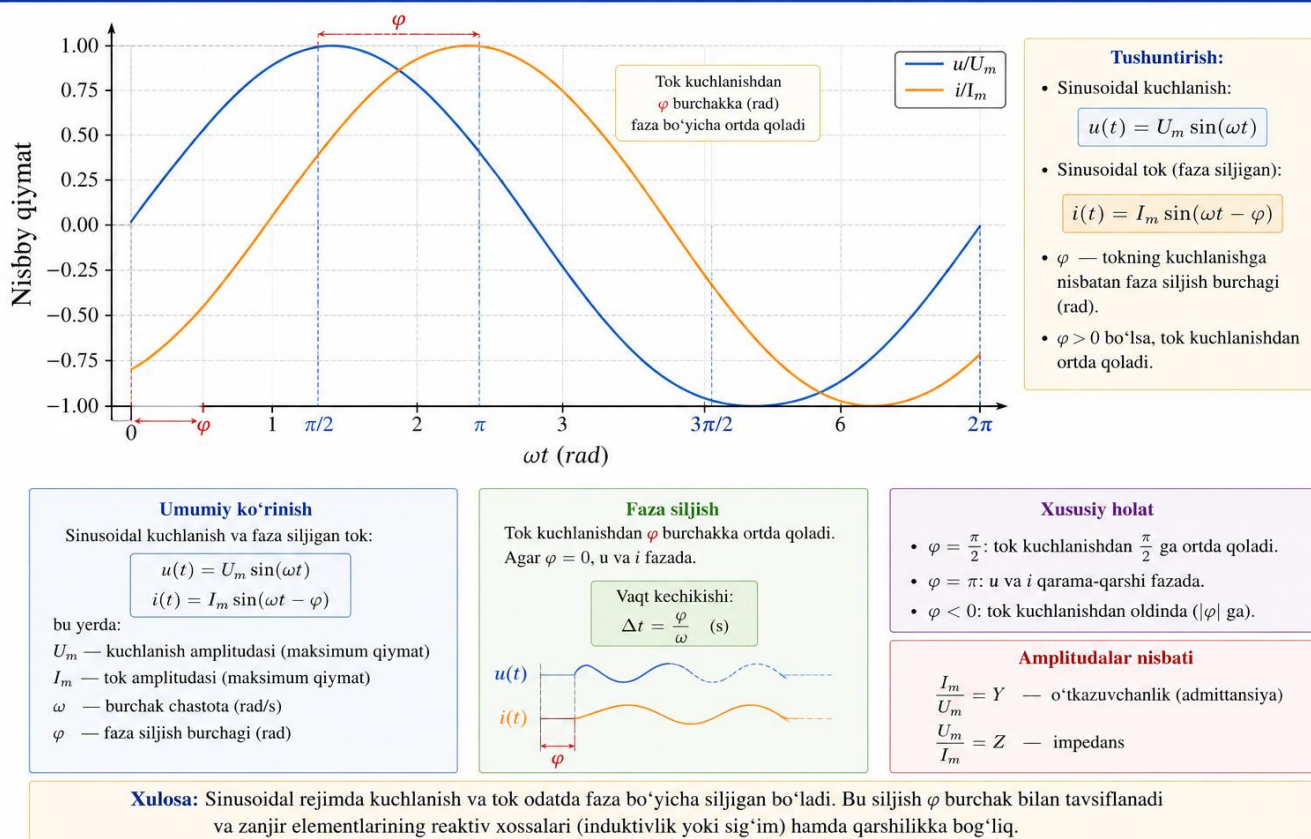
O'ZGARUVCHAN ELEKTR TOKI. R, L, C ZANJIRLARI, VEKTOR DIAGRAMMALAR, QUVVAT VA TOKLAR REZONANSI

O'zgaruvchan elektr toki - qiymati va odatda yo'nalishi vaqt bo'yicha davriy o'zgaradigan elektr tokidir. Energetika va elektrotexnikada eng muhim holat sinusoidal tok bo'lib, u generatorlarda tabiiy hosil bo'ladi, transformatorlar orqali samarali o'zgartiriladi va chiziqli zanjirlarni fazorlar usuli bilan tahlil qilish imkonini beradi. Aktiv qarshilik R elektr energiyani issiqlikka aylantiradi, induktivlik L va sig'im C esa energiyani magnit hamda elektr maydonlarda vaqtincha saqlab, manbaga qaytarishi mumkin.

Darsning maqsadi

Sinusoidal tok va kuchlanishning amplituda, chastota, faza va effektiv qiymatlarini tushuntirish; R, L va C elementlarining o'zgaruvchan tokdagi xususiyatlarini keltirib chiqarish; ketma-ket va parallel zanjirlarni vektor diagrammalar bilan hisoblash; aktiv, reaktiv va to'la quvvatlarni tahlil qilish; tarmoqlangan zanjirlarda toklar rezonansi shartini misollar asosida ochib berish.

Sinusoidal kuchlanish va faza siljigan tok



1-rasm. Sinusoidal kuchlanish va tokning faza siljishi

Kattalik	Belgi	SI
Kuchlanish	u, U	V
Tok	i, I	A
Chastota	f	Hz
Burchak chastota	$\omega=2\pi f$	rad/s
Impedans	Z	Ω
Aktiv quvvat	P	W

Reaktiv quvvat	Q	var
To'la quvvat	S	VA

1. Sinusoidal o'zgaruvchan tok va effektiv qiymatlar

Sinusoidal kuchlanish va tok oniy qiymatlari quyidagicha yoziladi:

$$u(t) = U_m \sin(\omega t + \varphi_u)$$

$$i(t) = I_m \sin(\omega t + \varphi_i)$$

Fazalar farqi $\varphi = \varphi_u - \varphi_i$ zanjirning reaktiv xususiyatini tavsiflaydi. Davr $T = 1/f$ va $\omega = 2\pi f$. Sinusoidal kattalikning effektiv (RMS) qiymati shu tokning rezistorda bir davr davomida hosil qiladigan o'rtacha issiqligi doimiy tok bilan teng bo'lishi shartidan aniqlanadi:

$$I = \sqrt{[(1/T) \int_0^T i^2(t) dt]} = I_m / \sqrt{2}$$

$$U = U_m / \sqrt{2}$$

Elektr tarmog'ida ko'rsatiladigan nominal kuchlanish odatda effektiv qiymatdir. Masalan, $U = 230$ V sinusoidal kuchlanishning amplitudasi $U_m = \sqrt{2}U \approx 325$ V.

1-misol

$i(t) = 10 \sin(100\pi t)$ A bo'lsa, $I_m = 10$ A, $\omega = 100\pi$ rad/s, $f = \omega/(2\pi) = 50$ Hz, $T = 0.020$ s va $I = 10/\sqrt{2} \approx 7.07$ A.

2-misol

$U = 220$ V effektiv sinusoidal kuchlanish uchun $U_m = 220\sqrt{2} \approx 311$ V. Bir davrda kuchlanish +311 V dan -311 V gacha o'zgaradi.

Qiymat	Sinusoidal tok	Sinusoidal kuchlanish
Amplituda	I_m	U_m
Effektiv	$I_m / \sqrt{2}$	$U_m / \sqrt{2}$
O'rtacha (to'liq davr)	0	0
Chastota	f	f

2. Aktiv qarshilikli AC zanjir

Faqat R qarshilikdan iborat zanjirda Ohm qonuni oniy qiymatlar uchun ham bajariladi: $u = Ri$. Agar $u = U_m \sin \omega t$ bo'lsa:

$$i = (U_m / R) \sin \omega t = I_m \sin \omega t$$

Demak, rezistorda tok va kuchlanish bir fazada: $\varphi = 0$. Impedans $Z_R = R$. Oniy quvvat:

$$p = ui = U_m I_m \sin^2 \omega t$$

$\sin^2 \omega t = (1 - \cos 2\omega t)/2$ bo'lgani uchun quvvat manfiy bo'lmaydi va o'rtacha qiymati:

$$P = UI = I^2 R = U^2 / R$$

Rezistor elektr energiyani qaytarmas tarzda ichki energiyaga aylantiradi.

3-misol

$R = 44 \Omega$ rezistor $U = 220$ V, 50 Hz manbaga ulangan. $I = U/R = 5$ A. Aktiv quvvat $P = UI = 1100$ W. 2 soat ishlasa $A = Pt = 2.2$ kWh ≈ 7.92 MJ energiya sarflaydi.

3. Sig'imli AC zanjir

Kondensatorda $q = Cu$ va $i = dq/dt = Cdu/dt$. $u = U_m \sin \omega t$ bo'lsa:

$$i = \omega C U_m \cos \omega t = I_m \sin(\omega t + \pi/2)$$

$$X_C = 1/(\omega C), \quad I = U/X_C = \omega C U$$

Tok kuchlanishdan 90° oldinda. Ideal kondensatorning bir davrdagi o'rtacha aktiv quvvati nol; energiya elektr maydonga yig'ilib, keyin manbaga qaytadi.

4. Induktivlikli AC zanjir

Ideal induktivlik uchun $u = L di/dt$. Agar $i = I_m \sin \omega t$ bo'lsa:

$$u = \omega L I_m \cos \omega t = U_m \sin(\omega t + \pi/2)$$

$$X_L = \omega L, \quad I = U/X_L$$

Demak, ideal induktivlikda tok kuchlanishdan 90° orqada qoladi. Bir davr bo'yicha o'rtacha aktiv quvvat nol, chunki magnit maydonga berilgan energiya keyingi yarim davrda manbaga qaytadi.

4-misol

$L = 0.20$ H induktivlik $f = 50$ Hz, $U = 220$ V manbaga ulangan. $\omega = 2\pi f \approx 314.16$ rad/s, $X_L = \omega L \approx 62.83 \Omega$, $I = 220/62.83 \approx 3.50$ A.

5-misol

$C = 100 \mu F$ kondensator 50 Hz, 220 V manbaga ulangan. $X_C = 1/(2\pi f C) \approx 31.83 \Omega$, $I = 220/31.83 \approx 6.91$ A.

Element	Impedans moduli	Tok-kuchlanish fazasi	O'rtacha P
R	R	$\varphi = 0$	UI
L	$X_L = \omega L$	I 90° orqada	0 (ideal)
C	$X_C = 1/(\omega C)$	I 90° oldinda	0 (ideal)

Chastota ortganda X_L chiziqli ortadi, X_C esa teskari proporsional kamayadi. Shu xususiyat filtrlar va rezonans zanjirlarining asosidir.

5. Ketma-ket RLC zanjir va vektor diagrammalar usuli

Ketma-ket RLC zanjirda barcha elementlardan bir xil tok o'tadi. Tok fazori tayanch sifatida olinadi. U_R tok bilan bir fazada, U_L tokdan $+90^\circ$, U_C esa -90° fazada. Natijaviy kuchlanish fazorlar vektor yig'indisidir:

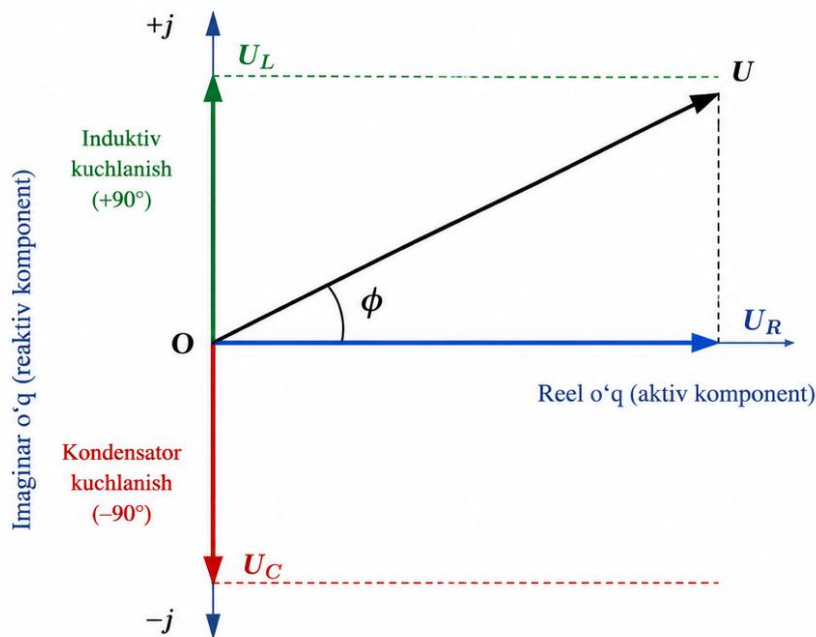
$$U^2 = U_R^2 + (U_L - U_C)^2$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$I = U/Z$$

$$\tan \varphi = (X_L - X_C)/R$$

Ketma-ket RLC zanjirning vektor diagrammasi



Vektorlar ma'nosi

U_R – rezistordagi kuchlanish (tok bilan fazoda mos, 0°)
 U_L – induktordagi kuchlanish ($+90^\circ$, tokdan ilg'or)
 U_C – kondensatordagi kuchlanish (-90° , tokdan orqada)
 U – manba (umumiy) kuchlanish

Asosiy munosabatlar

Vertikal (reaktiv) komponent:

$$U_X = U_L - U_C$$

Umumiy kuchlanish (vektor yig'indisi):

$$U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}$$

Faza burchagi:

$$\tan \varphi = \frac{U_L - U_C}{U_R}$$

$\varphi > 0$ – induktiv xarakter ($U_L > U_C$)

$\varphi < 0$ – sig'imli xarakter ($U_C > U_L$)

$\varphi = 0$ – rezonans ($U_L = U_C, U = U_R$)

Tok vektori (mos yozuv)

Tok vektori I odatda gorizontal o'qda (0°) yo'nalishda tanlanadi. Shunda:

- U_R I bilan fazoda mos.
- U_L I dan $+90^\circ$ ga ilg'or.
- U_C I dan -90° ga orqada.

Impedans va qonun

Impedans:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

bu yerda $X_L = \omega L$, $X_C = \frac{1}{\omega C}$

Om qonuni (vektor ko'rinish):

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

Belgilash

R – qarshilik (Ω)
 L – induktivlik (H)
 C – sig'im (F)
 ω – burchak chastota (rad/s)

Eslatma: U vektori U_R va $(U_L - U_C)$ komponentlarning geometrik yig'indisidir.

Rezonansda ($U_L = U_C$) umumiy kuchlanish minimum bo'lib, faqat U_R ga teng bo'ladi.

2-rasm. Ketma-ket RLC zanjirning vektor diagrammasi

$X_L > X_C$ bo'lsa zanjir induktiv va tok kuchlanishdan orqada; $X_C > X_L$ bo'lsa sig'imli va tok oldinda; $X_L = X_C$ bo'lsa rezonans holati va $\varphi = 0$.

6-misol

$R=30 \Omega$, $L=0.10 \text{ H}$, $C=100 \mu\text{F}$, $f=50 \text{ Hz}$, $U=220 \text{ V}$. $X_L \approx 31.42 \Omega$, $X_C \approx 31.83 \Omega$. $Z \approx \sqrt{(30^2 + (-0.41)^2)} \approx 30.00 \Omega$, $I \approx 7.33 \text{ A}$. Zanjir rezonansga juda yaqin va $\cos \varphi \approx 1$.

6. O'zgaruvchan tokning quvvati va ishi

Sinusoidal rejimda u va i orasida φ faza siljishi bo'lsa, o'rtacha aktiv quvvat:

$$P = UI \cos \varphi$$

$\cos \varphi$ quvvat koeffitsienti deyiladi. Reaktiv quvvat va to'la quvvat:

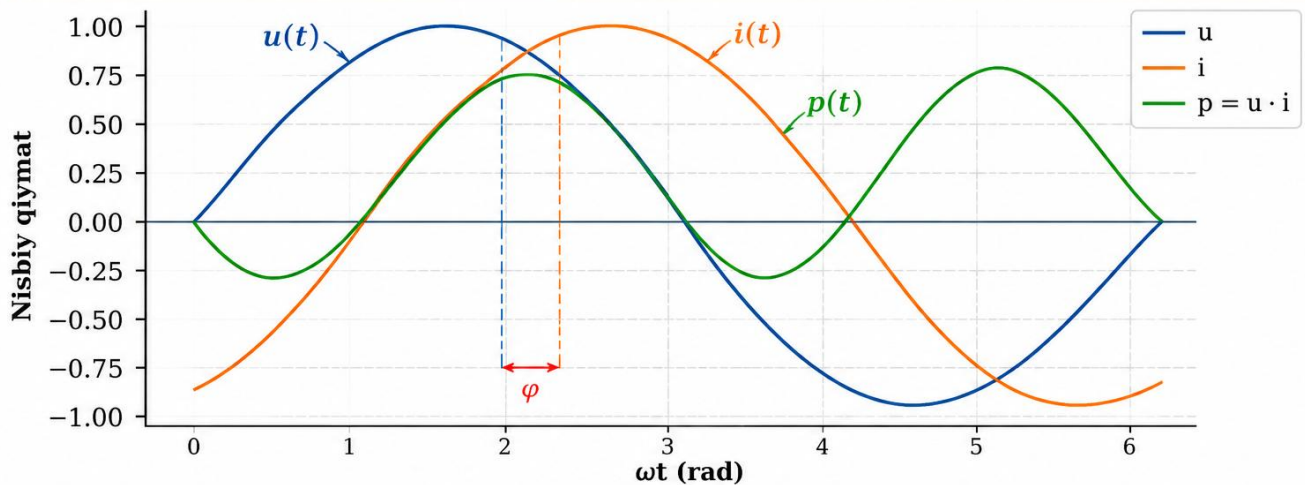
$$Q = UI \sin \varphi$$

$$S = UI$$

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

Ketma-ket zanjirda $P=I^2R$, $Q=I^2(X_L-X_C)$. Elektr energiyaning aktiv qismi $A=Pt$ orqali hisoblanadi. Reaktiv quvvat bir davrda manba va reaktiv elementlar orasida almashinadigan energiya bilan bog'liq.

Oniy quvvat: faza siljishi mavjud holat



Asosiy tenglamalar

$$u(t) = U_m \sin(\omega t)$$

$$i(t) = I_m \sin(\omega t - \varphi)$$

$$p(t) = u(t)i(t) = U_m I_m \sin(\omega t) \sin(\omega t - \varphi)$$

$$p(t) = P_m \left[\cos \varphi - \frac{\cos(2\omega t - \varphi)}{2} \right]$$

Asosiy ko'rsatkichlar

$$P_m = U_m I_m$$

O'rtacha (aktiv) quvvat:

$$P = \langle p(t) \rangle = UI \cos \varphi$$

Reaktiv quvvat:

$$Q = UI \sin \varphi$$

To'la quvvat:

$$S = UI$$

Xususiyatlar

- Tok kuchlanishdan φ burchakka orqada qoladi (induktiv yuk).
- Oniy quvvat 2ω chastotada tebranadi.
- $p(t)$ musbat va manfiy qiymatlar qabul qiladi.
- $\langle p(t) \rangle > 0$ bo'lsa, quvvat iste'mol qilinadi.

Fazaning ta'siri

- $\varphi = 0 \rightarrow p(t) \geq 0$,
 $P = UI$ (maksimal)
- $0 < \varphi < \frac{\pi}{2} \rightarrow$
 $P = UI \cos \varphi$
- $\varphi = \frac{\pi}{2} \rightarrow P = 0$
(sof reaktiv yuk)

Xulosa: Kuchlanish va tok o'rtasida faza siljishi mavjud bo'lganda, oniy quvvat 2ω chastotada tebranadi, uning o'rtacha qiymati esa $P = UI \cos \varphi$ ga teng.

3-rasm. Fazalar farqi mavjud bo'lganda oniy quvvatning vaqt bo'yicha o'zgarishi

7-misol

$U=230$ V, $I=10$ A, $\cos\varphi=0.8$ bo'lgan yuklama uchun $P=1840$ W. $\sin\varphi=0.6$ bo'lsa $Q=1380$ var, $S=2300$ VA. 3 soatda aktiv energiya $A=5.52$ kWh.

Quvvat	Formula	Birlik	Mazmun
Aktiv P	$UI \cos \varphi$	W	Foydali/issiqlik energiya almashinuvi
Reaktiv Q	$UI \sin \varphi$	var	Maydonlar bilan qaytar energiya almashinuvi
To'la S	UI	VA	Manba va apparat yuklanishi
Koeffitsient	$\cos \varphi = P/S$	-	Aktiv ulush

7. O'zgaruvchan tok zanjirlarida tarmoqlanish

Parallel zanjirda barcha shoxlardagi kuchlanish bir xil, toklar esa fazor ko'rinishida qo'shiladi. Parallel R, L va C uchun:

$$I_R = U/R$$

$$I_L = U/X_L = U/(\omega L)$$

$$I_C = U/X_C = \omega C U$$

I_R kuchlanish bilan bir fazada, $I_C + 90^\circ$ oldinda, $I_L - 90^\circ$ orqada. Umumiy tok:

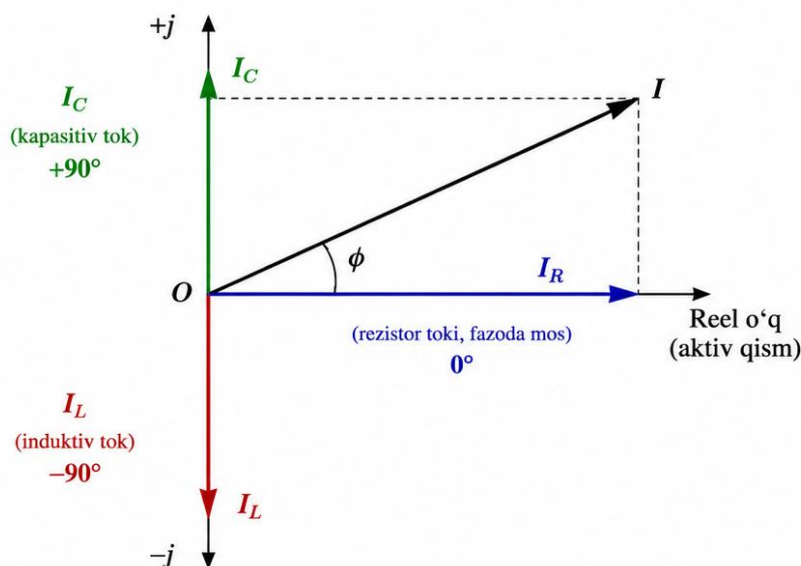
$$I = \sqrt{I_R^2 + (I_C - I_L)^2}$$

Admittans usulida $Y=1/Z=G+jB$. Ideal parallel RLC uchun:

$$G=1/R, \quad B=\omega C-1/(\omega L)$$

$$|Y|=\sqrt{(G^2+B^2)}, \quad I=U|Y|$$

Parallel RLC zanjirda toklarning vektor diagrammasi



Vektorlar ma'nosi

- I_R – rezistor tarmoqdagi tok (fazoda mos, 0°)
- I_C – kondensator tarmoqdagi tok ($+90^\circ$, kuchlanishdan ilg'or)
- I_L – induktor tarmoqdagi tok (-90° , kuchlanishdan orqada)
- I – manba toki (umumiy tok)

Asosiy munosabatlar

Reaktiv (imaginar) qism:

$$I_X = I_C - I_L$$

Umumiy tok (vektor yig'indisi):

$$I = \sqrt{I_R^2 + (I_C - I_L)^2}$$

Faza burchagi:

$$\tan \varphi = \frac{I_C - I_L}{I_R}$$

$\varphi > 0$ – sig'imli xarakter ($I_C > I_L$)

$\varphi < 0$ – induktiv xarakter ($I_L > I_C$)

$\varphi = 0$ – rezonans ($I_C = I_L$, $I = I_R$)

Tok vektorlari

- I_R o'q bo'ylab o'ngga yo'nalgan (0°).
- I_C I_R dan $+90^\circ$ ga ilg'or (yuqoriga).
- I_L I_R dan -90° ga orqada (pastga).
- I umumiy tok – diagonal yo'nalishda.

Hisoblash formulalari

Tarmoqlardagi toklar:

$$I_R = \frac{U}{R}$$

$$I_L = \frac{U}{X_L} = \frac{U}{\omega L}$$

$$I_C = \frac{U}{X_C} = U\omega C$$

bu yerda:

U – manba kuchlanishi (RMS yoki amplituda)

ω – burchak chastota (rad/s)

$X_L = \omega L$ – induktiv reaktans (Ω)

$X_C = \frac{1}{\omega C}$ – sig'imli reaktans (Ω)

Impedans va o'tkazuvchanlik

Yig'indi o'tkazuvchanlik (admittansiya):

$$Y = \frac{I}{U} = G + jB$$

bu yerda:

$G = \frac{1}{R}$ – aktiv o'tkazuvchanlik (S)

$B = \omega C - \frac{1}{\omega L}$ – reaktiv o'tkazuvchanlik (S)

$$|Y| = \sqrt{G^2 + B^2}, \quad I = U|Y|$$

$$\varphi = \arg(Y) = \tan^{-1} \left(\frac{B}{G} \right)$$

Izoh: • Agar $I_C = I_L$ bo'lsa, reaktiv qism nolga teng bo'ladi ($I_X = 0$) va manba toki faqat aktiv tokka teng bo'ladi: $I = I_R$.
• Bu holat *rezonans holatidir*: parallel RLC zanjirda manba toki minimum bo'ladi.

4-rasm. Parallel RLC zanjirda shox toklarining vektor diagrammasi

8-misol

$U=120$ V, $R=60$ Ω , $L=0.10$ H, $C=100$ μ F, $f=50$ Hz. $I_R=2.0$ A; $X_L \approx 31.42$ Ω va $I_L \approx 3.82$ A; $X_C \approx 31.83$ Ω va $I_C \approx 3.77$ A. Reaktiv toklar deyarli kompensatsiyalanadi, umumiy $I \approx \sqrt{(2^2 + (-0.05)^2)} \approx 2.00$ A.

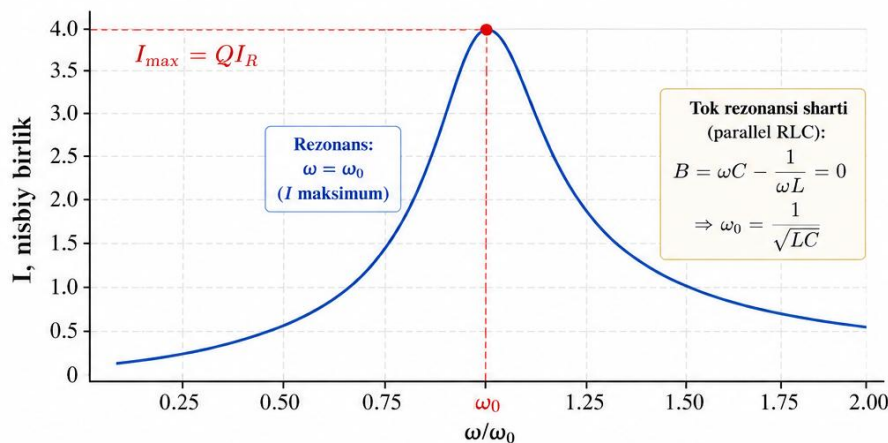
8. Toklar rezonansi

Parallel RLC zanjirda toklar rezonansi induktiv va sig'im shoxlaridagi reaktiv toklar modul jihatdan teng bo'lib, qarama-qarshi fazada kompensatsiyalanganda yuz beradi:

$$\begin{aligned} I_C &= I_L \\ \omega C U &= U/(\omega L) \\ \omega_0 &= 1/\sqrt{LC} \end{aligned}$$

Ideal parallel RLC da rezonansda umumiy reaktiv susceptans $B=0$, manbadan olinadigan tok faqat aktiv shox toki bilan belgilanadi. Shu sababli parallel rezonans ba'zan 'toklar rezonansi' deb ataladi. Reaktiv shoxlardagi I_L va I_C manba tokidan ancha katta bo'lishi mumkin, ammo ular fazor jihatdan o'zaro kompensatsiyalanadi.

Ketma-ket RLC zanjirda tok rezonansi



Asosiy ma'lumotlar

- Parallel RLC zanjirda manba toki (umumiy tok):

$$I = \sqrt{I_R^2 + (I_C - I_L)^2}$$
- Rezonansda ($\omega = \omega_0$):
 $I_C = I_L \Rightarrow I_X = 0 \Rightarrow I = I_R$
 (manba toki minimum bo'ladi)
- Rezonansdagi sifat ko'effitsiyenti:

$$Q = \frac{I_C}{I_R} = \frac{I_L}{I_R} = R\sqrt{\frac{C}{L}}$$
- Rezonanslar orasidagi tok kattalashishi:

$$I_{\max} = QI_R \quad (\omega = \omega_0)$$

Parametrlar va belgilashlar

I – manba toki (umumiy tok)
 I_R – rezistor tarmog'idagi tok (fazoda mos, 0°)
 I_C – kondensator tarmog'idagi tok ($+90^\circ$)
 I_L – induktor tarmog'idagi tok (-90°)
 ω – burchak chastota (rad/s)
 ω_0 – rezonans burchak chastotasi (rad/s)
 L – induktivlik (H),
 C – sig'im (F), R – qarshilik (Ω)
 Q – sifat ko'effitsiyenti (o'lchamsiz)

Xossalr

- $\omega < \omega_0$ (sig'imli xarakter):
 $I_C > I_L \Rightarrow I_X > 0, I > I_R$
- $\omega = \omega_0$ (rezonans):
 $I_C = I_L, I_X = 0, I = I_R$ (minimum)
- $\omega > \omega_0$ (induktiv xarakter):
 $I_L > I_C \Rightarrow I_X < 0, I > I_R$
- Rezonansda zanjirning admittansi Y haqiqiy bo'ladi: $Y = G$.

Admittans va tok

Parallel RLC zanjirning yig'indi o'tkazuvchanligi (admittansi):

$$Y = G + jB = \frac{1}{R} + j\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)$$
 bu yerda: $G = \frac{1}{R}$ – aktiv o'tkazuvchanlik (S)
 $B = \omega C - \frac{1}{\omega L}$ – reaktiv o'tkazuvchanlik (S)

$$I = U|Y| = \frac{U}{|Z_{eq}|}$$

Q – sifat ko'effitsiyenti

$$Q = R\sqrt{\frac{C}{L}} = \frac{I_C}{I_R} = \frac{I_L}{I_R}$$

- Q qanchalik katta bo'lsa, rezonans cho'qqisi (maksimum I) shunchalik baland bo'ladi.
- Keng polosali rezonansda Q kichik bo'ladi, tor polosali rezonansda Q katta bo'ladi.

Xulosa: Parallel RLC zanjirda $\omega = \omega_0$ da I minimum bo'ladi va u I_R ga teng.
 Rezonans sharti: $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}, I_{\max} = QI_R$ va $Q = R\sqrt{\frac{C}{L}}$.

5-rasm. Rezonans atrofida tok amplitudasining chastotaga bog'liqligi (ketma-ket RLC uchun qiyosiy grafik)

Ketma-ket RLC rezonansida impedans minimal va manba toki maksimal; ideal parallel RLC rezonansida esa kirish admittansi minimal (faqat G) va manba toki minimal bo'lishi mumkin. Real g'altak qarshiligi rezonans chastotasi va amplitudaga tuzatish kiritadi.

9-misol

$L=0.20$ H va $C=50$ μ F parallel kontur uchun $f_0=1/[2\pi\sqrt{LC}]\approx 50.33$ Hz. $U=100$ V bo'lsa rezonansda $X_L\approx 63.25$ Ω va $I_L\approx 1.58$ A; I_C ham ≈ 1.58 A, ular qarama-qarshi fazada kompensatsiyalanadi.

9. Ilmiy taqqoslash va darsni tashkil etish metodikasi

Holat	Ketma-ket RLC	Parallel RLC
Umumiy kattalik	Tok bir xil	Kuchlanish bir xil
Qo'shiladigan fazorlar	U_R, U_L, U_C	I_R, I_L, I_C
Rezonans sharti	$X_L = X_C$	$I_L = I_C / B=0$
Rezonansda	$Z \approx R, I$ maksimal	$Y \approx G$, manba I minimal
Faza	$\varphi=0$	$\varphi=0$
Energiya	L va C orasida almashinadi	L va C shoxlari orasida almashinadi

Darsni o'tish ketma-ketligi

Birinchi bosqichda sinusoidal tokning grafik modeli, T , f , ω va faza tushunchalari beriladi. Ikkinchi bosqichda effektiv qiymat issiqlik ekvivalenti orqali chiqariladi. Keyin R ,

L va C alohida tahlil qilinib, faza munosabatlari tajriba yoki simulyatsiya bilan ko'rsatiladi. Vektor diagramma usulida bir o'q tok yoki kuchlanishga biriktirilib, reaktiv komponentlar $\pm 90^\circ$ yo'nalishda quriladi.

Keyingi bosqichda ketma-ket RLC uchun Z va $\cos\varphi$, so'ng aktiv, reaktiv va to'la quvvatlar kiritiladi. Tarmoqlangan zanjirda Kirxgofning birinchi qonuni fazor toklar uchun qo'llanadi. Yakunda parallel konturda $I_C = I_L$ sharti orqali toklar rezonansi tushuntiriladi va ketma-ket rezonans bilan taqqoslanadi.

Muammoli savollar

Nima uchun ideal kondensator va induktivlik aktiv quvvat iste'mol qilmaydi? Nega voltmetr va ampermetr AC tarmoqda odatda amplitudani emas, effektiv qiymatni ko'rsatadi? $\cos\varphi$ kichik bo'lsa, bir xil aktiv quvvat uchun tarmoq toki nega ortadi? Parallel rezonansda shox toklar katta bo'lsa ham manba toki nega kichik bo'lishi mumkin?

Ko'p uchraydigan xatolar

$X_L = 2\pi fL$ va $X_C = 1/(2\pi fC)$ formulalarini almashtirish; amplituda va effektiv qiymatlarni aralashtirish; fazorlarni oddiy algebraik qo'shish; $P = UI$ ni har qanday AC yuklama uchun aktiv quvvat deb olish; parallel zanjirda impedanslarni ketma-ketdagidek qo'shish; toklar rezonansini ketma-ket rezonans bilan aynan bir xil talqin qilish.

10. Asosiy formulalar, mustaqil topshiriqlar va xulosa

Formula	Mazmuni
$u = U_m \sin\omega t$	Sinusoidal kuchlanish
$U = U_m/\sqrt{2}; I = I_m/\sqrt{2}$	Effektiv qiymatlar
$X_L = \omega L$	Induktiv qarshilik
$X_C = 1/(\omega C)$	Sig'im qarshiligi
$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$	Ketma-ket RLC impedansi
$\tan\varphi = (X_L - X_C)/R$	Faza siljishi
$P = UI \cos\varphi$	Aktiv quvvat
$Q = UI \sin\varphi$	Reaktiv quvvat
$S = UI$	To'la quvvat
$I = \sqrt{I_R^2 + (I_C - I_L)^2}$	Parallel RLC umumiy toki
$\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$	Ideal rezonans chastotasi

Mustaqil topshiriqlar

- $i = 14.14 \sin(120\pi t)$ A tok uchun f , T va effektiv I ni toping.
- $R = 50 \Omega$ rezistor 230 V tarmoqqa ulangan. Tok, quvvat va 4 soatdagi energiyani hisoblang.
- $L = 0.15$ H g'altak va $C = 80 \mu F$ kondensator uchun 50 Hz dagi X_L va X_C ni toping.
- $R = 20 \Omega$, $L = 0.1$ H, $C = 50 \mu F$, $f = 60$ Hz ketma-ket zanjirda Z , I va $\cos\varphi$ ni aniqlang ($U = 120$ V).
- $U = 220$ V, $I = 8$ A, $\cos\varphi = 0.75$ yuklamaning P , Q va S qiymatlarini hisoblang.
- $L = 0.1$ H va $C = 100 \mu F$ parallel kontur uchun ideal toklar rezonansi chastotasini toping.
- Ketma-ket va parallel rezonansning manba toki, impedans va energiya almashinuvi bo'yicha farqlarini jadvalda izohlang.

Yakuniy xulosa

Sinusoidal o'zgaruvchan tok zanjirlarini tahlil qilishda amplituda, effektiv qiymat va faza tushunchalari fundamental ahamiyatga ega. Aktiv qarshilikda tok va kuchlanish bir fazada, induktivlikda tok 90° orqada, sig'imda esa 90° oldinda bo'ladi. Vektor diagrammalar usuli ushbu fazaviy munosabatlarni geometrik ravishda birlashtirib, RLC zanjir impedansi va faza burchagini aniqlash imkonini beradi. Aktiv quvvat $P=UI\cos\varphi$ real energiya sarfini, reaktiv quvvat Q maydonlar bilan qaytar energiya almashinuvini, $S=UI$ esa apparatning umumiy elektr yuklanishini tavsiflaydi. Parallel RLC zanjirda $I_C=I_L$ bo'lganda toklar rezonansi yuz beradi: reaktiv shox toklar o'zaro kompensatsiyalanadi va manba toki aktiv komponentga yaqinlashadi. Bu qonuniyatlar elektr energetikasi, kompensatsiya qurilmalari, filtrlar va rezonans tizimlarining nazariy asosidir.

Tavsiya etiladigan adabiyotlar

1. Halliday D., Resnick R., Walker J. Fundamentals of Physics. Wiley.
2. Young H. D., Freedman R. A. University Physics with Modern Physics. Pearson.
3. Alexander C. K., Sadiku M. N. O. Fundamentals of Electric Circuits. McGraw-Hill.
4. Nilsson J. W., Riedel S. A. Electric Circuits. Pearson.